

電気二重層キャパシタ式瞬低補償装置

近年、情報化社会の進展によりIT関連機器(サーバー用コンピュータ、パソコン等)が広く普及し、半導体や精密機器に代表される高品質・高付加価値製品の製造ラインが増加していることから、瞬間的な電圧低下や短時間停電への対策ニーズが高まってきています。

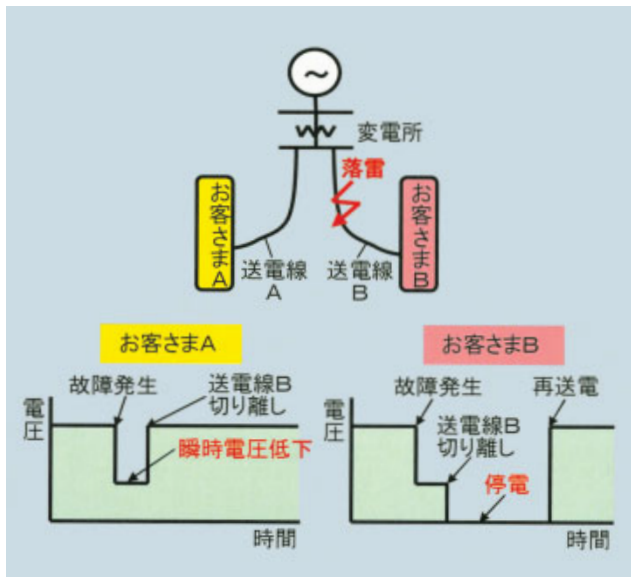
当社では、このような高い電力品質を望まれるお客さまのニーズにお応えするため、高効率・長寿命の電気二重層キャパシタ式瞬低補償装置を開発しました。販売開始から現在までに、低圧器が60台程度、高圧器も数十台の導入実績があり、受注も年々順調に増加しています。以下に、この装置の概要と導入状況について紹介します。

瞬時電圧低下の実態と対策技術

瞬時電圧低下(瞬低)とは、電力系統を構成する送電線等の電力設備で落雷等による故障が発生した場合、保護リレーにより故障検出し、故障箇所を系統から切り離すまでの間(ほとんどが1秒以下の非常に短い時間)、故障点を中心に電圧が低下する現象のことです。この現象は、第1図に示すように故障が発生した送電線に直接接続されていないお客さまに発生します。

瞬低が発生すると、コンピュータの大切なデータが消えたり、工場の設備によっては、製造ラインが停止あるいは誤作動する等の悪影響が出る恐れがあります。影響を受ける代表的な電気設備としては、可変速モータや電磁開閉器、放電ランプ等があります。

瞬低対策には種々の方策があり、選定にあたっては、お客さまの負荷の種類や設備状況、効果等により総合的に判断することになりますが、一般的方策として、無停電電源装置や瞬低補償装置が多く導入されています。



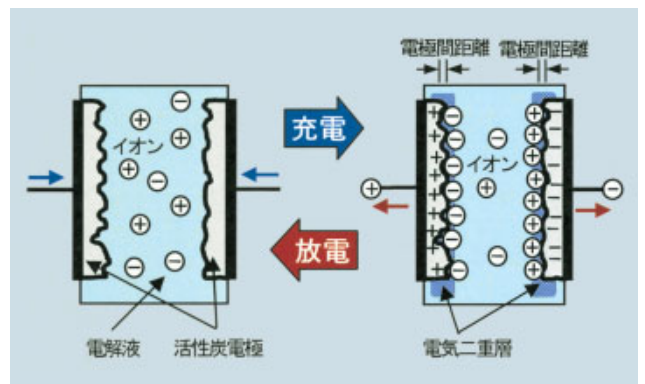
第1図 瞬時電圧低下と停電

電気二重層キャパシタ式瞬低補償装置

1 電気二重層キャパシタとは

電気二重層キャパシタの原理を第2図に示します。電解液の中に電極を入れると、両電極の表面に電解液の分子が並んだ極めて薄い層を形成します。これが電気二重層と呼ばれるもので、コンデンサの絶縁物と同じ働きをすることで電極間距離を数十nmと極めて小さくでき、また、電極に多孔質の活性炭を用いることで電極表面積を数千m²/gと広くできます。そのため、従来の電解コンデンサの約100倍もの電気エネルギーを蓄えることが可能となります。

