

電気二重層キャパシタを用いた電力貯蔵装置の要素開発

環境にやさしく、メンテナンスの不要な高効率電力貯蔵装置

Development of Circuit Elements for an Energy Storage System Containing Electric Double-layer Capacitors

Toward a high-efficiency energy storage system that is environmentally friendly and maintenance free

(電力技術研究所 システムG 系統T)

最近、従来の電解コンデンサ等比べて格段にエネルギー密度の高い電気二重層キャパシタが開発されつつある。そこで、電気二重層キャパシタの繰返し充放電に強く、メンテナンスが不要である特徴を活かして、配電変電所直流電源装置や無停電電源装置のエネルギー蓄積要素に用いるための基本的な回路構成や制御方法を検討し、各構成要素の基本技術を開発した。

(Power System Team, System Technology Group, Electric Power Research and Development Center)

Electric double-layer capacitors showing a remarkably high energy density compared with conventional electrolytic capacitors are now under development. To take advantage of the significant characteristics of this type of capacitor; namely, its durability against repeated charge and discharge and no need for maintenance, we have studied feasible basic circuit configurations and control methods needed to adopt it as an energy storage element in direct-current power supply systems located at utility distribution substations and in uninterruptible power supply systems. The basic technologies to put these configuration elements into use have been successfully developed.

1 背景と目的

電気二重層キャパシタは、繰返し充放電に強く、寿命が長い、メンテナンスの必要がない、環境にやさしい、充放電効率が高い、などの優れた特徴を持っている。最近、静電容量が数万F、エネルギー密度が十数Wh/lという大容量の電気二重層キャパシタが開発され、一層の大容量化を図る研究も進められている。そこで、電気二重層キャパシタを電力貯蔵装置のエネルギー蓄積要素として用いるための具体的な回路構成や充電・放電の制御方法について検討し、1kW級縮小モデルを試作して基本機能の検証を行った。

2 試作した電力貯蔵装置縮小モデルの仕様

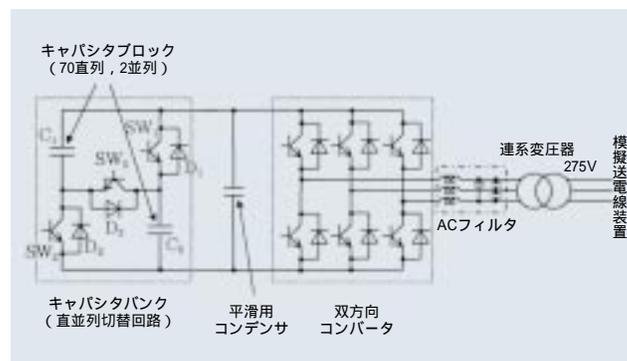
試作した電気二重層キャパシタを適用した電力貯蔵装置縮小モデルの概略仕様を第1表に示す。本縮小モデルは、模擬送電線装置に接続して動作特性の検証を行うことを前提に、入出力電圧(系統連系電

第1表 電力貯蔵装置縮小モデルの概略仕様

項目		定格・仕様
貯蔵装置	出力容量	1kW, 30min
	入出力電圧	三相275V 60Hz
	充放電制御	充電：定電流, 放電：定電力
	外形寸法 (mm)	600(W)×600(D)×1700(H)
キャパシタ	静電容量・定格電圧	2700F, 2.5V
	外形寸法	130mm(H)×50mm()
	重量	330g
	キャパシタバンク	140s×2p(直列構成時) 70s×4p(並列構成時)

圧)を275V, 3、出力容量を1kW, 30分間とした。また、エネルギー蓄積要素として、2700F, 2.5Vの電気二重層キャパシタを280本使用した。

本縮小モデルの回路構成を第1図に示す。回路は、エネルギーを貯蔵するキャパシタバンク、充放電時のキャパシタバンクの端子電圧に応じてキャパシタの直列並列数を切替える直並列切替回路、平滑用コンデンサ、直流/交流変換を行う双方向コンバータ、ACフィルタ、連系変圧器などから構成されている。



