



Title	真空スイッチにおけるアークの放電モードの遷移現象と放電破壊の統計的特性に関する研究
Author(s)	鳥家, 秀昭
Citation	大阪大学, 1989, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/36944
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	と	や	ひで	あき
学 位 の 種 類	鳥	家	秀	昭
学 位 記 番 号	工	学	博	士
学位授与の日付	第	8	8	0
学位授与の要件	9	号		
学位論文題目	平	成	元	年
	8	月	4	日
	学位規則第5条第2項該当			
	真空スイッチにおけるアークの放電モードの遷移現象と放電破壊の統計的特性に関する研究			
論文審査委員	(主査)			
	教 授 中井 貞雄			
	(副査)			
	教 授 横山 昌弘	教 授 渡辺 健二	教 授 三宅 正宣	
	教 授 石村 勉	教 授 井澤 靖和	教 授 三間 圀興	
	教 授 権田 俊一			

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は真空スイッチの小型化及び高電圧化を目的として行ったアークプラズマと放電破壊に関する基礎的な研究の成果をまとめたもので、8章からなっている。

第1章は緒論であり、真空スイッチの高性能化のために、真空中のアーク放電現象の解明が必要であることを述べ、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では大電流真空アークの分光測定を行い、電子温度の半径方向分布を測定している。さらに、電流密度の分布と陰極スポットの分布を詳細に比較してアークの放電モードの遷移における陰極プラズマの役割を考察している。

第3章ではアークを取り囲む金属シールドに流入するシールド・イオン電流を測定し、放電モードの遷移はシールド・イオン電流が陽極材料だけに依存するある値に到達する時発生することを見い出した。これにより、陽極付近にイオン生成領域が出現することが発端となって放電モードが遷移するという新しい遷移モデルを提案している。

第4章では放電モードの遷移後に現れる陽極スポットモードにおけるシールドの電圧、電流の挙動を調べ、アーク電流のピーク近傍においてシールド電流の流れる方向が反転し、シールドの浮遊電位が陰極電位より低下することを見い出した。この現象は電極材料の遮断性能を定量的に評価する指標となることがわかり、新電極材料の効率的な開発を可能とし、真空スイッチの小型化に貢献している。

第5章では真空中の放電破壊の統計的特性を調べ、50%破壊電圧は電極間のギャップ長に比例せず、平等電界ギャップではギャップ長の0.5乗に比例して上昇し、不平等電界ギャップではこれより上昇割合が小さいことを見い出している。また、破壊電圧の面積効果があることがわかった。これらの実験事

実から、破壊の弱点因子の分布にワイブル分布を適用して破壊確率を電極表面の電界分布から推定する手法を提案している。

第6章では第5章で述べた放電破壊の統計的特性に基づいて高電圧用真空スイッチの電極間と電極とシールド間のギャップ構成における耐電圧を真空スイッチの設計時に予測するモデルを考察し、モデルによる推定値が実測値と一致することを確認している。

第7章では実際の真空スイッチの電流遮断後の耐電圧特性を求め、これを用いて開閉サージの発生確率を計算し、真空スイッチの高電圧回路への適用性を評価している。また、誘導性負荷回路の開閉サージの発生確率は容量性負荷回路によるものより高く、サージの保護装置を付加する必要性を提案している。

第8章は結論であり、真空スイッチの放電現象に関しアークの放電モードの遷移現象と放電破壊の統計的特性に関する上記第2章から第7章までの研究成果をまとめ、本論文の総括としている。

論文の審査結果の要旨

本論文は、高電圧真空スイッチにおけるアークプラズマの挙動を詳細に調べ、放電破壊、耐電圧特性、高電圧回路への適用性等についての研究成果をとりまとめたものである。主な結果を列挙すると以下のとおりである。

- (1) 大電流真空アークの分光測定、電流密度分布測定にもとづいて拡散アークモードから陽極スポットモードへの遷移現象、及び遷移を開始する物理機構を解明している。
- (2) 陽極スポットモードのアーク特性と遮断性能の関係をアーク電流のピーク近傍におけるアークシールドの浮遊電位と、アークシールドに流入する電流の測定により解明し、アークシールドの浮遊電位が電極材料の遮断性能を評価する指標となることを見出している。
- (3) 真空中における、種々のギャップ長と電極面積をもつ電極間の放電破壊の統計的特性を実験的に調べ、破壊確率を印加電圧とギャップ長および電極面積の関数として評価するモデルを提案している。
- (4) 放電破壊の統計的な評価モデルに基づいて、高電圧真空スイッチの耐電圧特性を評価する手法を考案し、電極間および電極とシールド間のギャップの形状やシールドの分担電圧の最適値を予測できることを示している。
- (5) 負荷電流遮断後における真空スイッチの耐電圧の統計的特性を実験的に求め、これを用いて、容量性負荷回路と誘導性負荷回路の電流を遮断する場合に発生する開閉サージを解析することにより真空スイッチの高電圧回路への適用性を評価する独創的な手法を開発している。

以上のように本研究により解明された高電圧真空スイッチにおけるアークプラズマの諸特性、遮断性能、耐電圧、高電圧回路への適用性等に関する物理の解明、評価モデルや手法の確立は高電圧工学への寄与及び実用上の成果として極めて顕著なものである。よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。