電気二重層キャパシタは鉛蓄電池等のような化学反応を伴わず、コンデンサと同じように電荷の吸着・脱離により充放電を行うため、繰り返し充放電による劣化が少なく、15年間以上メンテナンスも交換も不要という優れた特長を持っています。また、高効率な充放電特性を活かして、装置の運転効率を高くでき、主要な構成材料は活性炭と有機系電解液で、環境に有害な重金属等を使用していないので、廃棄処理も容易です。



第2図 電気二重層キャパシタの原理

2 装置開発の背景

従来の瞬低の対策方法として導入されている無停電電源装置や瞬低補償装置は、蓄電部に鉛蓄電池や電解コンデンサを使用しており、鉛蓄電池は定期的な保守点検や電池交換(1回/5~7年程度)を要し、廃棄時の回収処理が必要、電解コンデンサは補償時間が短く(0.1秒程度)、瞬断・停電などの送電が停止する条件下では補償不可能などの課題がありました。

電気二重層キャパシタ式瞬低補償装置は、蓄電部用に大容量の電気二重層キャパシタを開発することにより、瞬低から短時間停電(1秒~60秒)までの補償を可能とし、蓄電部のメンテナンスフリーを実現することで、従来装置の課題を解決しました。

本装置は、現在、200V低圧瞬低補償装置(低圧器)として容量50~200kVAを、6600V高圧大容量瞬低補償装置(高圧器)として容量500~10000kVAを、それぞれラインアップしています。

3 装置の概要

本装置の低圧器の仕様を第1表に示します。瞬低補償タイプは補償を瞬低のみに限定することで装置の小型化や低コスト化を図った仕様で、停電補償タイプは短時間停電および非常用発電機と組み合わせることで長時間停電にも対応可能とした仕様です。

低圧器の基本回路構成を第3図に示します。常時は商用電源から切換スイッチを介して直接負荷に電力を供給します(常時商用給電方式)。瞬低・停電が発生すると、商用電源側を切換スイッチで瞬時に切り離し、電気二重層キャパシタから変換器(チョッパ・インバータ)を通して負荷に電力を供給して補償を行います。さらに、商用電源が復電すると、変換器の電圧の位相を商用電源の電圧の位相に同期させてから切換スイッチを投入し、商用電源から負荷への給電を再開するとともに、変換器は電気二重層キャパシタへの充電を開始します。

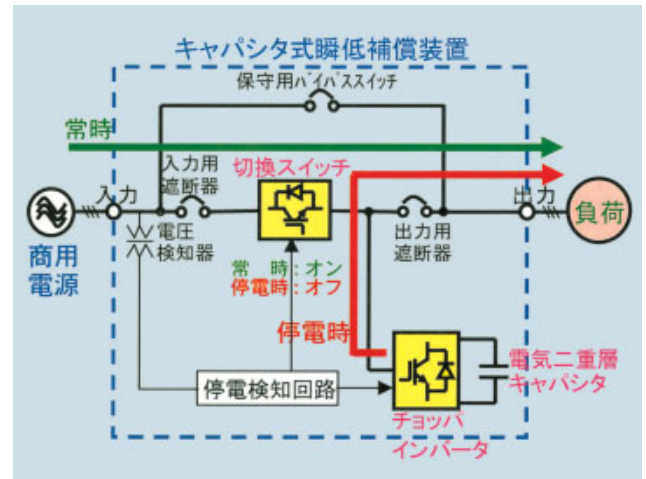
低圧器は、第4図のように、電気二重層キャパシタモジュールを収納したキャパシタ盤、切換スイッチやチョッパ・インバータを収納した変換器盤、入出力端子や装置の点検時等に給電を継続するためのバイパススイッチを収納した入出力盤から構成されています。

本装置の高圧器の仕様を第2表に示します。高圧器は、切換スイッチに高速大容量の半導体素子GCT(ゲート転流型ターンオフサイリスタ)を採用することにより、6600V、500~10000kVAの高圧大容量装置でありながら、低圧器と同様の常時商用給電方式を可能とし、常時の運転効率が98~99%以上とさらに高効率化を図ることができました。

