

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 25 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420260

研究課題名(和文) 直流給電システム保護用転流方式直流遮断器の開発

研究課題名(英文) Development of Direct Current Circuit Breaker using current commutation for DC power feeding system

研究代表者

木村 紀之(Kimura, Noriyuki)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：00144428

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：直流給電システムの普及に不可欠と言われる直流遮断器の方式として、常時通電状態の損失低減、素子の信頼性の点から、金属コンタクトによるスイッチを用いて、外部キャパシタ回路から逆電流を注入する転流遮断方式の研究開発を行った。EDLCを電源として、電源電圧が180V、短絡電流が22Aにおいて、転流遮断が可能なこと、およびZnO-SPDでの過電圧抑制が可能なことをシミュレーションおよび実験で確認した。

研究成果の概要(英文)：Direct Current Circuit Breaker (DCCB) is considered to be indispensable to develop the DC power feeding system. For this purpose, current commutation method using outer capacitor charge is proposed. By using EDLC dc power supply developed for high voltage and high current experiments, DCCB using proposed method has good ability at 180V, 22A experiments within the suppressed capacitor voltage.

研究分野：パワーエレクトロニクス

キーワード：直流遮断器 直流事故発生装置 電気二重層キャパシタ 直流アーク 直流電流遮断現象

1. 研究開始当初の背景

太陽光発電などの普及に伴う DC スマートハウス、データセンターの効率化を目指した DC 給電方式、といったシステムに関する研究発表が増加している。システムの自由度を向上させるには、線路を切り離しできる直流遮断器が必須である。

2. 研究の目的

直流遮断器において、常時の通電状態においては、損失の低減、また、素子の信頼性の点から、金属コンタクトによるスイッチが望ましい。一方、高電圧の直流大電流を遮断するには、金属コンタクトによるスイッチではアーク電圧による電流の減少を発生させる必要があり、形状も大きくなり信頼性にも問題がある。そこで、本研究では、金属コンタクトによるスイッチに電流ゼロ点を発生させるために、外部回路から電流を注入する方式の開発を行う。

3. 研究の方法

遮断器に高電圧大電流電源より直流電流を通電して遮断実験を行う。事故電流を流すための事故発生装置および線路インピーダンスの模擬回路を作成する。実験を行うに当たって、下記のような要素の開発を順次達成するようにシミュレーションと実験を段階的に実施した。(1) 電源装置と適切な線路模擬回路の選定、(2) 安全性を考慮した事故発生装置の構築、(3) 金属コンタクトスイッチの電極間距離の動的測定手法の開発、(4) サージアブソーバ(避雷器)の設置効果と選定法の開発、(5) 電気二重層キャパシタンスによる高電圧大電流電源の構築。

