

電気二重層キャパシタ式瞬時電圧低下補償装置

🔊 電気二重層キャパシタ，瞬低補償，省エネ

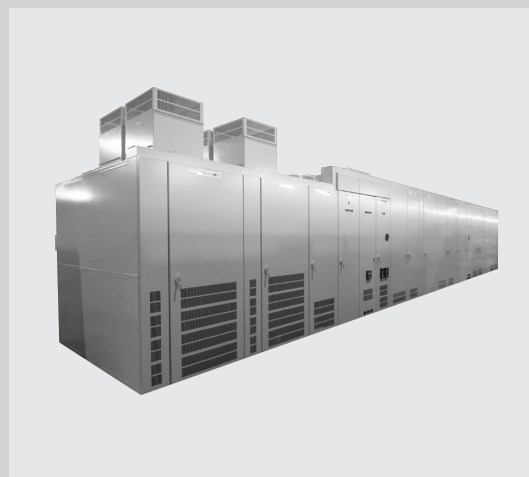
* 渡辺純一 Jun'ichi Watanabe
 ** 紫垣 顕 Akira Shigaki

* 平山一成 Issei Hirayama
 *** 中島祐輔 Yusuke Nakajima

概要

工場全体といった大規模なシステムに対して，瞬時電圧低下（瞬低）が発生しても安定な電力を供給できる電気二重層キャパシタ式瞬低補償装置の製品化を行った。電気二重層キャパシタを利用したため，補償後の再充電も高速になり，多重雷による連続瞬低にも対応できるという特長がある。

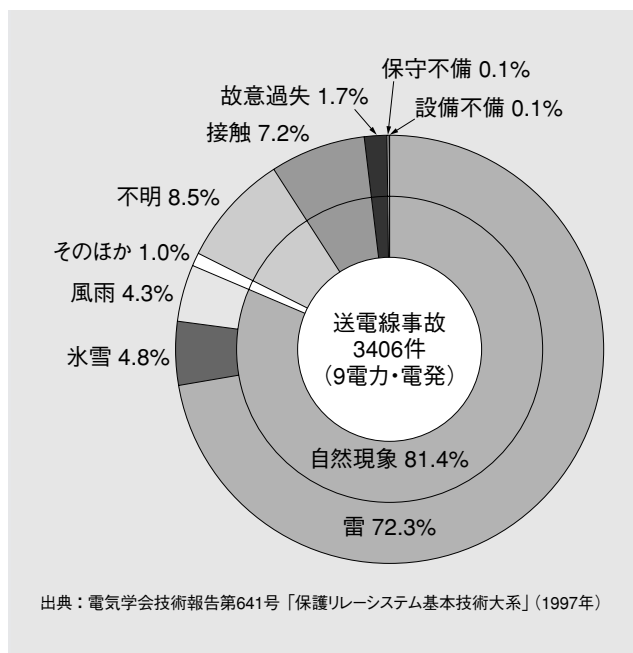
本装置は，瞬低の検出時に系統側と負荷側を高速スイッチで分離し，電気二重層キャパシタに充電された電力を交直変換装置を介して負荷に供給する装置である。高速スイッチにGTOサイリスタを適用して，2msという極めて短い切り替え時間を実現した。交直変換部は2500kVA単位の並列構成となっており，最大10,000kVAまでの大容量に対応した。



瞬低補償装置外観

1. ま え が き

近年，IT関連機器の普及や，半導体・精密機器などの高品質・高付加価値な生産ラインが増加しており，瞬時電圧低下（瞬低）による影響が問題になっている。電力系統技術が発展し，需要家への電力供給信頼度は向上しているが，第1図に示すように雷などの自然現象に起因する瞬低は電力母線自体の電圧が低下してしまうため，防ぎ得ない現象である。瞬低及び停電対策としては無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power System）が利用されているが，UPSの蓄電部には鉛蓄電池が多く用いられており，定期的な保守点検が必要である。この問題を解決するため，当社では保守が簡略化でき，充放電サイクル寿命が長く，高速・高効率な充放電が可能で，且つ対環境性に優れた電気二重層キャパシタ（EDLC）を使用した



