

Title	自励式変換器の直流送電への適用に関する研究
Author(s)	木村, 紀之
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3072907">https://doi.org/10.11501/3072907</a>
DOI	10.11501/3072907
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏 名	木 村 紀 之
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 9 7 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 5 年 11 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	自 励 式 変 換 器 の 直 流 送 電 へ の 適 用 に 関 する 研 究
論 文 審 査 委 員	教 授 松 浦 虔 士 教 授 小 牧 省 三 教 授 鈴 木 胖 教 授 佐 々 木 孝 友 教 授 白 藤 純 嗣 教 授 村 上 吉 繁 教 授 平 木 昭 夫 教 授 山 中 龍 彦 教 授 青 木 亮 三 教 授 加 藤 義 章 教 授 辻 毅 一 郎 教 授 黒 田 英 三

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、自励式変換器の適用によって直流送電を交流系統から自立的に制御可能とし、本来的に変換器に備わっている高速の制御性を活かして、交流系統の制御を積極的に行い、電力系統の安定度及び信頼度の向上に貢献することを目標として行ってきた研究の成果をまとめたものである。

第1章は序論であり、直流送電の歴史的発展と現在の直流送電が抱える問題点及び解析方法を述べている。

第2章においては、自励式変換器の構成法として、転流用の逆電圧を発生するための補助回路を付加する方式について解析し、補助サイリスタ方式と直列ダイオード方式の二つの方式についての解析結果より、その特質を明らかにしている。

第3章においては、電流型自励式変換器を用いて無電源負荷系統と連係した場合の制御についてシミュレータ実験と計算機シミュレーションによる解析を行い、無電源系統の電圧制御は、2台の自励式変換器を異なる点弧角で運転することにより実現できることを示している。また、その制御系にマイクロプロセッサを用いた非線型の演算方式による新しいデジタル制御方式を採用することにより、高速な電圧制御と避雷器の吸収エネルギーの半減が可能なことを明らかにしている。

第4章では、自己消弧素子を用いた電圧型変換器が自励式変換器に適用された場合の定常及び負荷変動時の動特性について考察し、定常特性では交流系統に対して良い特性を持つこと、及び動特性では直流側の大容量のコンデンサと直流送電線のインダクタンスとの間で発生する電流振動が問題となることを見出ししている。また、この振動の制御手段として、インダクタンスと抵抗を並列にした振動抑制（ダンパ）回路の設置が有効であることを述べている。

第5章では、電流型と電圧型の自励式変換器を直流送電に適用した場合について、交流系統側の事故時の過渡現象を中心に比較している。事故は一線地絡、二線地絡及び三線地絡を模擬している。その結果、電流型の場合には過電流・過電圧といった問題はないが、電圧型の場合には過電流が非常に大きく、緊急停止が必要になること及び停止後に直流過電圧が発生することを示している。

第6章では、電圧型変換器を適用する特殊な組み合わせ例として、電流型他励式変換器を順変換器とし、電圧型自

励式変換器を逆変換器とする場合の解析を行っている。この組み合わせでは、順変換器のコストを低減できるが、交流系統事故の場合は、直流側に大きな過電圧が発生するため、対策にコストがかかることを明らかにしている。

第7章においては、第2章から第6章までの考察をもとに、現在の技術の位置付けと今後の研究開発の方向も含めて、本論文の総括を行っている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、自励式変換器を用いた直流送電に関して、自励式変換器そのものの特性及び、その特徴を活かした系統構成と制御方式について解析を行い、その利点と問題点を明らかにし、幾つかの問題に対しての解決法を提示したものであるが、主要な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 補助サイリスタ方式及び直列ダイオード方式の電流型自励式変換器を直流送電に適用した場合の定常動作解析から、前者は回路素子としてのコンデンサ及びサイリスタにかかる電圧が低く、経済性に優れるが、主サイリスタと補助サイリスタの点弧間隔の最小値が直流電流によって変化するので制御に注意を要することを指摘している。また、後者はダイオードにかかる電圧が高くなるが、転流失敗を防止するための点弧制御について特別の注意は不要で、ほぼ従来の他励式変換器もしくは自己消弧素子を用いた変換器と同様に扱えることを示し、両方式の得失を具体的に明らかにしている。
- (2) 電流型自励式変換器を無電源孤立負荷系統への直流送電に適用する場合の過電圧制御の問題をとり上げ、その解決策として、負荷インピーダンスの推定と直流電流の変動値を予測する推定・予測制御方式を新しく提案し、負荷減少時の過電圧期間が、通常の比例制御に比べて数分の一に短縮できることを計算機シミュレーション及びシミュレータ実験で検証している。
- (3) 電圧型自励式変換器を直流送電に適用する場合の動特性を固有値解析と非線形シミュレーションによって調べ、線路リアクタンスと直流コンデンサが原因となって持続的な線路高調波振動が生ずることを見出ししている。これを制御する方策として、線路に直列にダンパ装置を挿入することを考察し、その効果は送電損失をほとんど増加させることなく、線路電流の高調波振動を抑制すると共に、系統全体の過渡動特性の向上にも寄与できることを明らかにしている。
- (4) 電流型自励式変換器と電圧型自励式変換器の組み合わせによる変換器構成が系統特性に与える影響を計算機シミュレーションによって解明している。電圧型-電圧型の変換器構成の場合、交流系統側事故時の過電流抑制対策として、過電流検出後自己消弧素子を高速に遮断する手段が有効であることを示し、検出過電流値を定格電流の1.5倍とすると遮断までの遅れは1ms以内でなければならないという具体的な条件を明らかにしている。電流型-電流型の変換器構成では、逆変換器が電流源的にはたらくため、負荷変動時の電圧変動が大きくなるが、過電圧抑制対策として避雷器の使用が有用であること、また、交流系統側での事故に対しては変換素子に過電流が流れず有利であることを明らかにしている。
- (5) 一方向送電の場合に適用可能な電流型他励式-電圧型自励式の変換器構成については、交流系統の負荷変動に対して電圧変動が小さく、系統の安定な運転が計れるが、交流系統事故から逆変換器を保護するためにそれをブロックすると直流コンデンサに過電圧が生じ、対策として避雷器設置などの保護手段が必要となるのでシステム全体としては必ずしも低コストになるとは限らないという指摘をしている。

以上のように、本論文は、直流送電に自励式変換器を適用することによって、直流送電を自律的に制御可能とし、変換器の高速制御性を活かした交流系統の制御を加えて電力系統の安定度及び信頼性の向上が計れることを明らかにしたもので、変換器及び制御系設計のために有用な変換器構成と系統特性に関する新たな知見を提示しており、電力工学の発展に貢献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。