まず、図 1 に示すような実験回路を用いて EDLC の特性を測定した。その結果より、EDLC の選定を行い、高電圧・大電流遮断実験装置を構築した。

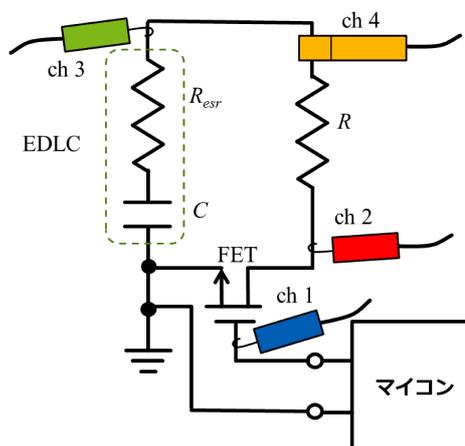


図 1 内部抵抗測定実験装置

転流遮断のシーケンスを図 2 ~ 図 5 に示す。

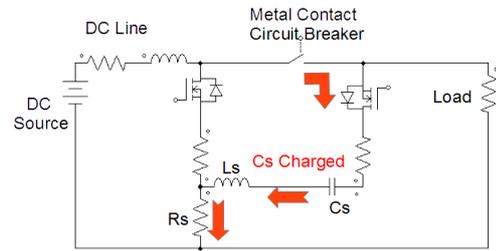


図 2 遮断器を含む直流給電回路

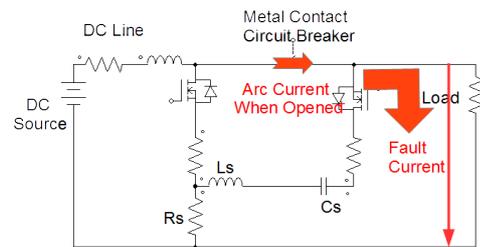


図 3 直流給電回路の短絡事故

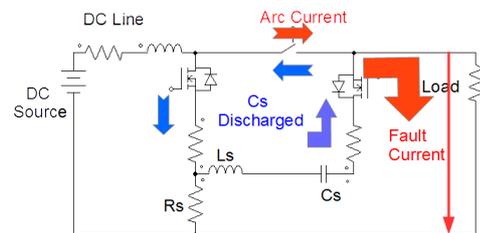


図 4 事故電流遮断のための転流

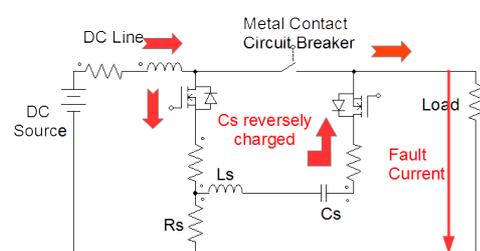


図 5 転流後のキャパシタンス充電
(Cs に過電圧発生の危険性がある)

図 2 で事故が発生し、図 3 で金属コンタクトスイッチが開極する。その後、図 4 のようにキャパシタから逆電流注入を行い、アークを消弧する。その後も線路電流は図 5 に示すようにキャパシタを充電し続けるため、過電圧発生の恐れがある。これを防止するため、適

切なエネルギー吸収が必要となる。そのための素子として ZnO 避雷器(サージアブソーバ)を検討した。

4. 研究成果

電磁開閉器を金属コンタクトスイッチに用いた短絡電流遮断実験を行った。図 6, 7, 8 に示すように電源電圧が 180V、短絡電流が 22A に上昇させたところ、持続アークが発生し、金属コンタクトスイッチのみでは遮断不能となった。

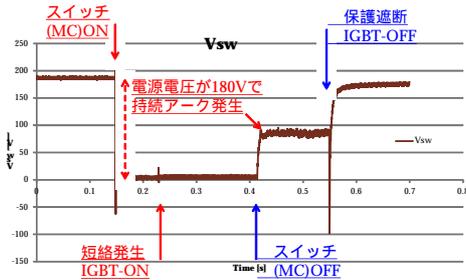


図 6 短絡電流遮断実験結果 波形

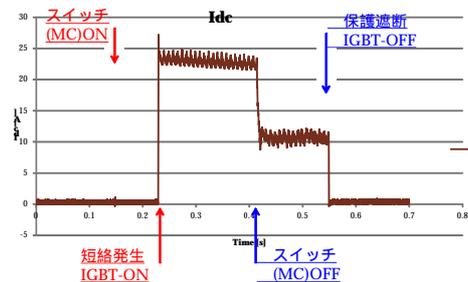


図 7 短絡電流波形

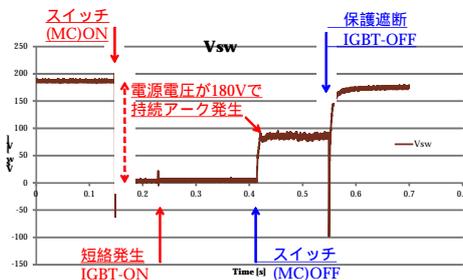


図 8 スイッチ電圧波形

EDLC(Electric Double Layer Capacitor)は、大容量で劣化が少なく、直流大電流を供給できるため、直流遮断器用実験装置のための大電流発生装置に適用すれば、保守性と安全性の向上が見込める。一方、内部抵抗が蓄電池

よりも高い場合は、十分な短絡電流が供給できない。そこで、短絡電流発生時の内部抵抗を測定した。その結果を図 9 に示す。EDLC に充電した初期電圧を、EDLC の内部抵抗は R_{esr} である。3種類の EDLC において、内部抵抗が大きく異なる結果となった。また、充電電圧への依存性も見られた。

