

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 月間 満

電磁操作機構は、従来の真空遮断器の操作機構で多く採用されているばね操作機構と比較して部品点数を大幅に削減できるため、操作機構の簡素化およびこれに伴う信頼性向上が期待される。しかし、電磁操作機構の駆動効率限界から 24/36kV の比較的低い電圧クラスへの適用に限定されることが多かった。本論文は、電磁操作機構の高効率化と真空バルブの小型化、高性能化により、適用限界のブレイクスルーを実現した研究をまとめたもので、「電磁操作機能適用による真空遮断器の小型化・高機能化研究」と題し、6章から構成されている。

第1章「序論」では、真空遮断器の技術トレンドとして高電圧化の流れと小型化の流れの2つがあり、本論文においては、短ギャップで高い耐電圧性能を特徴とする真空遮断器の絶縁特性を考慮し、真空遮断器の小型化に焦点を絞ったことが述べられている。電磁操作式真空遮断器を小型化するには、電磁アクチュエータの小型化・高効率化研究、および真空バルブの性能向上による小型化・操作エネルギー低減研究が必要である。また、電磁操作式真空遮断器の高機能化研究として、真空遮断器に特有とされる開閉サージを抑制するための研究が必要となる。

第2章「電磁操作機構の高効率化研究」では、電磁アクチュエータの動作についての詳細な検討に基づいて、渦電流による動作遅延の抑制と磁気回路の設計最適化が動作効率向上のポイントであることを明らかにしている。これを基に磁路分離型電磁アクチュエータを提案し、試作器による評価結果から動作遅れの解消による動作効率の改善結果を明らかにしている。また、テーブル法を利用した電磁操作式真空遮断器の開閉動作シミュレーション技術を構築し、このシミュレーション技術を活用して、真空遮断器の開極速度の高速度化設計や、変流器出力を代替電源として利用した開放動作について研究を行い、その可能性について述べている。

第3章「真空バルブの操作エネルギー低減研究」では、真空バルブを操作するのに必要なエネルギーに影響する「短絡通電性能」と「短絡遮断性能」に着目し、基礎実験による特性把握と、電磁界と熱を連成したモデルに基づくシミュレーション技術を構築したことについて述べている。数値シミュレーション技術を活用することで、電磁操作機構に必要な操作エネルギーを定量的に予測できると共に、短絡通電時の溶着引剥し力を低減できる接点材料の選定や、短絡遮断性能を向上できる縦磁界電極構造を効率的に開発することが可能であることを明らかにしている。

第4章「開閉サージの抑制技術」では、電磁操作式真空遮断器による開閉サージとして、投入サージと開極（裁断）サージを取り上げ、その影響と抑制方法について述べている。投入サージについては、位相制御技術の適用により投入サージを大幅に低減できることを回路計算にて示すと共に、投入位相制御アルゴリズムを載せたコントローラを用いた投入位相制御動作試験によって検証している。また、裁断サージについては、近年増加傾向にあるインバータ駆動

回路を真空遮断器にて遮断した時の裁断サージを研究し、インバータのスイッチングと同期した2重裁断現象を明らかにすると共に、フェライトコアを用いた高周波成分抑制によるサージ抑制効果を検証している。

第5章「電磁操作式真空遮断器の製品適用」では、以上の研究成果を適用した電磁操作式真空遮断器を搭載した24kV密閉形複合絶縁ガス絶縁開閉装置について述べている。簡素な構造を特徴とする電磁操作機構の利点を活かし、リンクレスの直線上配置構成とすることで、真空遮断器の高信頼性かつ省メンテナンス性の利点が示されている。また、受配電設備に用いられる7.2kVクラスから72/84kVクラスまでの全定格にこの電磁操作式真空遮断器が実際に製品化され、順調に生産台数が伸びていることが述べられている。

第6章「結論」では本論文を総括すると共に将来展望が示されている。

以上これを要するに、本論文は、従来、適用電圧クラスに限界があった電磁操作式真空遮断器を対象として、磁気回路の最適設計や開閉動作計算法の開発による電磁アクチュエータの小型効率化、短絡通電性能や遮断性能の評価法開発による真空バルブの小型効率化、そして開閉サージ抑制技術の考案による真空遮断器の高機能化、それらを組み合わせることによって、世界で初めて72/84kVクラスまで適用できる電磁操作式真空遮断器を実現した点で、電気工学、特に高電圧、電力工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。