

高温ガス中のアーキング現象測定装置製作と電磁接触器高耐圧化

小林 勝 司*

名古屋大学工学部・工学研究科技術部

要旨：

高温ガス中におけるアーキング現象を解明するためには、定常電圧を印加した状態で高温ガスを発生させ、ガスの温度や流速がアーキング現象にどのように影響を及ぼすか調べることが大切である。この実験を行うために必要な高電圧用接触器を得るため、市販の電磁接触器高耐圧化への改造を行った。測定装置は、高耐圧化電磁接触器を用いた定常電圧印加電源（最大5,000V）、アーキング電極及び高温ガス発生装置から構成されている。

1．はじめに

名古屋大学工学研究科エネルギー変換システム講座では、電気エネルギーの変換、伝送、利用のシステムおよびそのための超伝導技術、大電流制御技術とその環境問題への応用、高温プラズマ制御・利用技術などを研究している。今回、高温ガス中におけるアーキング現象の物理機構に関する研究に必要な定常電圧印加電源（最大5,000V）、アーキング電極及び高温ガス発生装置で構成される測定装置の製作を行ったので報告する。

2．測定装置の概要

図1に装置のブロックダイアグラムを示す。

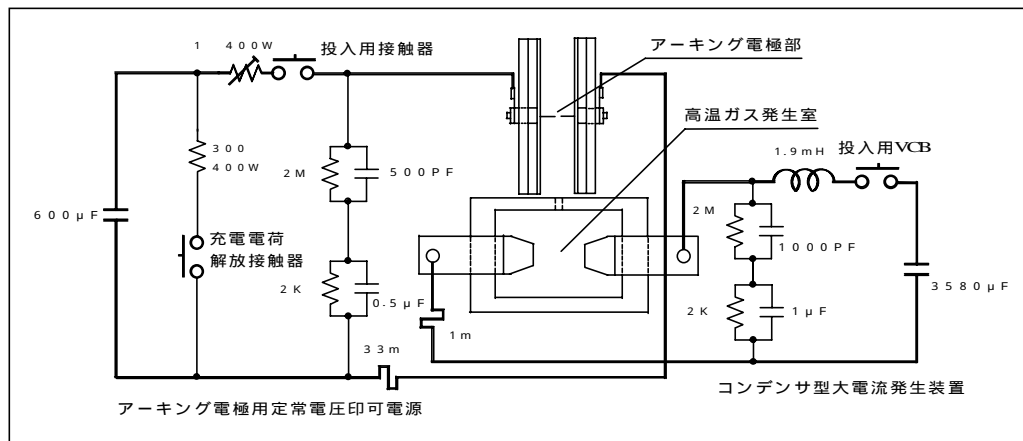


図1 装置のブロックダイアグラム

2.1 定常電圧印加電源

当該電源は、最大出力電圧5,000V、瞬間最大出力電流数十A程度を必要とする。電源は、コンデンサへ充電した電荷を用いる型式とした。充電電圧を可変とするためスライダック（可変トランス）と昇圧トランス（100/6,600V 1kVA）により任意の電圧に昇圧する。昇圧された電圧は、高圧整流ダイオード（10kV 0.5A）と制限抵抗（1K 50W）で半波整流され、高圧コンデンサ

* 電子・情報技術系 技術長

(5,000V 200×3 = 600 μ F) に電荷として蓄えられる。充電電圧は、分圧器で監視し、所定の電圧に達したら交流入力遮断する。高圧コンデンサに充電された電荷は、約 1 Ω の制限抵抗と接触器を介してアーキング電極に接続され放電される。安全のため高圧コンデンサに充電された電荷は、1 回の測定終了毎に短絡抵抗を通して放電させる。充電電荷開放用並びにアーキング放電用の接触器は 2.3 節で述べる改造した接触器を用いている。