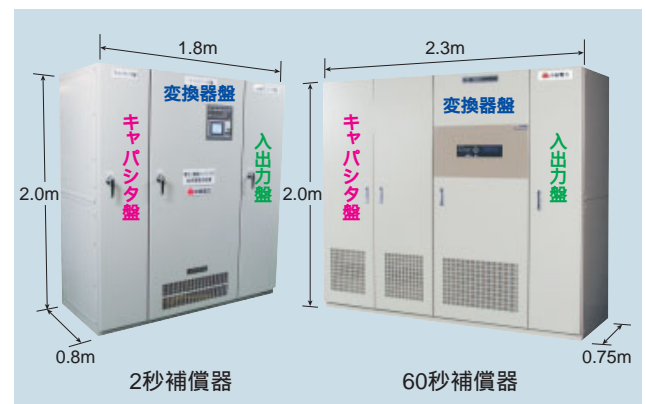
また、2000kVA高圧器の外観を第5図に示します。高圧器は工場の建屋を一括して補償する用途であるため、自立型閉鎖盤構造とし、屋外にそのまま設置できるようにしました(屋内仕様も製作可能)。

第1表 低圧キャパシタ式瞬低補償装置の仕様

項目	仕様	
タイプ	瞬低補償タイプ	停電補償タイプ
補償時間	1秒間、2秒間	1分間
定格容量	50、100、150、200kVA	
定格電圧	三相200V(200~220Vで指定可能)	
運転方式	常時商用給電方式	
切換方式	無瞬断切換(切換時間2ms以下)	
蓄電方式	電気二重層キャパシタ	
常時効率	97%以上	



第3図 低圧キャパシタ式瞬低補償装置の回路構成



第4図 低圧キャパシタ式瞬低補償装置の外観

第2表 高圧キャパシタ式瞬低補償装置の仕様

項目	仕様
補償時間	1秒間、2秒間(20秒間まで製作可能)
定格容量	500、1000、1500、2000、2500、3000、4000、5000、6000、7500、8000、10000kVA
定格電圧	三相6600V
運転方式	常時商用給電方式
切換方式	無瞬断切換(切換時間2ms以下)
蓄電方式	電気二重層キャパシタ
常時効率	98~99%以上



第5図 高圧キャパシタ式瞬低補償装置の外観

4 装置における開発技術

以下のような各要素技術の開発を行うことにより、従来装置の課題を解決した画期的な装置を実現しました。

電気二重層キャパシタ式瞬低補償装置の世界初の実用化

低圧器では、電気二重層キャパシタの電極や分離膜の素材を工夫し、瞬低補償用は内部抵抗を低くし、短時間停電補償用はエネルギー密度を高めることで最適化を図り、蓄電部の小型化、低コスト化を実現しました。低圧器用電気二重層キャパシタの外観を第6図に示します。これにより、電解コンデンサ式では0.1秒程度であった補償時間を1～60秒と大幅に延ばしました。また、高圧器では、電極の大型化、高積層化により、さらなる大出力・大容量の電気二重層キャパシタを開発し、工場の瞬低対策を一括で行える6600V、10000kVA級までの高圧大容量装置を実現しました。



第6図 電気二重層キャパシタの外観

以上の技術開発により、50kVA～10000kVAまでの電気二重層キャパシタ式瞬低補償装置を実用化しました。特に、6600V、500～10000kVAの高圧大容量器は世界でも初めての装置です。

