

SMESによる多機系統動態安定度制御の検証

シミュレーションと実測

Confirmation of Stability Control Using SMES to Multi-generator Power Systems Simulation and Actual Measurement

(電力技術研究所 系統G)

超電導エネルギー貯蔵装置 (SMES: Superconducting Magnetic Energy Storage) は電力系統の安定化、負荷変動の平滑化、揚水発電代替など多方面にわたる利用が考えられており、当社においてはこれまで貯蔵エネルギー量 1 MJ の装置の試作と模擬送電線装置を使用し、の系統実験を行ってきた。今回、電力系統の安定度対策として効果ある SMES の制御方式について検討を行いシミュレーションおよび実測にてその効果を確かめた。

1

背景

超電導コイルに貯えた電磁エネルギーをパワーエレクトロニクスを用いた交直変換器により高速に出し入れできる“SMESの電力系統への適用”が関心を呼んでいる。

当社では昭和63年度より、1 MJ の貯蔵エネルギーを持つ SMES を開発し当社模擬送電線装置と接続することにより電力系統から見た SMES の適用効果の研究を進めてきた。SMES の外観を第 1 図に設計仕様を第 1 表に示す。

この一連の研究を通して SMES の幅広い用途 (第 2 表) を確認したが、SMES の特徴を最も効果的に使用できる用途に安定度の制御がある。

2

SMESによる安定度制御

SMES はその吸収・発生する有効電力 P_s と無効電力 Q_s を高速かつ同時に制御できる特長がある。電力系統での電力動揺対策 (安定度) に SMES を適用する検討としては、従来、発電機 1 つの単純な電力系統での検討が多かった。しかし実際の電力系統には多くの発電機が複雑に送電網に組み込まれており、電力動揺の発生原因・様相は複雑である。

また、SMES により電力動揺の安定化を図る時、限られた設置点で、しかも外乱の種類、系統構成、発電機・負荷の状況に影響されない適用範囲の広い制御方式が望まれる。このため、設置母線の電圧波形の零点から求めた周波数偏差 (ΔF_n) を零にすることを目標においた SMES の制御方法 (ΔF_n 制御) の検討をシミュレーションおよび実測により行なった。

(Electric Power Research & Development Center, Power System Group)

Many applications have been studied for superconducting magnetic energy storage system (SMES) such as stabilization of electric power systems, smoothing of load fluctuation and being a substitution for pumped hydro power generation. We have developed SMES whose energy storage capacity is 1 MJ, and have been experimenting with the system operation using a simulated transmission systems. Recently we studied the method of SMES control as an effective means of stabilizing power generation/transmission systems, and confirmed its effectiveness through simulations and experiments.

3

シミュレーション検討

SMES を用いた母線電圧から求めた周波数偏差による P_s 制御、 Q_s 制御についてデジタルシミュレーションによる検討を行ない ΔF_n 制御が有効であることを確かめた。

4

模擬送電試験

第 2 図に示す回路にて、安定度実験を行った。結果の波形を同図に示す。なお、ここでの P_s の制御として、① SMES が接続されているが P_s の制御のない場合、② 連系線有効電力の偏差による P_s の制御を行った場合および③ ΔF_n による P_s の制御を行った場合について示す。① では電力動揺が長く続くが、②③ では動揺は早く収束する。しかし、② では制御定数の選定によってはハンチングを伴うが③ では理想的な収束であり、③ の制御の有効性が検証された。さらに③ の制御では送電ルートの分断時の分離系統の周波数安定化にも効果あることが実験的に確かめられた。(第 3 図)

5

まとめ

SMES の有効電力の制御として ΔF_n 制御を採用すると、① 周波数変動の抑制、② 多機電力系統の安定化、③ 瞬動予備力のいずれにも有効である。周波数の設定基準値の選定により SMES の損失の補充も可能であり長時間の連続制御が可能である。今後、シミュレーションにより SMES の電力系統への適用効果をさらに調べて行く予定である。



