

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 9 日現在

機関番号：17201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25820104

研究課題名(和文) 異方性鉄芯の積層構造を考慮した磁界解析によるバルブ型可飽和リアクトルの低損失化

研究課題名(英文) Loss reduction of saturable magnetically controlled reactor by using magnetic field analysis considering laminated structure and anisotropy of steel plates

研究代表者

高 炎輝 (Gao, Yanhui)

佐賀大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：40586286

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、方向性電磁鋼板用の高精度磁界・鉄損解析法を開発したとともに、それを電力系統の無効電力調整装置などとして有望と考えるバルブ型可飽和リアクトルに適用し、高効率になるリアクトル構造を提案した。鉄損の増加原因は鉄芯の積層構造による磁束の集中以外に方向性電磁鋼板による磁束の集中でもあることが明らかにした。磁束分布を均一にするために、最も磁束集中が大きいバルブの部分を均等に分割した構造を考案した。提案型リアクトルの鉄損は最大約30%を低減できることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this research, a magnetic field analysis taking into account the laminated structure of iron cores for anisotropic steel plates is developed. It is applied to a saturable magnetically controlled reactor and it is found that the flux concentration due to not only the laminated structure but also the anisotropic steel plates is the cause of large iron loss. Therefore, the valve of reactor, where the flux concentration is the most severe, is distributed into several parts evenly to relax the flux concentration for loss reduction. It is shown that the iron loss can be reduced about 30% at the maximum.

研究分野：電気機器

キーワード：方向性電磁鋼板 鉄損 可飽和リアクトル 磁界解析

1. 研究開始当初の背景

近年、電力系統において、太陽光発電などの再生可能エネルギーによる分散型電源の普及が推進されている。分散型電源の導入による電力系統の安定化のため、電圧変動を抑制する機能も有した無効電力調整装置が必要となる。

無効電力調整装置としては、様々な方式があるが、電気機器であるバルブ型可飽和リアクトルは、コイルと鉄芯のみで構成されるため、安価で信頼性があり、大電力に対応できる利点がある。さらに、バルブの断面積を調節することにより電流の高調波成分が抑制できる特長を有する。しかしながら、本バルブ型可飽和リアクトルは、従来のバルブが無い可飽和リアクトルに比べて鉄損が約2倍大きく、今後、実用化するためには、鉄損を低減させる必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、申請者が開発した「無方向性電磁鋼板を用いた積層鉄芯の層間ギャップと鋼板中の渦電流を考慮した磁界解析法と鉄損解析法」を方向性電磁鋼板に拡張するとともに、バルブ型可飽和リアクトルに適用し、本リアクトルの実用化のため、その問題点である鉄損増加のメカニズムを明らかにして鉄損低減を図るとともに、開発した鉄損解析法の有用性を示す。

さらに、方向性電磁鋼板を用いた積層鉄芯の鉄損低減の方策も提示する。

3. 研究の方法

本研究では、平成25年度に、方向性電磁鋼板を用いた積層鉄芯の層間ギャップと鋼板中の渦電流を考慮した磁界解析法と鉄損解析法を開発するとともに、簡易な単相バルブ型可飽和リアクトルモデルを用いて検証実験を行うことにより、解析手法の妥当性を検討する。

平成28年度(平成26, 27年度は育児休業のため中断)は、簡易なバルブ型可飽和リアクトルモデルの鉄損の増加要因を検討し、鉄損を低減するため、鉄芯およびバルブの形状最適化を行う。また、改良型簡易単相モデルを試作し、鉄損の解析法および低減法の有用性を示すための検証実験を行う。さらに、平成25年度に開発した鉄損解析法を用いて、方向性電磁鋼板を用いた三相リアクトルの鉄損の増加要因を検討するとともに鉄損低減法を提案する。

4. 研究成果

本研究では、方向性電磁鋼板を用いた積層鉄芯の層間ギャップを考慮した磁界解析法と鉄損解析法を開発し、図1に示す簡易単相リアクトルモデルに適用した結果、図2に示

すように、磁束の偏りが積層方向だけでなく、方向性電磁鋼板の直角方向に磁気抵抗が高いことにより面内方向にも偏ったことが明らかになった。鉄損の増加原因はその磁束の偏りによることがわかった。それを2013年にこの分野では国際的に最も権威がある米国電気電子学会誌 *IEEE Transactions on Magnetics* に掲載され【雑誌論文①】、独創的で注目されている方法である。

