

リチウムイオンキャパシタ式短時間停電補償装置の開発

エネルギー密度の高いリチウムイオンキャパシタの採用により補償時間を長時間化

Development of a Short Term Power Interruption Compensator using LIC

The prolonged time compensation by the adoption of LIC having a high energy density

(電力技術研究所 流通G 系統T)

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

停電補償時間の長時間化を目的として、リチウムイオンキャパシタを蓄電デバイスに用いた「リチウムイオンキャパシタ式短時間停電補償装置」を(株)明電舎と共同で開発・製作した。約2年間に亘るフィールド実証試験により長期信頼性等の検証を完了し、実用化の目的がたったので紹介する。

With an objective to prolong the compensation time for the power interruption, a short term power interruption compensator using LIC as a storage device, was developed and manufactured jointly with Meidensha Corporation. This article reports the performance especially the long term reliability results which were verified by carrying out field testing for about 2 years. As a result, the prospects for the realization of its practical applications became quite evident.

1 背景および目的

電力系統において落雷等により発生する瞬時電圧低下(以下、瞬低)・停電は、工場における製造機械の誤動作・停止の原因となり、お客さまの生産活動に大きな影響を与える。既に実用化している電気二重層キャパシタを用いた瞬低補償装置は1~2秒の瞬低への対応に特化したものであるため、停電時など更なる長時間補償(非常用発電機との組合せ等)を望まれるお客さまも多かった。

そのため、今回、補償時間の長時間化を目的として、エネルギー密度の高いリチウムイオンキャパシタを蓄電部に用いた短時間停電補償装置の実証器を(株)明電舎と共同で開発・製作し、JSR(株)四日市工場さま構内において実施したフィールド実証試験(2011年11月~2013年9月)により、実用化に向けた長期信頼性を確認した。

位体積当たりの貯蔵電気エネルギー量)を実現し、出力密度(単位時間当たり出力できる電気エネルギー量)とサイクル寿命(充放電を繰り返すことが可能な回数:10万回程度)は同等の性能を有する。

なお、今回の実証器にはJMエナジー(株)製のリチウムイオンキャパシタを採用した。

3 実証器の仕様と特長

今回製作した実証器の概略仕様を第1表に、その外観を第2図に、概略回路と基本動作を第3図に示す。

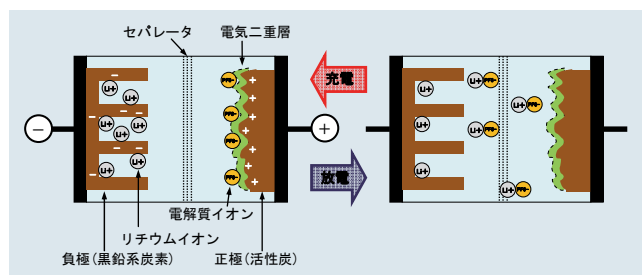
本装置は常時は商用電源から電気設備に電力供給しているが、瞬低・停電が発生すると商用電源側を半導体切替スイッチにて瞬時に切り離し、キャパシタから電力供給し補償を行う。

第1表 実証器の概略仕様

定格電圧	三相6,600V
定格出力容量	1,000kVA
停電補償容量・時間	600kW×11秒(15年後を想定)
蓄電方式	リチウムイオンキャパシタ
運転方式	常時商用給電方式
切替方式	無瞬断切替(切替時間2ms以下)
常時運転効率	99%以上(空調設備消費電力除く)
設置場所	屋外
外形	幅12.3m×奥行き3.2m×高さ3.5m

2 リチウムイオンキャパシタの原理と特長

リチウムイオンキャパシタの構造と動作原理を第1図に示す。リチウムイオンキャパシタは、正極側には活性炭を用いた従来の電気二重層キャパシタの原理を、負極側には黒鉛系炭素を用いたリチウムイオン電池の原理を適用しており、ハイブリッドキャパシタに分類される。

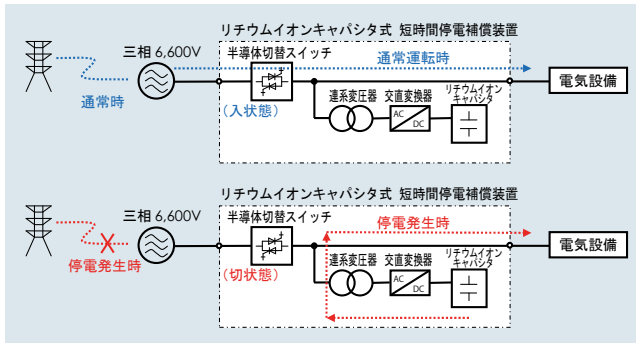


第1図 リチウムイオンキャパシタの構造と動作原理

リチウムイオンキャパシタは電気二重層キャパシタとリチウムイオン電池の両方の特性を併せ持ち、電気二重層キャパシタと比較して、約3倍のエネルギー密度(単



第2図 実証器の外観



第3図 実証器の概略回路と基本動作

今回製作した実証器の特長は以下のとおりである。

①高圧・大容量・長時間補償

高エネルギー密度のリチウムイオンキャパシタの採用により、高圧・大容量・長時間補償を実現した。また、下限電圧管理が必要なため、下限電圧になると分圧抵抗を切り離す回路としている。さらに、リチウムイオンキャパシタは常時電圧を保持しているため、安全上直流開閉器を追加した。

