

氏 名 吳 喆 漢
オ チュル ハン

学位の種類 工 学 博 士

学位記番号 論 工 博 第 782 号

学位授与の日付 昭 和 50 年 3 月 24 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

STUDIES ON THE MECHANISM OF THE ELECTRICAL BREAKDOWN IN HIGHLY NONUNIFORM FIELD UNDER POSITIVE IMPULSE POTENTIALS IN AIR

(不平等電界における正極性衝撃電圧による大気中絶縁破壊機構に関する研究)

論文調査委員 (主 査)
教 授 上之園親佐 教 授 林 宗 明 教 授 板 谷 良 平

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、針対平板電極、棒対平板電極（針電極はその先端の曲率半径が 0.3mm と 0.5mm の不銹鋼製、棒電極はその先端の曲率半径 3mm と 5mm の真鍮製、平板電極は厚さ 5mm で半径 15cm の真鍮製円板、ギャップ長は 1~6cm）の不平等電界における正極性衝撃電圧による大気中の電氣的絶縁破壊について、電圧と電流の波形、プローブによる空間電荷、光電子増倍管による光強度および静止写真と分光写真をもとに解析を行い、電氣的破壊現象の説明に新しい知見を加えたもので、7 章から構成されている。

第 1 章では、不平等電界における正極性衝撃電圧による大気中の電氣的絶縁破壊の研究動向と問題点、および研究課題について述べている。

第 2 章では、本研究に使用した実験装置、測定装置および測定方法について述べている。特に、新らしく開発した球状のプローブによる空間電荷測定法の原理について述べている。

第 3 章では、大気中の不平等電界における放電の初期段階に発生するコロナ放電について、印加電圧、コロナ放電開始電圧、コロナ電流波形、光パルス波形、空間電荷パルス波形および静止写真をもとに解析を行ない、まず 1 次ストリーマが発生し、印加電圧が高くなると、つづいて 2 次ストリーマが発生すること、および 1 次と 2 次ストリーマの特性について述べている。すなわち、印加電圧に対するコロナ放電開始電圧とコロナ放電開始までの時間との関係、コロナ電流波形にあらわれる 2 つのピーク値とコロナ放電開始電圧との関係曲線、コロナ電流波形と光パルス波形および静止写真から 1 次ストリーマの発生とその生成条件およびこれらストリーマの伸びとその速度、1 次ストリーマによる全空間電荷とイオン数、光パルス波形と空間電荷パルス波形の関係などを明らかにしている。

第 4 章では、コロナ放電開始からリーダの生成とその進展について述べている。すなわち、印加電圧を変えて測定したコロナ放電開始電圧、電流波形、空間電荷パルス波形、光パルス波形および静止写真をもとに、針対平板電極と棒対平板電極における 1 次ストリーマの発生状況は相違すること、2 次ストリーマ

の生成とその進展およびリーダの生成とその進展の基本的放電形式は両電極とも同じであることを述べている。次に、上記の各種電極におけるギャップ長を 1~6cm の範囲で変えたときのリーダの階段的進展状況とリーダの諸特性について詳細に検討し、リーダの進展に関するモデルを提案している。特に、本章では、湿度がコロナ電流を抑制し、1次と2次ストリーマおよびリーダの進展を抑制することを明らかにしている。

第5章では、衝撃電圧発生器と供試ギャップとの間に直列抵抗 5, 10, 20, 100 K Ω を挿入したときのコロナ放電開始から火花放電に至るまでの放電進展過程に及ぼす直列抵抗の影響について述べている。すなわち、ギャップ間にかかる電圧波形、電流パルス波形、光パルス波形を解析し、コロナ放電段階では、コロナ放電開始電圧に対する1次ストリーマの進展が抑制される。またリーダ段階では、リーダの進展時間は勿論、コロナ放電開始から火花放電の開始までの時間が長くなること、リーダの先端に多数の1次ストリーマが発生すること、リーダはジグザグ形に進展するのでリーダの進展回数が増すことなどを明らかにしている。