第1図 瞬低の発生原因

瞬低の発生原因の8割は自然現象によるものであり，防ぎ得ない現象である。

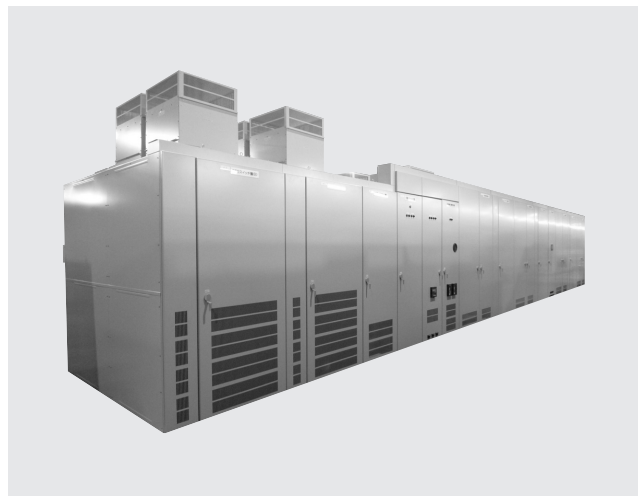
*製品開発部 **電力変換装置工場 ***電力ソリューション技術部



第1表 瞬低補償装置の概略仕様

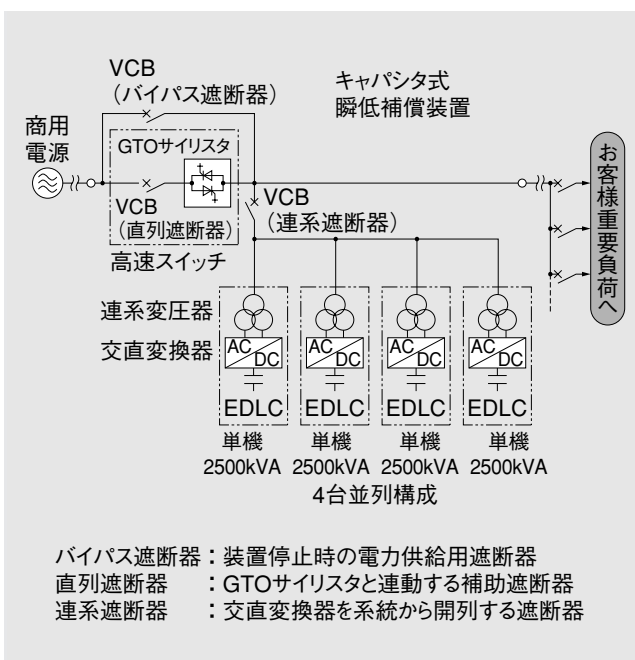
電気二重層キャパシタの採用で定格放電後の再充電時間は10秒と短く、GTOサイリスタの採用で切り替え時間は2ms以下であり、効率も99%以上を達成した。

項目	定格・仕様	備考
定格出力容量	10,000kVA	定格力率1.0
定格電圧	三相6600V	
瞬低補償時間	1秒	
充電時間	10秒	装置容量の30%充電時
運転方式	常時商用給電方式	
切り替え方式	無瞬断切り替え	切り替え時間2ms以下
蓄電素子	電気二重層 キャパシタ	
運転効率	99%以上	商用運転時



第3図 瞬低補償装置外観

10,000kVA装置全体の寸法は、W21.9×H2.6×D2.6mである。



第2図 瞬低補償装置の回路構成

2500kVAを単機とし、4台を並列接続することで10,000kVAという大容量を実現した。

瞬低補償装置の製品化を行っている。本稿では、瞬低補償装置の概要、製品の仕様、制御方法、そして実際の瞬低補償波形例を紹介する。

2. 瞬低補償装置の概要

第1表に製品系列の中で容量が最大である瞬低補償装置の装置概略仕様を、第2図に回路構成を、第3図に外観を示す。本装置は定格電圧6600V、定格容量10,000kVAの瞬低補償装置であり、単機容量2500kVAの連系変圧器と交直変換装置、及びEDLCで構成した単機を4台並列に組み合わせている。この装置全体の寸法は、W21.9×H2.6×D2.6mである。

