

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ハイブリッド直流スイッチのアーケレス開閉を実現する電気接点物理の研究
Title(English)	Study on Electric Contact Phenomena in Hybrid DC Switches with Arc-less Commutation
著者(和文)	陳 黙
Author(English)	Mo Chen
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11273号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:安岡 康一,七原 俊也,千葉 明,藤田 英明,萩原 誠,澤 孝一郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11273号, Conferred date:2019/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	陳 黙	
論文審査 審査員		氏 名	職 名	氏 名	職 名
	主査	安岡 康一	教授	萩原 誠	准教授
	審査員	七原 俊也	教授	澤 孝一郎	日本工業大学特別研究員・慶應義塾大学名誉教授
		千葉 明	教授		
藤田 英明		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Study on electric contact phenomena in hybrid DC switches with arc-less commutation” (ハイブリッド直流スイッチのアーケレス開閉を実現する電気接点物理の研究)と題し、kV・kA 級の直流システムで使用されるハイブリッドスイッチのアーケレス開閉技術とその接点物理につき英文で述べている。

Chapter 1: Introductions では、自然エネルギー電源の普及とともに低圧直流システムが急速に普及した結果、従来の機械式および半導体式スイッチの欠点が浮き彫りになり、これを解決する手法としてハイブリッド直流スイッチが研究され、特に接点間にアーケ放電を発生させることなく直流電流の遮断が可能で、かつ定常時の通電損失が小さいスイッチへの期待が高まっていることを述べている。

Chapter 2: Background literature of hybrid DC switch and its related electric contact phenomena では、ハイブリッド直流スイッチの研究動向をまとめ、kV・kA 級のアーケレススイッチには SiC-MOSFET パワー半導体デバイスを使用するゼロ電圧スイッチング方式が適していることを示し、さらに電気接点材料を電気/熱/機械/流体の視点から研究することでスイッチング性能の向上が可能と述べている。

Chapter 3: Experimental methodology and setups では、実験装置について、直流電源回路、パルス大電流電源回路、電気接点の材料や形状、接点駆動回路について紹介し、また接点表面観測および接点間の放電観測手法など、測定機器とその計測手法について述べている。

Chapter 4: Realization of arc-less commutation with copper and tungsten contacts では、電気接点からパワー半導体デバイスへのアーケレス転流条件として、接点材料 (銅、タングステン) と電極径 (10, 15, 20mm) や接点开極速度 (0.05~0.3 m/s)、転流回路の残留インダクタンス (0.1 μ H and 0.25 μ H)、接点構成 (単極、2 極) をパラメータとして評価した結果、アーケレス転流限界は、低开極速度、低残留インダクタンス、大接点径、高沸点材料、2 極接点構成の条件で増加すると示している。この段階でのアーケレス転流の最適条件は銅接点で得られ、接点抵抗 0.16 m Ω で 200 A までの転流が可能となったと述べる一方、高融点であるタングステン接点は接点抵抗が高いことが課題であると指摘している。

Chapter 5: Optimization of the hybrid DC switches by using copper-tungsten clad contacts では、アーケレス直流転流の限界電流値を向上させるため、タングステンクラッド銅接点を新たに開発し、1 極接点構成時に接点抵抗 0.6 m Ω で 400 A までのアーケレス転流を実現し、銅接点での 120 A、タングステン接点での 200 A を大幅に上回る結果を示している。さらにタングステンクラッド銅接点の優位性を、接点内電流分布、熱放散、接点抵抗と表皮効果などの接点物理の観点から理由を明らかにしている。

Chapter 6: Multi-physics simulation of the hybrid DC switches では、接点开極現象は、表面状態が固体・液体・気体に相変化し、かつ移動中のマイクロメートルギャップ内で起こる複雑現象であるため観測は至難であり数値計算モデルが必要と述べ、材料データの豊富な銅電極について 2 次元軸対象モデルをこの分野で初めて構築している。電流値や開極速度をパラメータとした結果、実験値とよく一致する結果が得られ、大電流で高速開極の場合は接点表面と接点バルク間の熱平衡状態が破られて熱集中を引き起こす結果接点電圧が増加するなど、開極中接点の現象解明に極めて有効であると述べている。

Chapter 7: Conclusions では、本研究得られた結果を統括している。

以上を要する本論文は急拡大する直流システムに必須となる kV・kA 級のアーケレススイッチについて接点物理の理解を基盤として研究に取り組み、新たにタングステンクラッド銅接点を開発することで 400A 以上のアーケレス転流を初めて実現したもので、工学上および工業上貢献することが大きい。よって我々は本論文が博士 (工学) の学位論文として十分に価値があると認める。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。