第6章では、リーダが陰極円板に到達すると、リターン・ストローク又は主放電に、さらに火花放電に移行するが、これらの移行過程について直列抵抗を挿入して、電流パルス波形、空間電荷パルス波形、光パルス波形をもとに考察している。また、移行過程における放電チャンネルの電流とギャップにかかる電圧特性、そのチャンネルのインピーダスの時間的变化と温度およびチャンネルの光色について述べている。

第7章では、本研究で得られた成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

大気中の針対平板および棒対平板電極配置のような不平等電界における放電形式はギャップ長により次のように分類されている。すなわち、ギャップ長が約 13cm 以下では、電子なだれ→ストリーマ→破壊、13cm 以上では、電子なだれ→ストリーマ→リーダ→破壊の形式をとるとされている。また、近年の不平等電界における放電機構に関する研究は、ストリーマおよびリーダの発生とこれらの進展機構の究明に向けられている。

本論文は、ギャップ長 6cm までの上記電極における大気中ギャップの正極性衝撃電圧による電氣的絶縁破壊機構を、印加気圧、コロナ放電開始電圧、電流パルス波形、光パルス波形、空間電荷パルス波形、静止写真およびスペクトル写真などから解析し、(1)ギャップ長が約 3cm でも、1次ストリーマ→2次ストリーマ→リーダ→リターン・ストローク→火花放電の放電形式をとる。(2)リーダはその先端から1次、2次ストリーマを生成し、2次ストリーマの通路に沿って次のリーダが階段的に進展する。リーダのステップ回数はギャップ条件および試験回路条件によって変わる。(3)リーダが階段的に進展し、陰極平板に達すると、陰極から多量の電子がリーダ・チャンネルを通して 10 cm³/sec 以上の高速度で陽陰に向う。これをリターン・ストロークと称しているが、放電チャンネルは急速に導電性を高め、火花放電となることなどを明らかにしたものである。本研究の主要な成果をあげると、次の通りである。

(1) 開発したプローブは半径 2mm の球導体で、これを 1K Ω 以下の抵抗を通して接地し、球導体に

誘起した電荷の時間的变化を測定することにより空間電荷の生成，消滅，移動を知ることが明かにした。このプローブによりコロナ放電時に発生するのは1次ストリーマで，正の空間電荷であること，また2次ストリーマに対してプローブは反応を示さないことから他の測定結果をも併せて解析し，2次ストリーマはグロー放電状態のものであると推定するのが妥当であることを述べている。

(2) 静止写真，電流パルス，光パルス，空間電荷パルスの測定結果から1次ストリーマの進展速度は 10^8 cm/sec のオーダーで，よく伸びるが，2次ストリーマの速度は $10^6 \sim 10^7$ cm/sec で，その伸びは短い。静止写真の2次ストリーマを顕微鏡で拡大すると，その幹の中心部に細い線が一本陽極から走っていること，またその先端には1次ストリーマが発生していることなどから2次ストリーマがリーダに移行したものであると説明している。

(3) 大気中の相対湿度が高いと，1次，2次ストリーマの伸びおよびリーダの伸びが短くなることを明らかにした。

(4) 衝撃電圧発生器と供試ギャップとの間に直列抵抗を挿入することによって，50%フラッシュオーバー電圧は上昇し，1次，2次ストリーマおよびリーダの進展は抑制され，コロナ放電開始からリーダが陰極に達するまでの時間は長くなる。また，直列抵抗があると，リーダの発生から陰極に達するまでのステップ回数は増し，それに要する時間は長くなるが，その間にリーダチャンネルに注入されたエネルギーは，直列抵抗の値に関係なく一定であることを明らかにした。さらに，リータン・ストロークに移行したとき， $20\text{K}\Omega$ の直列抵抗が挿入されていると放電チャンネルの温度はスペクトル写真で数百度で，火花放電に達するのに長時間を要するが，直列抵抗がない場合には数千度で火花放電に移行することを述べ，放電の進展には回路インピーダンスが重要な役割を果していることを明らかにしている。

以上，要するに，本論文は短いギャップ，不平等電界における正極性衝撃電圧による大気中の電氣的絶縁破壊現象を詳細に解析して，従来から不明であった正極性放電の進展機構に対し多くの新しい知見を加えたものである。したがって，本研究の成果は学術上は勿論，實際上に寄与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。