3. 装置の特長

3.1 蓄電部にEDLCを適用

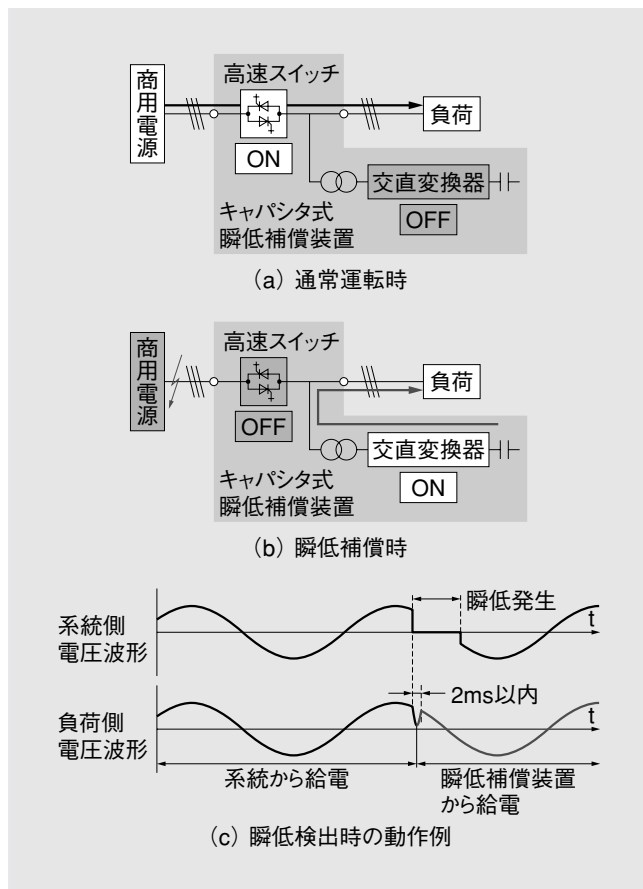
本装置は1モジュールあたり160V-4.5FのEDLCを、4直列105並列して2500kVAの構成(640V-118F)とした。EDLCは2次電池と比べ出力密度が高く補償時間が1~2秒の製品に適用すると、設置スペースを削減することができる。また、急速な充放電が可能で、且つ充放電による寿命の劣化が少ないため、雷が多く補償頻度の高い地域においても15年以上交換不要である。更に使用材料は活性炭電極や有機電解液が中心であり、重金属などを含まないため環境に優しいといった特長を有している。

3.2 高圧・大容量化

第2図に示すように、本装置は大容量化を図るためにまず単相インバータを3台用いて1250kVAとし、更に連系変圧器で多重接続することにより、単機あたり2500kVAを構成している。この2500kVAの単機を4台並列することにより、定格容量10,000kVAという大容量の瞬低補償を実現している。変換装置を並列構成としたことにより、1台の単機が停止しても残りの3台で瞬低補償可能であり、信頼性が向上するほか、保守による装置停止時間の短縮も図れる。

3.3 常時商用給電方式

第4図に瞬低補償動作の概要を示す。(a)に示すように、系統正常時は商用電源からGTO(Gate Turn Off)サイリスタを用いた高速スイッチを通



第4図 瞬低補償動作概要

- (a) 通常時はGTOサイリスタを通して負荷へ電力を給電する。
- (b) 瞬低が検出されるとGTOサイリスタを遮断して、EDLCのエネルギーを負荷へ供給する。
- (c) 瞬低補償開始時の電圧波形例を示しており、電圧が低下している期間が2ms以下である。

して負荷に電力を供給する常時商用給電方式を採用している。UPSのように変換器を介していないため、通常時の運転効率として99%以上を実現している。

3.4 並列補償方式

第4図(b)に示すように、瞬低発生時は商用電源をGTOサイリスタを遮断することにより高速に切り離し、EDLCから交直変換装置を介して重要負荷へ電力を供給する。このような並列補償方式を採用したことにより、瞬低だけでなく瞬断・停電においても補償が可能である。また、GTOサイリスタを用いた高速スイッチの採用により商用電源から瞬低補償への切り替えは(c)に示すように2ms以内である。

4. 制御方式

本装置には、大きく別けて3つの制御モードがある。

4.1 待機状態モード

このモードはGTOサイリスタを介して負荷へ電力を給電する状態である。EDLCは定格電圧まで充電された状態を維持しており、自然放電により直流電圧が低下した場合にはEDLC充電制御モードにより補充電を行う。

4.2 瞬低補償運転モード

本装置では系統電圧を各相個別に検出しており、常時この電圧の振幅から瞬低を判断している。瞬低が検出されると、GTOサイリスタを遮断して負荷を系統から切り離す。同時に交直変換装置は、待機状態モード又はEDLC充電制御モードから負荷側の交流電圧を制御する瞬低補償運転モードに瞬時に切り替わり、EDLCから重要負荷に電力を供給する。系統電圧の復電を検出すると、交直変換装置は交流出力電圧と系統電圧との同期合わせ動作後に、GTOサイリスタを再び導通状態にする。そのあと、瞬低補償装置の出力電流を除々に絞るウォークイン制御を行うことにより、負荷電力をゆっくりと系統側へ移行させている。