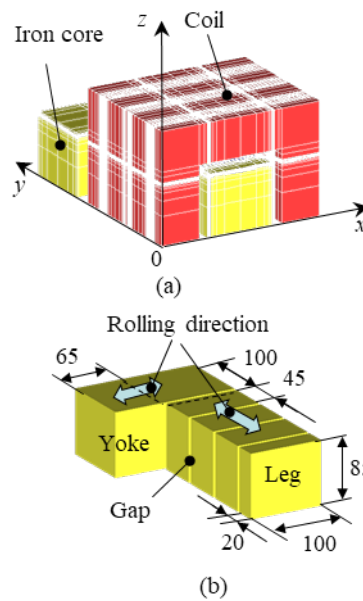


図1 簡易単層リアクトルモデル。

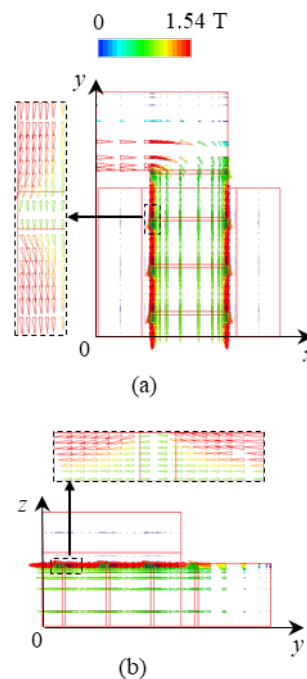


図2 簡易単層リアクトルモデルの磁束分布 (a) x-y面, (b) y-z面。

また、開発した磁界解析法と鉄損解析法をバルブ型可飽和リアクトルに適用した。図4に示すように、磁束の偏りが面内方向にも偏ったことが明らかにした。鉄芯中の磁束の偏りを均一化することにより、大幅な低鉄損化が図れるため、図3(a)の従来型鉄芯のバルブ部分を図3(b)のようにバルブを均等に分割する改良型を提案した。図5では、改良型モデルの鉄損を従来型より最大約30%を低減できることを示した。それを2016年に、この分野では国際的に最も権威がある国際会議 *The 17th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation* に発表した【学会発表③】。

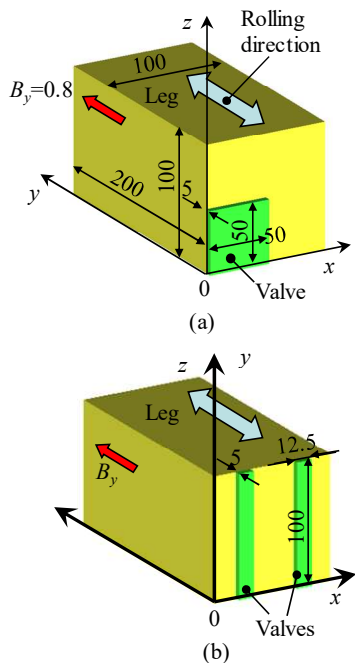


図3 (a) 従来型と (b) 改良型モデル (1/8 領域)。

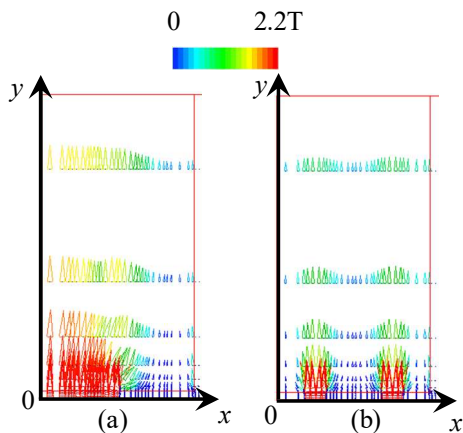


図4 (a) 従来型と (b) 改良型の磁束分布。

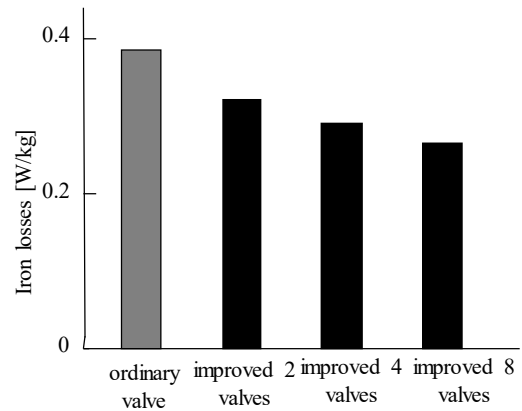


図5 従来型と改良型の鉄損比較。

さらに、平成25年度に開発した磁界解析法と鉄損解析法を用いて、方向性電磁鋼板を用いた三相リアクトルの鉄損の増加要因を検討した。図6に示す従来型三相リアクトルでは、図7に示すようにLとT接合部で磁束の集中による鉄損増加が大きいことがわかった。三相リアクトルのLとT接合部に無方向性電磁鋼板を用いる改良型(図8)による損失低減を行った。その結果、図9のように改良型モデルの鉄損を従来型モデルにより約12%を低減できることを示した。それも2016年に国際会議 *The 17th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation* に発表した【学会発表④】

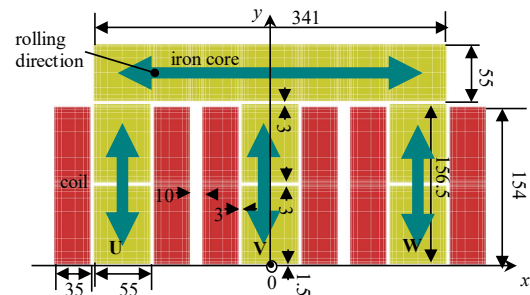


図6 従来型三相リアクトルモデル。

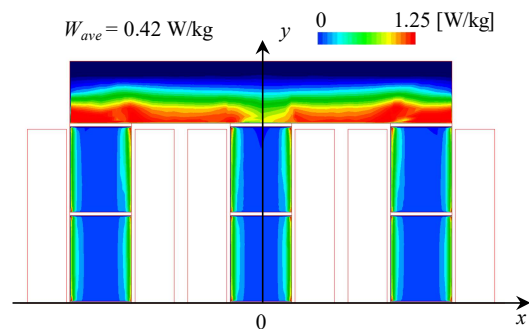


図7 従来型三相リアクトルの鉄損分布と平均鉄損値。

権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
該当なし。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高 炎輝 (GAO, Yanhui)
佐賀大学・工学系研究科・助教
研究者番号：40586286

(2) 研究分担者

()

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

村松 和弘 (MURAMATSU, Kazuhiro)
佐賀大学・工学系研究科・教授
研究者番号：30263627