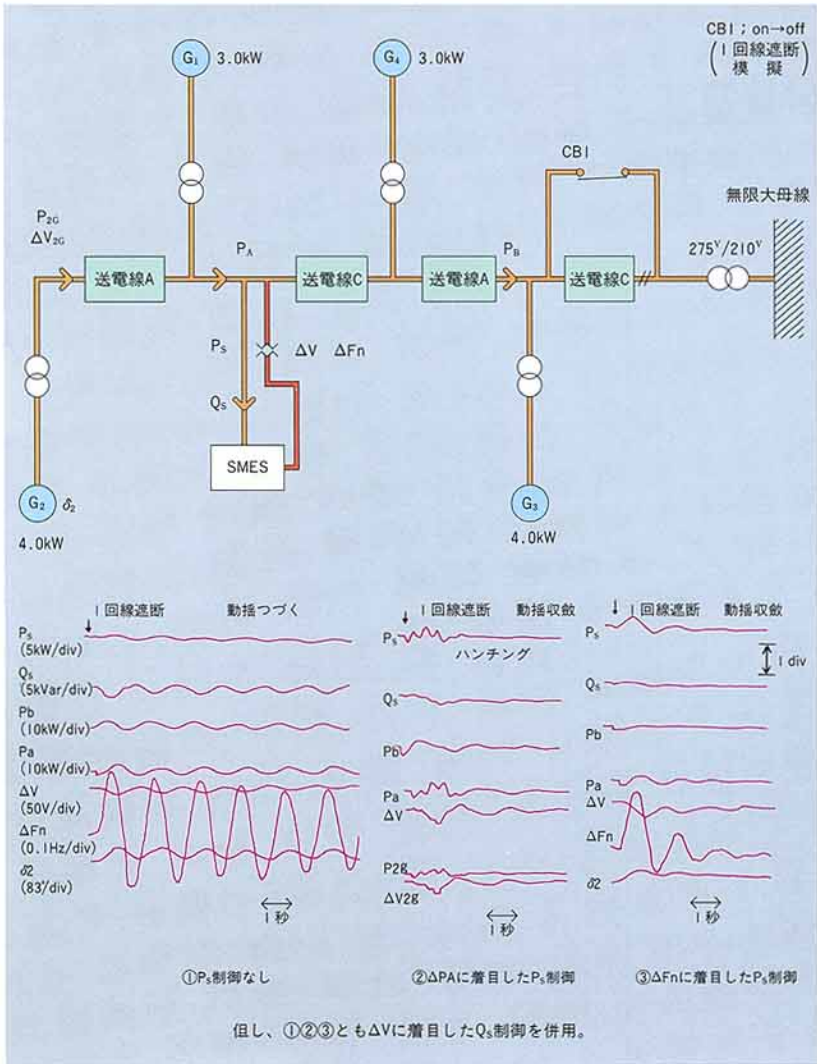
第1図 I MJ SMES外観図

第1表 設計仕様

項目	仕様
超電導コイル	タイプ ソレノイド
	定格電流 1000A
	インダクタンス 2 H
	貯蔵エネルギー 1 MJ
	中心磁界 4.2T
	内径 0.40m
クライオスタット	外径 1.00m
	高さ 2.00m
	材質 SUS304
変換装置	定格容量 50kW
	定格直流電圧 50V
	整流素子・相数 GTO・6相

第2表 適用効果

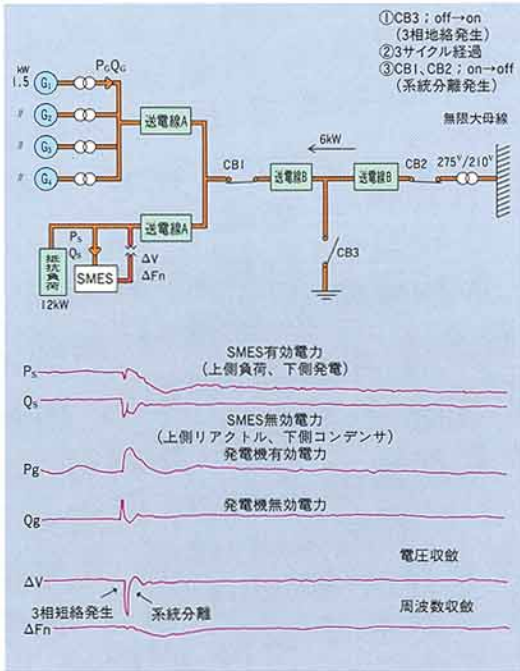
項目
1) 電圧変動の抑制
2) 負荷変動の平滑化
3) 電圧不安定の防止
4) 周波数変動の抑制
5) 安定度の向上 (過渡・動態)



第2図 安定度実験結果

送電線	実規模距離
A	20km相当
B	50km相当
C	10km相当

発電機	定格容量	実規模出力
G 1	4.42kVA	375MW火力機相当
G 2	6.25kVA	500MW火力機相当
G 3	6.25kVA	500MW火力機相当
G 4	4.00kVA	340MW水力機相当



第3図 系統分離実験結果