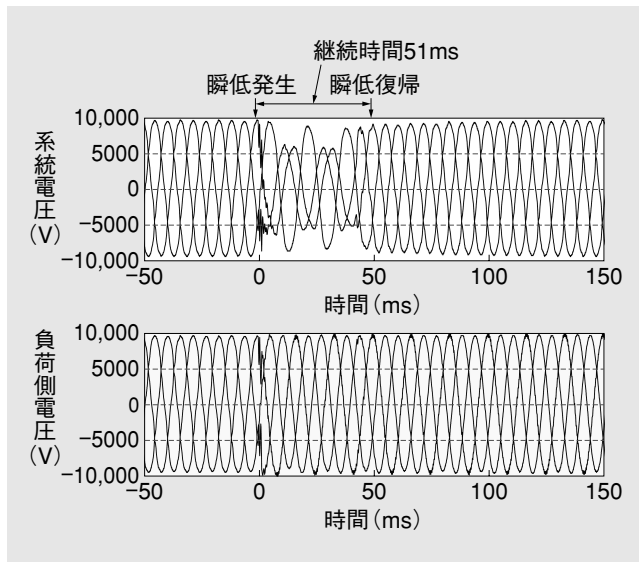
このようにウォークイン制御を行うと、実際の瞬低時間に比べ長い時間の放電が必要となる。そのため、第1表では本装置の瞬低補償時間は1秒となっているが、装置の最大補償時間は同期合わせ・ウォークインを含めた1.5秒相当の放電時間を確保しており、十分な蓄電量を持たせている。

4.3 EDLC充電制御モード

瞬低補償運転モードが終了し系統からの電力供給に切り替わると、いち早く次の瞬低に対処できるように交直変換装置を用いてEDLC充電制御を行う。この際、装置容量の30%で充電を行っているが、10秒以内に定格電圧まで充電できる。この充電時は系統側に負荷電流と充電電流の合計電流が流れるが、お客様の保護協調などにより30%の充電容量がとれない場合を考慮し、充電容量は可変設定できるようにしている。

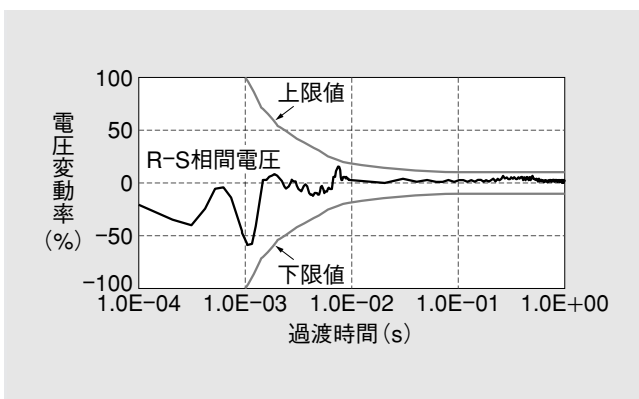
5. 性能評価結果

第5図に実稼働中の瞬低補償装置動作例の波形を示す。第5図は上から系統側電圧、負荷側電圧を示している。ここでは瞬低検出レベルを定格電圧の90%に設定している。この例の場合、51ms(3サイクル)の間、最大電圧低下率64%という瞬



第5図 瞬低補償動作例

時間0で瞬低が発生し、瞬時に瞬低補償動作を行っているため負荷側の電圧はほぼ一定に保たれている。



第6図 交流出力電圧過渡電圧変動特性

瞬低補償時の出力電圧変動特性がJEC-2433クラス2を満たしていることを示している。

低が発生したが、時間0で検出レベルに到達すると瞬時にGTOサイリスタを遮断し、同時にEDLCから交直変換装置を経由して負荷側に給電することにより、お客様の負荷に正常な電圧が継続して供給されている。また、復電時にも電圧変化は生じていない。

今回、定量的な瞬低補償の性能を評価するため、UPSの規格JEC-2433⁽¹⁾の出力電圧過渡変動特性を適用した。第6図に負荷側電圧R-Sの過渡電圧変動特性の評価結果の例を示す。過渡変動曲線が上限値・下限値内に入っており、過渡電圧特性クラス2を満たしている。

6. む す び

現在、6600V系1000kVA～10,000kVAまでの製品系列化が完了し、更に蓄電部であるEDLCの量産工場が2006年4月からすでに本格稼働しており、大容量の本システムの供給体制も整っている。今後更に本システムの導入が進むことで、半導体素子、液晶、プラズマディスプレイ産業や繊維・化学産業における歩留まり、及び生産性の向上に大いに貢献できるものと考えている。

《参考文献》

- (1) 電気規格調査会標準規格 JEC-2433, 2003
- (2) 櫛間良弘：電気工学ハンドブック（第6版）、電気学会
- (3) 電気共同研究第46巻 第3号「瞬時電圧低下対策」、電気共同研究会, 1990

《執筆者紹介》



渡辺純一 Jun'ichi Watanabe
電力変換装置の開発・設計業務に従事



平山一成 Issei Hirayama
電力変換装置の開発・設計業務に従事



紫垣 顕 Akira Shigaki
電力変換装置の設計業務に従事



中島祐輔 Yusuke Nakajima
電力機器のエンジニアリング業務に従事