

## 令和 4 年度実績報告書

令和 5 年 3 月 20 日

公立千歳科学技術大学  
学長 宮永 喜一 様

公立千歳科学技術大学特別研究等助成要綱第 7 条に基づき、下記のとおり報告いたします。

報告者	所属	電子光学科	職名	教授
	氏名	長谷川 誠	ふりがな	はせがわ まこと
研究課題名	中負荷レベル直流電流遮断時の開離アーク放電挙動メカニズムの解明			
本研究費による発表論文、著書など	(1) Makoto Hasegawa, Shoya Sasaki, Shota Kosugi, “Investigations of break arc characteristics of AgSnO <sub>2</sub> contacts under application of an external magnetic field in inductive DC load condition”, Proc. 8th Intl Conf. on Reliability of Electrical Products and Electrical Contacts (ICREPEC2022) to be held on April 13-15, 2023. (2) 小杉尚汰, 長谷川誠, “DC20V までの直流誘導性負荷回路における AgSnO <sub>2</sub> 接点の開離アーク特性”, 電子情報通信学会機構デバイス研究会, 信学技報 EMD2022-29 (2023-3). (3) 長谷川誠, 佐々木翔也, 小杉尚汰, “誘導性 DC20V-16A 負荷回路における AgSnO <sub>2</sub> 接点の開離アーク特性”, 2023 年電子情報通信学会総合大会エレクトロニクス講演論文集 2, No. C-5-7 (2023-03).			

I. 研究の背景

一対の電極間の物理的接触の有無により電流通電の ON/OFF 制御を行う電気接点を有するメカニカルリレーやスイッチでは、その動作時（接点開閉時）に必然的に電極間でアーク放電が発生し、電極表面における絶縁性アーク生成物の堆積や電極表面の損傷などをもたらすことがある。これらの現象はリレーやスイッチの動作信頼性の低下や動作寿命の短縮を招くことがあるため、動作時に発生するアーク放電の短縮が求められる。開離アーク放電の短縮技術としては、(i)外部磁界印加による磁気吹消し（電極近傍に磁石片を配置して外部磁界をアークに印加し、発生するローレンツ力によりアークを接点ギャップ外に湾曲させて引き延ばす技術）、ならびに(ii)接点開離速度の増加、という2つの方策が知られている。DC50Vを越えるような負荷領域では、開離アーク放電継続時間が電極開離速度の増加にほぼ反比例して短縮されることが知られており、また、外部磁界印加による磁気吹消しの有効性も確認されている。

しかし、応募者のグループによる最近の研究では、DC20V程度までの負荷レベルでは電極開離速度と開離アーク継続時間が必ずしも反比例の関係を満たさないことや、外部磁界印加による磁気吹消しはガス相アークの短縮には有効であるものの金属相アークの継続時間には顕著な影響を与えないことが明らかになった。これより、アーク全体の継続時間に占める金属相アークの割合が無視できない軽～中程度の負荷レベルで、これらの方策からどのような効果が期待できるのかを、あらためて明確化することが求められている。

今回は、上記の点を考慮して、負荷電源電圧DC20Vまでの範囲で、あらためてアーク継続時間の短縮に対する電極開離速度や負荷条件の影響を検討するとともに、外部磁界印加の有無によるアーク挙動の相違の観察・比較を行った。

II. 得られた成果

図1には、得られた開離アーク継続時間特性の一例として、20V-6AにおけるAgSnO<sub>2</sub>接点の平均開離アーク継続時間特性を示す[1]。黒プロットは外部磁界印加がない場合、白プロットは有りの場合であり、各プロットはそれぞれ10個の測定結果の平均値を示す。今回は、特に開離速度10~50mm/secの範囲で従来よりも細かく条件を設定して、傾向を把握することを試みた。その結果、開離速度の増加により開離アーク継続時間が短縮されるものの反比例関係よりも緩やかな短縮であることが再確認されるとともに、電極開離速度が100mm/secを超えるあたりから短縮効果が顕著ではなくなることが確認できた。さらに、開離速度が100mm/sec以下の範囲でも、外部磁界の印加にともなって開離アーク継続時間がわずかに短縮された。

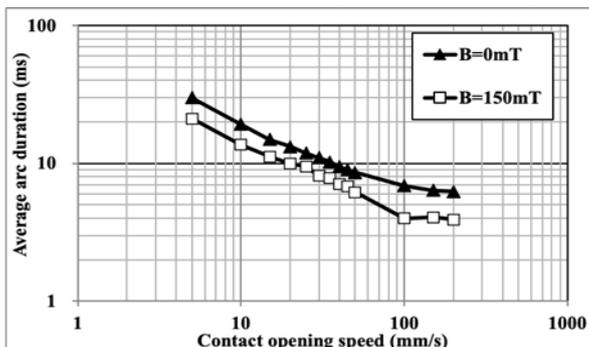


図1 20V-6Aにおける平均開離アーク継続時間[1]

一方、表1には、外部磁界印加時におけるアーク放電の挙動の観察結果を示す[1]。具体的には各動作条件における磁気吹消し発生回数をまとめている。これより、外部磁界印加によって効果的にアークを吹き消す条件として、負荷電流及び電圧は大きい方が望ましく、且つ電極開離速度は速い方が適していることが確認された。

表1 外部磁界印加時のアーク挙動観察結果[1]

開離速度 (mm/s)	吹き消しの数/動画内の回数				
	14V-6A	14V-11A	20V-6A	20V-9A	20V-16A
5	0/5	0/5	0/5	0/5	4/5
10	0/5	0/5	0/5	1/5	4/5
15	0/5	0/5	0/5	1/5	4/5
20	0/5	1/5	0/5	1/5	5/5
25	0/5	3/5	0/5	3/5	5/5
30	0/5	4/5	1/5	3/5	5/5
35	0/5	4/5	1/5	2/5	5/5
40	0/5	4/5	2/5	3/5	5/5
45	1/5	5/5	2/5	4/5	5/5
50	0/5	4/5	3/5	3/5	5/5
100	2/5	5/5	3/5	4/5	5/5
150	3/5	5/5	4/5	5/5	5/5
200	4/5	5/5	4/5	5/5	5/5

しかし、その一方で、上述した図1の結果と合わせると、電極開離速度があまり速くなく且つ負荷電流が小さい場合に、磁気吹消しが生じていないにも関わらず外部磁界印加に伴って開離アーク継続時間がわずかに短縮されているということになる。この点について、アーク挙動の観察から、現象を説明できるモデルの構築を試みたが、現時点では、解明には至っていない。

III. 今後の展望

現時点で、新しい抵抗素子及びビインダクタンス素子、ならびに直流電源装置を導入して、新たな負荷回路の構成準備を進めている。これにより、異なる負荷条件での開離アーク特性の測定及び挙動観察を進めて、現象の解明をさらに進める予定である。

[引用文献] (1)小杉, 長谷川, 電子情報通信学会機構デバイス研究会, 信学技報 EMD2022-29 (2023-3).