2.2 アーキング電極

アーキング電極に関する仕様は以下の通りである。

- 1) 電極間距離 : 1mm ~ 30mm
- 2) 噴出口とアーキング電極との距離 : 10mm ~ 100mm
- 3) ガス噴出方向の軸からのずれ : ±10mm
- 4) 電極直径 : 1mm ~ 5mm
- 5) 電極材料 : 鉄、銅、(アルミ)

図 2 にアーキング電極を示す。

アーキング電極の位置可変は、新たに製作したアルミニウム角パイプ製の移動モジュールを 3 個組み合わせた 3 次元移動装置 (2 組) によって行った。モジュールの移動量をあまり多くすると、構造上アルミニウム

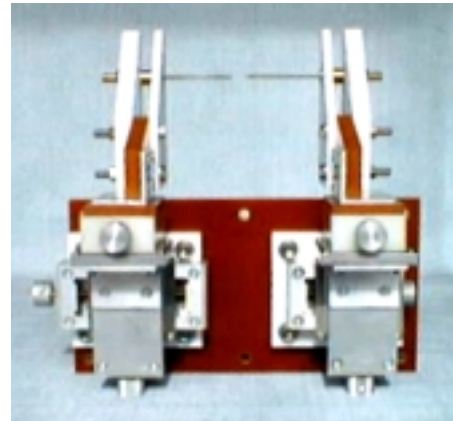


図 2 アーキング電極

角パイプの開口部分が増し強度が低下するため、モジュールの最大移動量は 20mm とした。しかし、仕様では電極間隔 : 最大 30mm、高温ガス噴出口とアーキング電極との距離 : 最大 100mm を必要としているので、電極取り付け位置を 20mm 毎に設け、取り付け位置をステップで可変する事に対応した。なお、アーキング電極支持部には最大 5,000V の印加電圧に加え、高温ガスも噴射されることから支持部材には耐熱対絶縁材料のテフロンを用いてある。

2.3 接触器の高耐圧化

一般に高電圧用接触器は、絶縁耐圧もさることながら開極時 (スイッチ開放時) に生じるアーク放電の遮断と接触器外面に沿って生じる沿面放電の防止を考慮する必要がある。今回の定常電圧印加電源用接触器については、開極動作が不要のため主に絶縁対策と沿面放電対策を考慮すればよい。本装置で使用する接触器には高電圧開閉用の真空遮断器 (VCB) 等を用いれば仕様を満足するが、大型・高価であるので市販の接触器を改造して使用することとした。

図 3 に市販の接触器、図 4 に改造後の接触器を示す。

改造に用いた接触器は、富士電機 (株) 製電磁接触器 SC-5N である。この電磁接触器は 3 相 660V 55KW の規格であり、これを単相 5,000V 数十 A とするものである。沿面放電は、異種の誘電体が接する境界面に沿って生ずる放電現象である。典型的な電極構成として電気力線が固体誘電体表面に対して垂直になるような構成と平行になるような構成に大別されるが、ここでは電気力線並行型沿面放電で検討した。電界の強さがどの位置でもほぼ同じなので、ある点で放電を開始すると一気にフラッシュオーバーに至る。放電の開始点は誘電体と電極の接触部や誘電体表面に付着した金

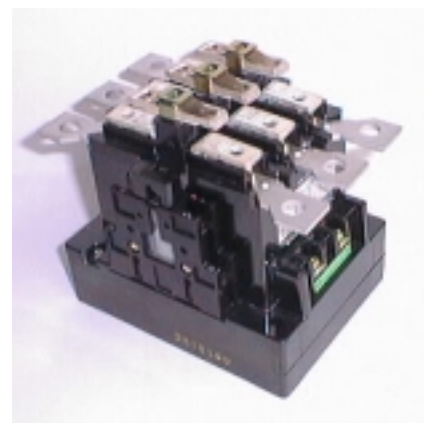


図 3 市販の接触器

属片など電界歪みの大なる点から始まる。高電圧導体を支持する碍子やスペーサの構造が主な原因である。このため、接点端子保持部は入出力側とも接点駆動部を挟んでベークライト材による門構造にして、必要な絶縁と沿面距離（底辺まで約130mm）を確保した。また、門構造は接点保持部にかかる接点駆動部からの圧力に耐える構造にもなっている。接点駆動部は接点保持部より下部にあるため沿面距離が短くなる。このため、高絶縁材料であるテフロンを一部用いるとともに寸法を工夫して沿面距離が長くなるようにした。なお、接触器の駆動はソリッドステートリレー（半導体リレー）を用いて制御している。

