

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 腰塚 正

電力システムの拡大や高電圧化に伴い、その信頼性確保の点から遮断器の性能向上が求められている。この性能向上に寄与する遮断部のパラメータ推定や機器の開発期間の短縮において、遮断器アークのモデル化が必須となるが、必ずしも有効なモデルが提示されていないのが現状である。本論文は、遮断器の電流遮断、特に近距離線路故障遮断時の現象の解明および遮断成否を評価できるモデルを提案することを目的としたもので、「近距離線路故障遮断における遮断器のアーク現象に関する研究」と題し、7章から構成されている。

第1章「緒言」では、遮断器に要求されている電流遮断と課題、本研究の目的、本論文の構成について述べる。

第2章「遮断器とアーク動特性のモデルの変遷および課題」では、遮断器の変遷および遮断器アークの動特性を考慮したモデルの変遷についてまとめ、アークモデルによる遮断器の遮断成否の解析における課題を整理している。

第3章「SF<sub>6</sub>ガス遮断器の遮断性能評価のためのアーク動特性モデル開発の研究」では、SF<sub>6</sub>ガス遮断器の近距離線路故障遮断性能を評価するアークモデルの開発について述べている。

大電流領域から電流零点までのアーク電圧の様相を再現し、遮断性能を評価する3直列アークモデルを開発した。アークモデルは前述のように古くから遮断性能の評価に用いられているが、アークパラメータと呼ばれる定数の算出が問題であった。開発したアークモデルは、アーク電圧-電流特性から、大電流領域から電流零点までを3つのアークモデルで模擬する。すなわち大電流領域を模擬するモデルとアーク電圧の消弧ピーク付近を模擬するモデルおよび電流零点近傍を模擬するモデルである。遮断性能の解析においては、これら3つのアークモデルは直列に接続される。大電流領域を模擬するモデルは Cassie モデルとし、そのアークパラメータは一定とした。消弧ピーク付近を模擬するモデルは Mayr モデルで、そのアークパラメータのうちアーク時定数を一定、アーク損失のみを変えた。電流零点近傍を模擬するモデルは Mayr モデルで、そのアークパラメータは消弧ピーク付近を模擬するモデルから自動的に決まるようにした。そのため、アークパラメータの算出を容易にすることができた。開発したアークモデルによって 300kV の SF<sub>6</sub> ガス遮断器の 63kA-50Hz-90% 近距離線路故障遮断性能を解析し、実測結果と解析結果がよく一致した。

また、550kV のモデル遮断器の結果から、Mayr アーク時定数が遮断器の電圧定格には依存しないこと、Cassie アーク時定数が遮断器のノズルスロート径の関数として表されることを示した。

第4章「代替ガス遮断器への3直列アークモデルの適用の研究」では、第3章で開発したアークモデルを、代替ガスとして注目されている CO<sub>2</sub> ガス遮断器の近距離線路故障遮断性能評

価に適用した研究について述べている。

CO<sub>2</sub> ガス遮断器では、SF<sub>6</sub> ガス遮断器と遮断性能やアークの様相が大きく異なることが明らかになった。特に電流遮断後に数 A の大きな残留電流が流れることである。CO<sub>2</sub> ガス遮断器においても 3 直列アークモデルを適用することでアーク電圧や残留電流の様相を再現でき、電流遮断性能を評価できることを示した。

第 5 章「近距離線路故障遮断における遮断器遮断性能評価の研究」では、SF<sub>6</sub> ガス中アークと CO<sub>2</sub> ガス中アークの様相の違いについて、アークの温度分布から説明した。さらに、3 直列アークモデルにおけるアークパラメータの違いを説明した。

前述のとおり、SF<sub>6</sub> ガス中のアークと CO<sub>2</sub> ガス中のアークでは相違点が様々存在する。それらの違いについて検討し、さらに、SF<sub>6</sub> ガス遮断器と CO<sub>2</sub> ガス遮断器でのもっとも過酷となる近距離線路故障遮断条件を明らかにした。その結果、SF<sub>6</sub> ガス遮断器では従来より知られている 90% 条件が最も厳しい条件すなわち最も遮断しにくい条件であることを示した。

一方 CO<sub>2</sub> ガス遮断器では、75~80% 条件が最も厳しい遮断条件となることを本研究で開発したアークモデルを用いた解析で初めて示した。

第 6 章「遮断器開発へのアークモデルの適用の研究」では、構築したアークモデルをより汎用的にするための検討を行った。本アークモデルによって 50Hz 定格用に開発した遮断器を 60Hz 定格に適用する際の遮断成否を検討できること、また、EMTP だけでなく、SLF の簡略化した回路の回路方程式とアークモデルの方程式を組み合わせることで差分法によっても計算可能であることを示した。

第 7 章では本論文を総括した。

以上これを要するに、本論文は、実規模ガス遮断器で発生するアークの詳細な実験を通じてアーク放電の物理パラメータの解析を行い、それに基づく 3 つのアーク動特性モデルを直列に接続した新しいモデルを利用することによって、遮断器の重要な遮断責務である近距離線路故障遮断性能を適切に評価することに初めて成功し、SF<sub>6</sub> ガス遮断器および CO<sub>2</sub> ガス遮断器における実測結果との比較によりその有効性を明らかにしている点で、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。