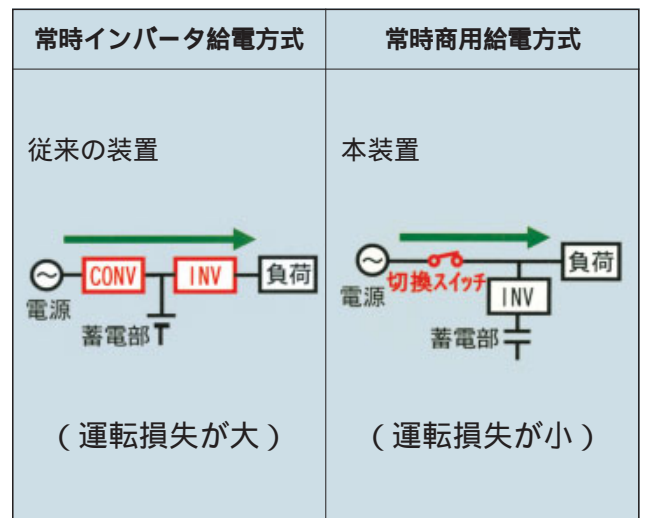
メンテナンスフリーと長寿命化

電気二重層キャパシタの適用により、蓄電部の交換は15年間以上不要で、定期的なメンテナンスも不要となりました。そのため、常時の効率向上による運転コストの低減と相まって、従来に比べて装置の維持費用を大幅に削減することが可能です。

待機時損失の大幅な低減

瞬低補償装置の導入にあたっては、装置の待機状態における経済性も考慮する必要があります。第7図に示すように、従来のほとんどの無停電電源装置に採用されている常時インバータ給電方式は、交流を一旦直流に変換してから再度交流に変換して給電するため、瞬断発生はありませんが、常時2台の変換器を介して負荷に給電するため、損失が大きくなる欠点がありました。

そこで、瞬低・停電時に電源側から変換器側に切り換える切換スイッチに高速半導体スイッチ素子(低圧器はIGBT：絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ、高圧器はGCT：ゲート転流型ターンオフサイリスタ)を採用し、瞬低・停電検出も高速な瞬時値判定方式を開発することで、1/8サイクル(2ms)の高速切換を実現し、無瞬断での瞬低・停電補償を可能にしました。その結果、常時商用給電方式の採用が可能となり、常時の運転効率低圧器で97%以上、高圧器で98～99%以上を実現し、従来に比べて運転損失を約1/5と大幅に低減することができました。



第7図 瞬低補償装置の回路方式

停電および連続瞬低への対応

瞬低・停電発生時に商用電源側を切換スイッチにより高速に切り離し、商用電源と並列に接続された変換器を介して電気二重層キャパシタから負荷に電力を供給する並列補償方式を採用することで、瞬低の補償だけでなく、瞬断・停電などの送電が停止する条件での補償も可能としました。

また、電気二重層キャパシタは高速充電特性を有しており、放電後の再充電も高速に行うことができます。そこで、電気二重層キャパシタの再充電中に瞬低が発生した場合には補償動作を優先させる制御方式とすることで、多重雷等による瞬低の繰り返しにも対応可能としました。

過電流対応

高速切換スイッチには半導体スイッチを使用していますが、変圧器の励磁突入電流や誘導電動機の始動電流等の過電流への対応が重要な課題でした。今回開発した高速切換スイッチは、半導体と機械式のスイッチを併用(低圧器：IGBTにサイリスタ、電磁開閉器を並列接続、高圧器：GCTに遮断器を並列接続)して、過電流をバイパスさせることでこの課題を克服し、装置の信頼性をより一層高めました。

機能性能検証試験とフィールド試験の実施

1 機能性能検証試験

本装置は、停電復電試験を始めとして、絶縁抵抗試験、絶縁耐圧試験、定常特性試験、効率測定試験、過渡特性試験、騒音試験、温度上昇試験、過負荷試験、キャパシタ連続放電試験、高調波測定、不平衡負荷試験、保護運動試験、出力短絡試験等を行い、瞬低補償装置としての基本性能を十分満足していることを確認しました。

2 フィールド試験

210V、50kVAの低圧器の60秒補償器を平成15年1月から12月まで、2秒補償器を平成15年6月から平成16年2月まで愛知県内および長野県内のお客さまの工場にそれぞれ設置してフィールド試験を行い、実稼動状態での瞬低・停電補償動作の確認や連続運転による長期信頼性の検証等を実施しました。フィールド試験中に、60秒補償器で6回、2秒補償器で4回の瞬低が発生しましたが、いずれも問題なく補償できたことを確認しています。