第1図 電力貯蔵装置縮小モデルの回路構成

本縮小モデルと電気二重層キャパシタの外観を第2図に示す。装置の上部に電力変換装置、下部にキャパシタバンクを収納する構成であり、装置の動作条件の設定や運転状態の表示は上部の液晶パネルにより行うことができる。

3 基本機能の検証試験結果

基本機能の検証試験の例として、第3図に本縮小モデルをフル充電・フル放電させた時の、キャパシタバンク端子電圧と双方向コンバータの入出力交流電力の変化を実測した結果を示す。検証試験の結果、



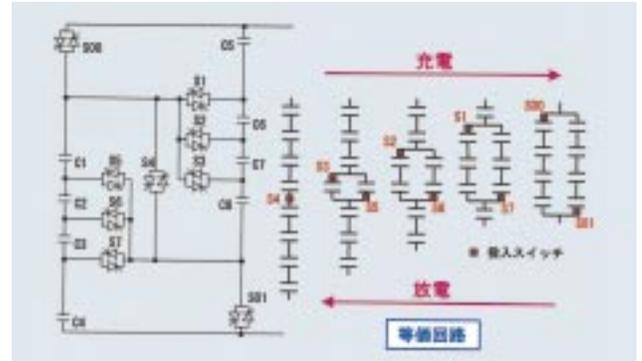
第2図 電力貯蔵装置縮小モデルの外観

キャパシタブロックの充電時の直列・並列切替と、放電時の並列・直列切替が、想定した通りに動作していることを確認できた。また、双方向コンバータの入出力交流電力から、1 kWの出力で約30分間の放電が可能であることを検証した。

4 キャパシタバンク直並列切替回路の改善

電気二重層キャパシタは従来の二次電池とは異なり、充電・放電に伴いその端子電圧が大きく変化する。そのため、キャパシタに蓄えられたエネルギーの利用率を高めるためにはできるだけ低い電圧まで放電し、かつ系統連系用コンバータの動作安定性の面からは直流電圧の変化をなるべく小さくする必要があり。これらの条件を満足できる電気二重層キャパシタ適用電力貯蔵装置の回路として、第1図中のキャパシタバンク直並列切替回路を検討したが、その後、バンク端子電圧の変化をより小さくでき、切替動作時に横流やサージ電圧が発生しない、第4図に示す新しい切替方式を開発した。充電時を例に説明すると、第1図の方式では端子電圧が上昇するとともにキャパシタブロックを直列接続から並列接続に切替える2段階切替であるため、キャパシタバンクの

電圧は50%変化するが、新方式では端子電圧が上昇するにつれて、キャパシタブロックの直並列の組み合わせを第4図のように5段階で切替えるため、20%程度の変化に抑えることが可能である。



第4図 キャパシタバンク直並列切替回路の新方式

5 適用用途

今回の研究の中で検討を行った電気二重層キャパシタ適用電力貯蔵装置は、従来の二次電池を用いたものと比べて、メンテナンスがほとんど不要で、寿命も長いため、配電変電所等の直流電源装置やお客様に設置していただく無停電電源装置（UPS）として有望である。また、急速な充放電が可能であるため、太陽光発電、風力発電等の出力平準化や瞬時負荷変動によるフリッカ補償などにも使用可能である。さらに、重金属等の環境に有害な物質も使用していないため、将来の廃棄処理がしやすく、環境に対する負荷が低いのも大きな利点である。

6 今後の展開

今回の研究により、電気二重層キャパシタを用いた電力貯蔵装置を実現できる見通しが得られたため、今後は実用化を目指して、キャパシタの一層の高エネルギー密度化と長期信頼性を実現する技術、用途に応じた変換装置の最適な回路・制御方式を確立し、各種条件における性能検証を行っていく予定である。



第3図 電力貯蔵装置縮小モデルの充放電動作



執筆/ 杉本重幸

Sugimoto.Shigeyuki@chuden.co.jp