転流遮断回路を適用する場合には、転流キャパシタの過電圧対策が不可欠である。そこで、過電圧抑制に用いる ZnO サージ抑制装置 (SPD)の特性を確認した。図 10 に示すように音羽電気工業製 SG-Z48J の 1 素子で約 120V(10A 時)での抑制が可能であることを確認した。100A 時でも 200V 以下に抑制が可能と考えられた。

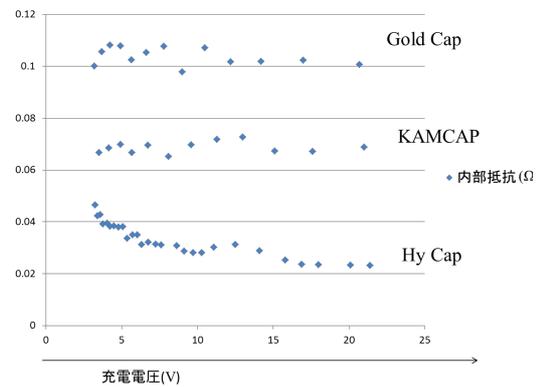


図 9 EDLC 三種類の内部抵抗比較

次にこの素子を転流キャパシタに並列し、10 μ F の転流キャパシタと 200 μ H のインダクタで転流回路を構成し、転流遮断が可能であることをシミュレーションおよび実験で確認した。シミュレーション結果を図 11 に、逆電流注入実験結果を図 12 に示す。しかし、スイッチの電極間距離の動的測定手法は適切な手法を開発できなかった。

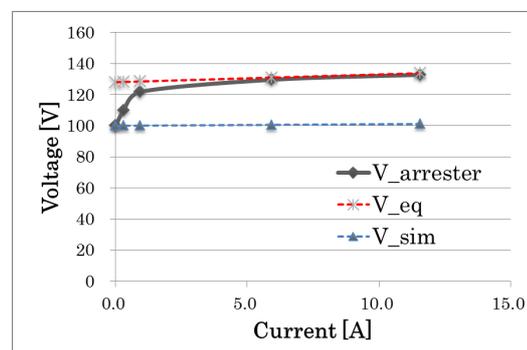


図 10 ZnO 避雷器の特性

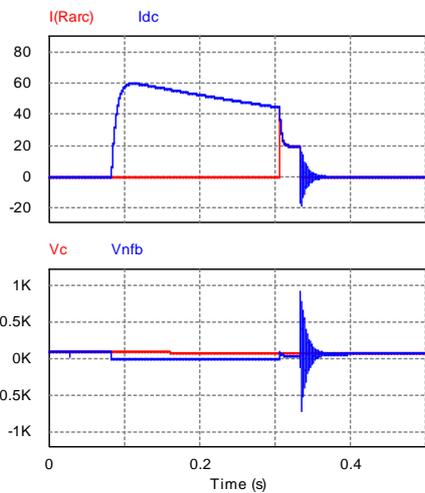


図 11 転流遮断シミュレーション
(転流キャパシタ C_{cc} : 10 μ F, Line L: 5mH)

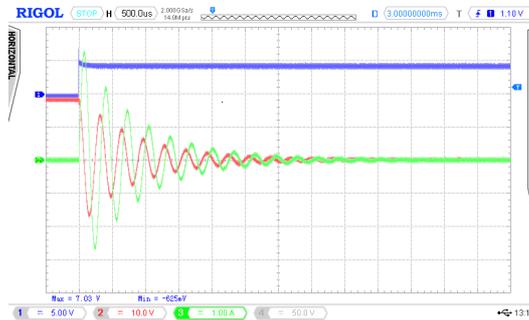


図 12 逆電流注入実験
(転流キャパシタ C_{cc} : 10 μ F, L_{cc} : 0.1mH)
青：ゲート信号、赤：キャパシタ電圧、
緑：注入電流

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 1 件)

「EDLC を用いた直流遮断器用実験装置の開発と転流方式による直流遮断実験」、木村紀之、平成 29 年電気学会全国大会、2017 年 3 月 15 日、No.4-261、富山大学 五福キャンパス (富山県富山市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

木村 紀之 (KIMURA, Noriyuki)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：00144428