②高い常時運転効率

キャパシタの充電制御は間欠充電方式とし、99%以上の常時運転効率（空調設備の消費電力を除く）を実現。

③高信頼度と扱いやすさ

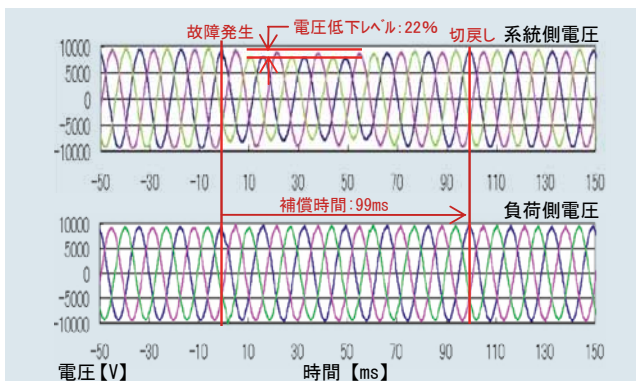
高速大容量半導体切替スイッチにより、瞬低・停電発生時の切替時間を2ms以下とした。

また、今回採用したリチウムイオンキャパシタは長寿命で蓄電部の交換は15年間不要、鉛などの重金属を使用していないため環境負荷が小さい、などの特長がある。

4 実証器のフィールド実証試験

①補償時波形解析

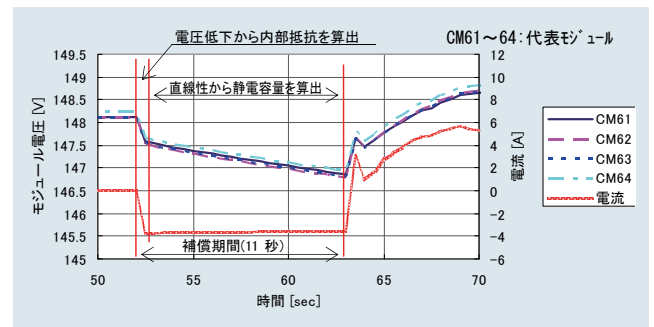
フィールド試験期間中に実システムの瞬低が16回発生し、いずれの場合も問題なく補償できた。2013年9月4日15時17分56秒に発生した瞬低に対する実動作時の波形を第4図に示す。故障により系統側の電圧は22%低下しているが、負荷側は電圧の変化はなく補償装置により補償できていることがわかる。切替時間も1.8ms程度であり仕様を満足している。



第4図 実証器動作時の波形

②実負荷模擬瞬低試験

負荷へ電力供給した状態で模擬信号にて補償動作を行い、その際の直流部電圧変化からモジュールの特性を確認した。第5図に模擬瞬低試験（11秒補償）の例を示す。



第5図 模擬瞬低試験のモジュール電圧と電流波形

補償開始直後の電圧低下から内部抵抗を算出し、放電に伴う直線的な電圧低下から静電容量を算出する。模擬瞬低試験はフィールド実証試験中に半年毎に1回実施し、代表モジュールの分担電圧の比較や経年による静電容量の低下、内部抵抗の増加について検証した。その検証結果を次項に示す。

③長期信頼性検証

約2年間のフィールド実証試験の結果から、今回のリチウムイオンキャパシタセルは、第2表に示すように、静電容量は平均6.7%低下し、工場で実施した加速劣化試験に基づく推定値7.1%に比べ小さく、15年後は20%程度の低下となると予想される。また、内部抵抗は平均3.4%増加し、加速劣化試験による想定と同程度であることから15年後は9%程度の増加となると予想される。

本補償装置では、このキャパシタの経年変化を考慮して、15年後に予測値の温度にて補償時間の仕様を満足できるように構成としている。

第2表 LICモジュールの15年後の性能変化の推定

年数	2年後 (実績)	15年後 (推定)	条件
項目			
静電容量	-6.7%	-19.6%	25℃(周囲温度)における推定値
内部抵抗	+3.4%	+9.3%	

(%)：工場出荷時からの変化率

以上の結果から、停電補償性能と長期信頼性について良好であることを確認できた。

5 今後の展開

本補償装置は、上記のとおり補償性能および長期信頼性の確認ができたことから、今年度中に製品化する予定である。

今回の実証器は負荷容量600kWを11秒間停電補償する仕様であるが、製品化にあたり容量1,000~10,000kVA、補償時間20秒まで対応できると考えている。



執筆者 / 浅野 健俊