

Fundamental Studies on Advanced Electric Power Systems by Application of Superconductivity

超伝導技術の適用による電力系統の 高性能化に関する基礎研究

プロジェクトリーダー 仁 田 旦 三

東京大学 大学院工学系研究科 教授



図1. 研究室打ち合わせ風景



図2. アナログ電力系統シミュレータ

1. 研究の目的

電力系統の構築から運用までの幅広い技術は、エネルギー確保や環境問題等の直接的な課題はもとより、広く一般的なボーダレス化の問題にも直面している。これらの問題は、規制緩和、多様なエネルギー発生、低コスト化等、具体的にあらわれている。又、一方ではエネルギー消費の電力シフトが顕著であり、ますます大容量で高信頼度の電力系統が必要となってきた。

これに対して、電力系統技術は現用技術の延長で対応せんとしているが、例えば、系統設計に対して安定度と短絡電流というトレードオフな現象の間隙をぬった系統設計から抜け出すことができず、また、その運用面から見るとオフラインのシミュレーションに頼っており、複雑な負荷特性も絡んで非常にマージンをとった非経済的な運転を余儀なくされている。この現状技術の延長では、将来の高信頼性を持つ電力系統の構築・運用にかけりが見られるのはしばしば起こる大停電から見ても明らかであろう。

これに対して、超伝導技術を適用することにより、各応用機器の高密度・高効率性のみならず、システム全体としての高性能化（高効率・高密度・高信頼性・高柔軟性・高運転性能・低コスト等）を実現する可能性がある。

材料開発からの積上げ方式による超伝導電力応用の行き詰まりを打破するために本プロジェクトは、超伝導、機器、システムの研究者が共同で、電力系統の現状の問題のみならず、将来生じるであろう問題に対して、その解決策として広く超伝導技術を電力系統に導入し、その高性能化のための適用方策を研究することを目的としている。さらに本研究において、材料開発を含めた超伝導技術開発の方向性を明確にすると共に、システム全体の環境低減化と、広くシステム・機器技術開発に関する知見も得られる。

Applied Superconductivity for Higher-Performance of Power Systems

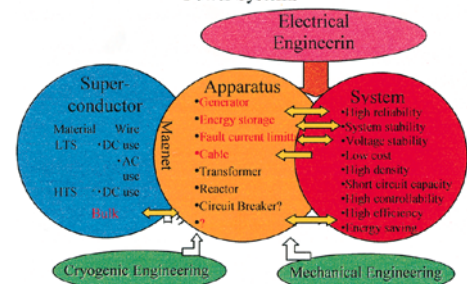


図3. 研究領域（赤色部分）

2. 研究の内容

(1) 研究の概要

超伝導機器を導入した電力系統の特性を把握し、電力系統全体として高性能化するための超伝導機器のあり方、導入方策、制御方法などシステムの立場から研究する。一方、電力系統導入のための超伝導機器に関して特に電気絶縁・バルク超伝導体応用の立場から研究を行う。

システマ的研究においては、電力系統シミュレータをフルに活用し、高性能性を目に見える形で提供する。又、その知見から、システムから見た超伝導機器のあり方について、小型超伝導エネルギー貯蔵、限流器、ケーブルに対して、その基本特性把握、特性改善をはかる。超伝導機器は熱絶縁と電気絶縁を図りつつ機械特性を考慮しなければならないが、ここではそのためのバルク超伝導体応用に挑戦する。

(2) 研究方法

システム要素の研究項目とその研究手法について以下に説明する。

・超伝導エネルギー貯蔵装置 (SMES) を用いた電力系統の運転状態把握及び有効利用法：

アナログ電力シミュレータと、電流源からなる SMES 模擬装置を用いた 2 機無限大母線系統において同期化力、制動力が推定できる事を実証する。また、複雑な送電網における運転状態把握に関する系統周波数制御、系統安定化制御、電圧安定化制御についてもシミュレータを用いて実験を行い、制御方法、性能評価及び容量 (SMES) に関する知見を得る。小型発電機と小型 SMES の組合せ実験を行いその有用性を示す。

