

氏 名	宮 本 紀 男 みや もと とし お
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 879 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	自 己 復 旧 形 限 流 素 子 に 関 する 研 究

論文調査委員 (主 査) 教 授 上 之 園 親 佐 教 授 板 谷 良 平 教 授 林 宗 明

### 論 文 内 容 の 要 旨

論文は、分岐回線をもつ低圧配電系統における短絡事故時に、短絡電流を限流して直列機器を無損傷に保ち、事故に伴う停電範囲を局所化するとともに速やかに自己復旧して停電時間を極少化し、給電の持続性を確保し、系統の信頼度を高めるのに適合した自己復旧形限流素子の開発研究成果をまとめたもので、6章から構成されている。

第一章では、分岐回線をもつ配電系統において、理想的短絡保護システムの条件として、(1)短絡電流を限流して直列機器に損傷を与えないこと、(2)故障分岐回線を選択しゃ断して停電範囲を局所化すること、(3)短時間に通電機能を回復することである。これら条件を満たす短絡電流の限流条件式および通電の持続性を最大にする条件式を誘導するとともに、従来から採用されている限流しゃ断について考察し、理想的短絡保護システムの実現には、1/240秒以内で限流し、限流比が500以上で、かつ数 ms で自己復旧性能をもつ限流素子が必要であることを述べている。

第2章では、上記の諸条件を満足する限流素子としての限流材料について解析的に検討を加え、(1)限流過程で相変化を伴わない場合には所要の限流比がえられないこと、(2)所要の限流比と限流に伴う電磁エネルギー吸収能力をうるには、相変化完了後のプラズマの固有抵抗が高く、かつエンタルピの高い金属材料を限流材料として選定すること、(3)限流素子への電磁エネルギー入力を軽減するには、素子に並列に接続する並列抵抗が有効であること、(4)自復性をうるためには、プラズマを固化して限流前と同一形状の電路とする必要があるが、これに関する諸問題等について詳細に解析するとともに、自復性限流素子の材料として適正を示す指標を導き、アルカリ金属、取り分け金属ナトリウムがすぐれていることを述べている。

第3章では、金属ナトリウムの限流材料としての物理的特性、高温プラズマにおける固有抵抗とエンタルピの式を誘導し、その計算結果について考察している。また、第1章、第2章および上記における解析的考察結果を実証するため、セラミック円柱にあけた細管に金属ナトリウムを充填した実験用限流素子に、120Hz、5kA(波高値)の電流を流し、相変化開始までの状態、相変化過程、プラズマの状態および

再凝結過程の諸特性を求め、その結果を解析し、金属ナトリウムが自己復旧性限流材料としてすぐれた性能を有すること、設計上のデータ、および得られた多くの知見について述べている。

第4章では、自己復旧形限流素子を構成する基本的材料と構成上の必須条件、限流素子としての通電性能、限流特性、限流動作寿命、限流時の内圧と耐圧構造、限流時過電圧、自己復旧特性の設計、および並列抵抗値の算定について詳細に述べるとともに、限流素子構成材料の選定、および低圧配電用限流素子に言及している。

第5章では、自己復旧形限流素子の適用例について述べている。

第6章では、研究成果をまとめている。

### 論文審査の結果の要旨

分岐回線をもつ低圧配電系統の短絡保護に従来から限流ヒューズ等が使用されているが、選択しゃ断ができないこと、ヒューズの取り替えを要することなどから系統の信頼度は高くない。そこで、短絡事故時に短絡電流を限流して選択しゃ断を可能にし、かつ短絡故障回線分離後、短時間に自己復旧して健全回線の通電が持続されうる自己復旧形限流素子の出現が期待されていた。

本論文は、自己復旧形限流素子の開発を目的として行なわれた研究で、(1)短絡電流の限流条件と限流比、(2)自復性をもつ高い限流比と大きい電磁エネルギー吸収能力をうるための限流材料の具備条件、(3)自己復旧形素子を収納する材料の具備すべき条件等を解析的に明らかにし、(4)上記の条件を満足する金属ナトリウムについて相変化過程、プラズマ、および再凝結過程における諸特性を実験より求め、理論的に解析し、限流素子に関する多く知見を得ている。主な研究成果をあげると、次の通りである。

- (1) 短絡電流を限流して接点の熱的損傷限界を越えない限流条件を解析的に誘導し、限流素子の限流動作時の抵抗の定格電流通電時の抵抗に対する比をもって限流比を与え、接点が無損傷であるための限流比は500以上となることを解析的に明らかにした。
- (2) 限流素子としての円柱状金属材料について、その融点以下でかつ短絡電流通過後1/240秒以内で限流を開始するとして限流比を解析的に算定した結果、所定の限流比がえられないことを明らかにした。
- (3) 所定の限流比を短絡電流通過後1/240秒以内にうるため、かつ素子が限流時に発生する電磁エネルギーを吸収するためにも、限流素子とその収納されている空間において相変化過程が不可欠であることを解析的に明らかにし、低温で相変化、気化し、気化潜熱が大きく、常温で固相の材料が限流素子に適していることを明らかにした。また、限流動作時に閉空間内に発生する圧力上昇は $10^2$ atm程度に達することを算定した。さらに、限流素子の電磁エネルギー吸収量の低減には、素子に並列に抵抗を接続することが有効であることを示し、その抵抗値算定式を与えている。
- (4) 素子とその相変化の可逆性をもとに、繰返し自復性を具備するには、(i)素子に単原子物質を採用して相変化の繰返しによる変質をさけること、(ii)素子に延性の秀れた材料を用い、かつ復元力としてピストンを介しての気体バネ力を採用して固化の際毎回同一形状に、自動的に数msの短時間で復元させること等を解析的に与えている。
- (5) 金属ナトリウムを限流材料とする実験用限流素子に対し実験と解析を行い、次のような知見をえてい

る。(i)素子の円柱断面の一部を縮少すると、この縮少部にジュール加熱が集中するので、相変化までの所要エンタルピーが大巾に低減されること、この縮少部から気化がスタートし軸方向へ進展し、その進展速度は約500m/sであること、(ii)相変化時の素子の温度、内圧は3000K, 3000atm のオーダーで、限流波高値に比例し、プラズマの温度は8000°K, 内圧は500atm と推定されること、(iii)プラズマ状態で限流比を500に維持するためにはプラズマ柱の電位の傾きを20~40V/mm とすべきこと、(iv)再凝結過程で短時間に自己復旧するには、素子の壁面材料の熱伝導率が大きいこと、かつ素子の径を小さくすることが必要であること等である。

以上要するに、本論文は理想的短絡保護を目的とした限流素子の具備すべき条件を解析的に明確にし、その上に立って開発上の諸問題を理論と実験とにより詳細に解析して多くの知見を得て、限流素子の設計を完成させたもので、学術上は勿論實際上貢献するところが大きい。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。