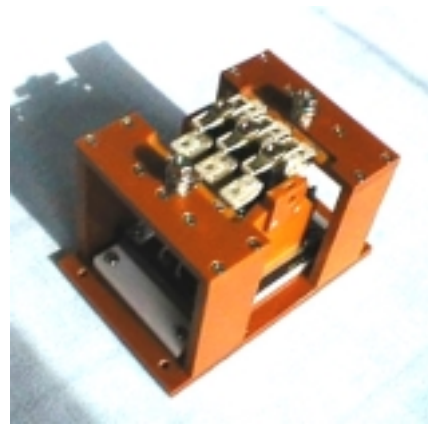


図4 改造後の接触器

2.4 高温ガス供給装置

高温ガス供給装置での高温ガス発生には、平板電極を用い電極間にアーク放電を起こすことで得られる。その放電には、コンデンサ型大電流発生装置から真空遮断機（VCB）を制御して通電する。高温ガス供給装置に関しては、供給するガスの初期温度及び噴出速度が変更されるよう要求され、仕様は以下の通りである。

- 1)容器内容積：20000mm³～50000mm³の間で容積を10000mm³毎に変えられること。
- 2)噴出口断面積：40mm²、ノズルによって断面積を20mm²～80mm²の間で10mm²毎に変えられること。
- 3)入力エネルギー：1kJ～30kJ(MCCB：3.5kJ($I_p=24.5kA$),5kJ($I_p=28kA$),7kJ($I_p=31.5kA$),12kJ($I_p=35kA$))
- 4)電極：幅10mm、厚さ10mmの平板電極
- 5)材料：鉄、(銅)
- 6)容器材料：素焼き陶板または耐熱性セラミックまたはテフロン

図5に高温ガス供給装置を示す。

容器材料は、加工性等を考慮しベークライト基板の上にテフロンを用いて製作した。容器並びに電極は入力エネルギー量の大小により異なるが、高温ガスを発生させるために数回程度の放電で損傷する。このため、大量の交換部品が必要となるが、部位によって損傷の度合いが異なることから、細分化して設計を行った。さらに、左右対称に製作することで各部品を反転して使用

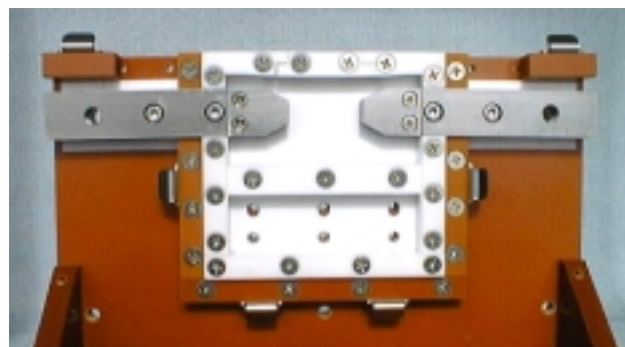


図5 高温ガス供給装置

することを可能にし、部品の種類を減らした。また、中央部にある間仕切り位置を変更可能な構造とすることで、容易に容器内容積を変更できるようにした。なお、噴出口断面積の変更は、中央噴出部の噴出形状を漏斗状に加工し、ノズルを容易に交換することで可能にした。1回の放電毎に電極間（電極間隔が30mm～50mm）に放電用細線を貼る必要のあること、放電による摩耗や周辺保護テフロンの交換等が容易なことを考慮し、高温供給装置の蓋はタキゲン社製のSTAINLESS SPING CATCHES 6個を用いて取り外し可能な構造とした。ただし、STAINLESS SPIN-