・超伝導事故電流限流器の系統導入効果：

限流器の特性についてシミュレータを用いた実験によって明らかにし、電力系統機器への適用方法について考察する。

・超伝導機器の絶縁特性 (超伝導マグネット、ケーブル)：

超伝導マグネットに使用されるボビン材料の常温、液体窒素中、液体ヘリウム中における沿面放電特性 (絶縁特性) を測定し、ボビン材料の評価を行う。

シミュレータ用の超伝導ケーブルのモデル化を行い、シミュレーションによる実験に対処する。短尺電力ケーブル試料 (借用) の過圧、過冷却、流動窒素による冷却を行い、ケーブルにおける絶縁特性をあきらかにすると共に絶縁方法を提示する。極低温電気絶縁実験装置を用い、過圧、過冷却、流動液体窒素の絶縁特性 (電力ケーブルにおける絶縁特性の基礎データ) を得る。又、流動液体窒素における帯電効果を測定する。

・バルク超伝導体の磁気特性と電力系統機器への応用

バルク超伝導体の磁気特性・機械特性を明確にするため、電磁氣的・機械的基礎特性の実験を行い、電力機器への適用を検討し、測定すべき特性を明確にする。2 つのバルク超伝導体の電磁特性を用いて磁気浮上によるギャップをつくり、その絶縁基礎特性を明らかにする。

これらの要素研究の結果をまとめ、最終的にはシミュレータを用いた種々の超伝導機器 (発電機、ケーブル、SMES、限流器等) を含む電力系統の全体的な特性評価を行い、高性能化を達成するための超伝導機器適用のあり方を提示する。同時に、シミュレータを用いて超伝導発電機を導入した場合の電力系統の特性実験を行い、その効果的な導入箇所、制御方式、全システムにおける特性評価を行う。

(3) 研究の特色

非常に成果をあげてきたが現状として行き詰まっている材料開発からの積み上げ方式に対して、本研究においては超伝導技術の適用を検討し、システム・超伝導・高電圧の分野の共同研究を進めることに特徴がある。本研究の最終目標はシステム全体の高性能化であり、さらに材料開発・超伝導マグネット開発に指針を与える多くの知見が得られると考える。この結果、電力系統技術から超伝導技術まで広い範囲の学問に寄与することになる。

3. 研究の体制

期 間：1997 年 8 月～2002 年 3 月

構 成：プロジェクトリーダー 1 名 コアメンバー 3 名 研究協力者 3 名 (内ポストドクター 1 名) ほか

実施場所：東京大学仁田研究室 文京区本郷 7-3-1

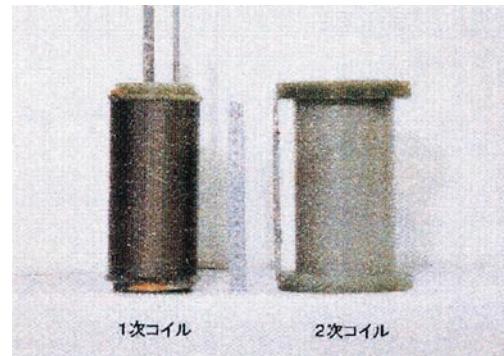


図 4. 超伝導事故電流限流器

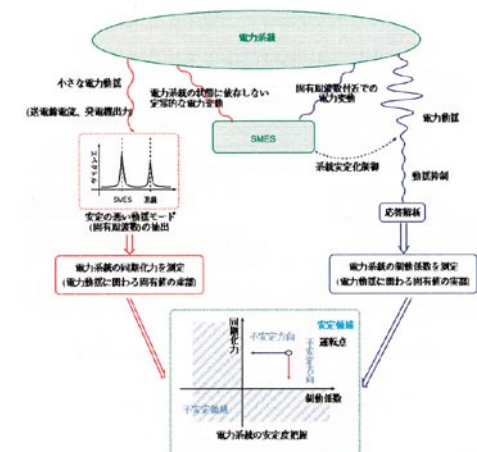


図 5. 超伝導エネルギー貯蔵装置による電力系統状態把握