

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 新海 健

近年、環境負荷に配慮したコンパクトな高電圧大容量 SF<sub>6</sub> ガス遮断器が要求されており、それに応えるものとして、遮断器の心臓部である消弧室にアーク自身の熱エネルギーを用いてガス吹付けを生み出す自力形消弧室技術が注目されている。本論文は、自力形消弧室の遮断現象、特に自力効果による昇圧プロセスを実験的に明らかにし、また、その昇圧プロセスの計算機解析手法を確立して、遮断器の性能評価手法を提案することを目的としたもので、「環境負荷に配慮した大容量 SF<sub>6</sub> ガス遮断器のコンパクト化に関する研究」と題し、8 章から構成されている。

第 1 章「緒言」では、SF<sub>6</sub> ガス遮断器の概要、本研究の背景、SF<sub>6</sub> ガス遮断器の技術開発および研究の動向、本研究の主題である自力形消弧室技術の位置付けおよび技術課題、本研究の目的および本論文の構成について述べている。

第 2 章「自力形消弧室の遮断プロセスの実験的研究」では、自力形消弧室の遮断現象、特に自力効果による昇圧メカニズムについて明らかにしている。アーク近傍から上流流路および蓄圧室の圧力分布の測定手法を開発し、実規模遮断器に対して初めて適用している。アーク膨張により発生する圧力波が、流れに先駆けて上流に伝播し蓄圧室の初期昇圧に大きく影響していることを明らかにしている。特に、上流流路の圧力波形は、圧力波の粗密波（膨張波と圧縮波）や各所での反射波が重畳し、多様な周波数の振動が観測され、ノズル形状のわずかな違いで挙動に差異が出ることを明らかにし、遮断性能との相関を示している。また、蓄圧室の温度測定も実施し、大電流遮断時でも温度上昇は 900℃程度であり、自力効果による昇圧において、熱ガスの流入は必ずしも支配的でなく圧力波の影響も大きいことを裏付ける結果を示している。

第 3 章「自力形消弧室の遮断プロセスの数値計算」では、従来の熱ガス解析手法をベースに、高温・高圧力下の SF<sub>6</sub> 物性を用いた実在気体モデル、電極材料とノズル材料のアブレーションモデル、電極間の導電率分布からジュール加熱分布を求めるアークモデルを適用した解析手法を開発し、第 2 章で得られた測定結果との比較検討を行っている。これにより、測定と解析、双方の妥当性を示すに至っている。アークエネルギーによる昇圧プロセスおよびアークへの吹付けプロセス、両者におけるアークと流体现象の可視化とともに、詳細な遮断性能検討への適用可能性について述べている。

第 4 章「自力形消弧室の熱的再発弧の性能評価に関する研究」では、近距離線路故障遮断時の熱的再発弧について、第 3 章の計算機解析と実験から検討している。電流零点近傍でノズルの吹付け淀み点がトリガーとなり冷却チャネルが進展すること、吹付け淀み点の最低ガス温度と熱的再発弧に相関があり、電流零点で 2100K 程度まで低下すると熱的再発弧が発生しないことを明らかにしている。吹付け淀み点のガス温度分布とともに、上流流路の圧力分布を総合的に評価する性能評価手法を提案し、これを用いて近距離線路故障遮断性能向上に適したノズル形状を論じている。

第 5 章「自力形消弧室の誘電的再発弧の性能評価に関する研究」では、端子短絡故障遮断時の

誘電的再発弧について理論的に検討している。熱ガスの絶縁特性、電界計算、第3章の熱ガス流の計算機解析を組み合わせた性能評価手法を提案し、実験によりこの評価手法の妥当性を実証した上で、端子短絡故障遮断性能向上のためのノズル形状について論じている。

第6章「自力形消弧室の進み小電流遮断の性能向上に関する研究」では、進み小電流遮断性能について、第3章の計算機解析と実験に基づき、電極先端近傍の高電界部の圧力・密度変動を検討している。自力形消弧室では、従来のパuffァ形消弧室と異なり、進み小電流遮断時には高電界部の圧力上昇は0.1MPa程度であってほとんど期待できないことを明らかにしている。このため、性能向上策としては開極速度向上が重要であるとの結論を導いている。応用研究として、遮断器の大型化なしに開極速度を向上する技術として、デュアルモーション技術について論じている。デュアルモーション方式で、両側電極の瞬時速度比を一定でなく時間の関数とし、両側電極へ運動エネルギーを動的に配分することで、より効果的な操作力の活用を可能にする溝カムを用いた新しい手法の提案を行っている。

第7章「自力形消弧室の高電圧・大容量化に関する研究」では、第2章から第6章の研究成果を活用した応用研究として実器の自力形消弧室開発について述べている。まず、電流位相の影響を考慮し消弧室全体の設計パラメータを最適化する計算手法について検討し、この手法を用いた上で、2つの自力形消弧室の開発に結びつけている。一つは、300kV-63kA-50Hz 定格で、一点切りの自力消弧室として世界最大電流を達成し、もう一つは、245kV-50kA-50/60Hz 定格で、世界の基幹系統の多くを占める定格のため、環境負荷と経済性を最大限考慮し、操作機構を含め徹底的なコンパクト化に貢献していることを述べている。

第8章「総括」では、本研究を総括し、研究意義と今後の課題について述べる。

以上これを要するに、本論文は、高電圧大容量 SF<sub>6</sub> ガス遮断器の小型化、高信頼度化に必須となる消弧室技術について、自力形消弧室の優位性に着目し、実規模遮断器における遮断時の圧力、温度分布を初めて明らかにすると共に、消弧プロセスの解析手法を構築し、計算機解析による消弧室性能評価法を開発することによって、世界最高性能の自力形消弧室の実現に結びつけた点で、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。