G CATCHESはサイズの関係で引っ張り距離が3mmのものを用いたため、引っ張り加重は合計で最大50Kg程度である。

3. 測定結果

この装置は、大学院修士課程学生の実験用に製作したものであり、12月中旬の段階でこの装置を用いて低電圧で現象の確認測定を行っているが、その測定結果の一例を図6に示す。なお、グラフの説明は上段からa),b),c),d),e)とする。a)は高温ガス供給装置での平板電極に印加した電圧、電流。b)はアーキング回路に流れた電流(シャント抵抗の両端電圧値)、c)はアーキング電極に印加している電圧である。ガスが噴出し一定以上の高温に達した期間アーキング電極間に放電が起きていることが解る。d)は高温ガスの噴出に伴うアーキング電極放電電流として、e)はコンダクタンスとしてより解りやすく表している。

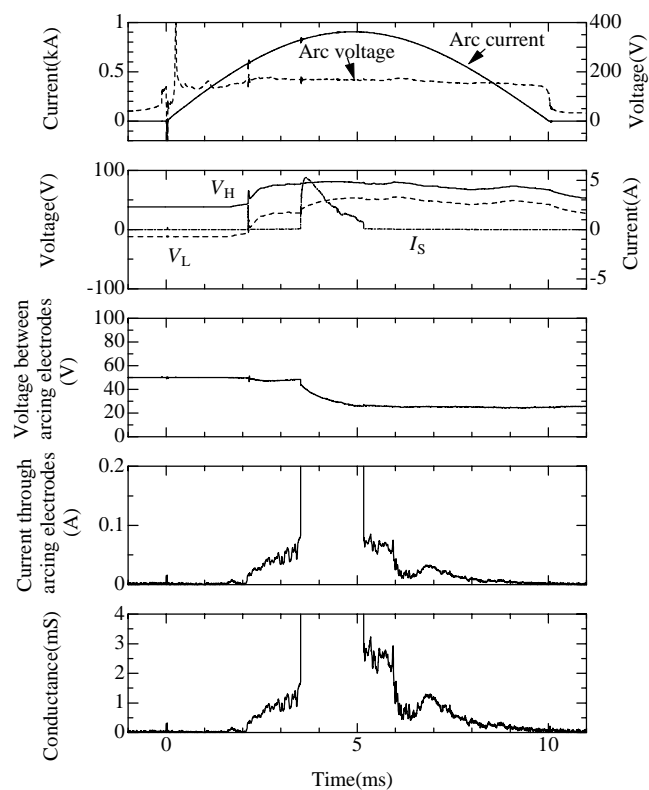


図6 測定例

現行では、まだ十分高い印加電圧での測定は行っていないが、この報告がなされている時期には高電圧を印加した状態での測定結果が得られているものと思われる。

4. おわりに

当初、定常電圧印加電源の投入及び充電電荷の開放に、高耐圧リードリレーを用いるよう設計されたが、接点距離が短いためこの部分でアーク放電を起こしてしまい接点が溶着してしまった。高電圧開閉用の真空遮断器(VCB)等を用いれば容易であるが、当研究室で使用できる余分な在庫がなかった。そこで、市販の接触器を改造して用いることを考えた。空間的に安全であっても外面距離が十分でないと言面放電が生じ高耐圧化は不可能である。

謝辞

この装置製作に当たり、装置全体の構成並びに機能について電気工学研究科エネルギー変換システム講座横水康伸助教授の助言を、製作に関して工学研究科修士1年の有沢誠司氏に協力を頂きました。

参考文献

- 1)電気学会ハンドブック
- 2)新版 高電圧工学 河野照哉 朝倉書店
- 3)高電圧大電流工学 電気学会