

Title	Studies on Voltage Sag Compensation and Fault Current Limiting by Series Voltage Injection Using Superconducting Magnetic Energy Storage
Author(s)	Polmai, Sompob
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/44313">https://hdl.handle.net/11094/44313</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	ボルマイ ソンポップ POLMAI SOMPOB
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 17849 号
学位授与年月日	平成 15 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電気工学専攻
学位論文名	Studies on Voltage Sag Compensation and Fault Current Limiting by Series Voltage Injection Using Superconducting Magnetic Energy Storage (超伝導エネルギー貯蔵装置を用いた直列電圧注入による瞬時電圧低下補償および故障電流限流に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 伊瀬 敏史  (副査) 教授 熊谷 貞俊    教授 辻 毅一郎    教授 伊藤 利道 教授 佐々木孝友    教授 山中 龍彦    教授 中塚 正大 教授 斗内 政吉    助教授 三谷 康範

### 論文内容の要旨

本論文では、著者が大阪大学大学院工学研究科博士後期課程在学中に行った、超伝導エネルギー貯蔵装置 (SMES) を用いた直列電圧注入による瞬時電圧低下補償および故障電流限流に関する研究成果をまとめたものである。論文は、以下 5 章から構成される。

第 1 章は緒論であり、本論文に関する研究分野について概観し、本研究の背景と目的を明らかにした。

第 2 章において、まず、系統における短絡・地絡事故による三相不平衡瞬時電圧低下の種別・解析が行われた。次に、3つの直列電圧注入方式が挙げられ、その内、同位相注入方式と位相進み注入方式を用いた各種瞬時電圧低下の補償時に発生する注入有効・皮相電力の比較が行われた。比較の結果、位相進み注入方式によって、注入エネルギーの低減ができ、エネルギー貯蔵容量の低減または補償の継続時間の延長が可能であることがわかった。さらに、電力品質改善応用に適したエネルギー貯蔵装置について述べ、SMES を用いた直列型瞬時電圧低下対策装置の現状及びキャパシタとのコストの比較についても説明した。

第 3 章では、まず、本研究で検討した SMES を用いた直列型瞬時電圧低下対策装置の構成について述べた。次に、瞬時電圧低下補償に不可欠な要素である瞬時電圧低下検出、高速基本波正相成分検出、系統電圧との位相同期、および円滑な負荷電圧補償を提供する最小エネルギー電圧注入アルゴリズムを提案し、その詳細を説明した。さらに、出力電圧特性の向上を目的に、新たに出力電圧のフィードバック制御を提案した。実験結果により、提案した制御手法の有効性が検証された。

第4章では、第3章の装置の兼用として負荷側短絡事故による故障電流限流への応用について述べた。本章では、直列電圧注入による故障電流限流の基本原理について述べた後、系統の瞬時電圧低下・負荷側短絡事故の判別方法及び不平衡故障電流限流のための注入電圧制御系を説明した。本研究では、直列型変換器の出力電圧位相制御の柔軟性を生かし、電圧と電流波形を良好に保ちながら有効電力の吸収を最小に抑制する限流方式を提案した。本方式では、最初に故障電流と逆極性の電圧を注入し、等価的な限流抵抗の挿入によって故障電流が抑制され、その後徐々に注入電圧の位相を90度まで大きくし、吸収有効電力を最小にする。実験結果より、提案した限流方式の有効性が検証された。

最後に第5章において、本研究の総括を行なった。

### 論文審査の結果の要旨

現在、瞬時電圧低下は半導体工場などの産業用プラントに対して短時間であっても影響が大きいと、各種の対策装置が考案されている。本論文は瞬時に大電力を吸放出できるSMESを用いた直列電圧注入型の瞬時電圧低下対策装置の制御方式において、注入エネルギーの低減する制御手法について詳細に検討を行っている。本手法はSMESを用いた直列電圧注入型の瞬時電圧低下対策装置の大容量化および低コスト化に貢献でき、今後、産業用プラントなどが瞬時電圧低下の影響を被るのを防止するために有効な制御手法であると考えられる。さらに、瞬時電圧低下対策装置を故障電流限流装置として兼用する手法は瞬時電圧低下対策装置の用途を拡大し、負荷側の短絡事故により発生する電圧低下が他の負荷へ波及するのを防止したり、プラント内に設置されている分散型電源からの短絡電流を抑制するために有効な手法であると考えられる。その主な成果を要約すると以下のとおりである。

(1)SMESを瞬時電圧低下対策装置に適用する場合に必要な瞬時電圧低下の高速検出方法を開発している。本手法は基本波正相成分の低下を3/4周期以内に検出できる。また、ソフトウェアによる位相同期システム(Phase Locked Loop)を開発し、瞬時電圧低下時の位相ロックなどの精緻な制御が可能でかつハードウェアの負担を減らしたシステムを構成している。

(2)直列注入電圧のフィードバック制御を行うことにより、制御の無駄時間に伴って生じる三相不平衡を補償し、過渡時にも良好な瞬時電圧低下補償の結果が得られることを示している。以上の工夫を凝らして構成された制御系により実験を行い、最小エネルギー注入方式の有効性を実験により示している。

(3)直列電圧注入による瞬時電圧低下補償装置を限流器としても使えることを示し、制御系の構成を行っている。電圧注入方式として限流時に電流波形に直流成分が発生しないように、また、限流装置が吸収する有効電力が極力少なくなるように工夫を行っている。すなわち、電流と同位相の電圧を注入する抵抗限流方式を限流当初に行い、その後徐々に注入電圧の位相を進ませて最終的に90度位相の進んだ電圧を注入するリアクトル限流方式を行う新しい制御方式を提案し、制御系を構成して実験を行い、良好な限流特性を得ている。

以上のように、本論文はSMESを用いた直列電圧注入型の瞬時電圧低下対策装置およびその応用である限流装置の制御方式において、新方式を提案しその特性を実験的にも検証したものであり、その過程において種々の新しい技術的な提案をしており、多くの知見を得ている。本論文で提案されている制御手法はSMESだけでなくキャパシタなど他のエネルギー貯蔵装置を用いた瞬時電圧低下対策装置および限流装置の制御にも適用が可能であり、この分野の技術の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。