さらに、6600V、2000kVA、2秒補償の高圧器についても、平成16年8月から長野県内のお客さまのハイテク工場に設置してフィールド試験を実施中です。現在までに実際に瞬低が12回発生しましたが、本装置により補償することでお客さまの設備を守ることができました。

高圧器のフィールド試験において、実際に瞬低が発生した時の補償動作波形の一例を第8図に示します。3線地絡故障により83ms(5サイクル)の間、最大電圧低下幅45%の瞬低が発生しましたが、本装置により瞬低補償を行うことで、お客さまの負荷には正常な電圧が継続して供給されています。切替時間も1.2msと仕様の2ms以下を十分満足していることがわかります。

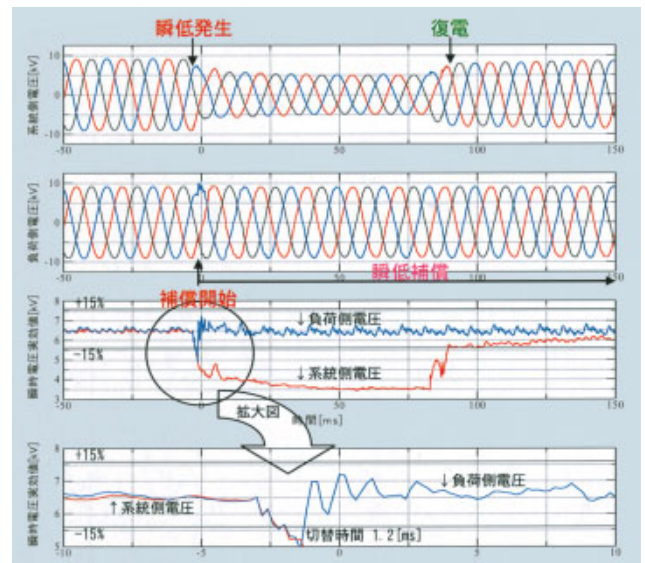
まとめ

省メンテナンス、低運転コストな電気二重層キャパシタ式瞬低補償装置を開発し、200V、容量50～200kVAの低圧器として1秒・2秒補償の瞬低補償タイプと60秒補償の停電補償タイプを平成16年4月から、6600V、容量500～2000kVA、1秒・2秒補償の高圧大容量器を平成17年4月から、それぞれ共同開発メーカーである(株)明電舎、(株)指月電機製作所より販売を開始しました。さらに、現在では、高圧器については容量が10000kVAまで、補償時間が20秒程度まで製作可能となっています。

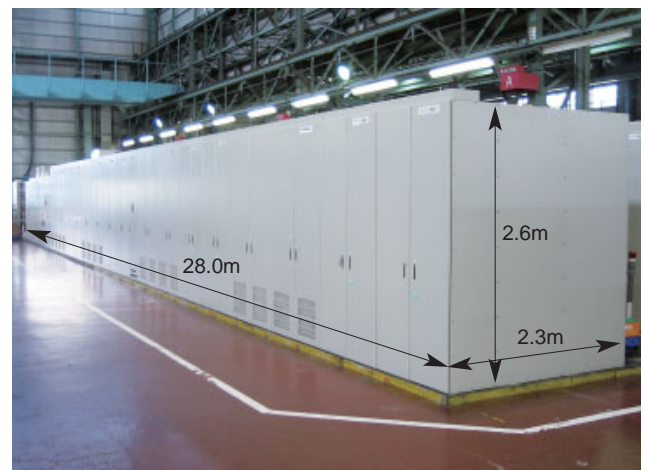
その結果、大規模な工場において、工場内の瞬低に弱い一部設備のみを補償する場合は低圧器を、工場棟単位では500～2000kVAの高圧器を、工場一括あるいは特高バンク単位の補償では2500～10000kVAの高圧器をそれぞれご使用いただくことが可能となり、さらに長時間補償タイプでは高速受電切換装置や即応型非常用発電機との組み合わせにより長時間停電にも対応できる等、お客さまの様々なニーズにお応えできるものと考えています。

また、販売開始から現在までに、低圧器が60台程度、高圧器も十数台の導入実績があり、受注も年々順調に増加しています。導入実績例として、第9図に三重県内のハイテク工場に導入した6600V、10000kVA、1秒補償の高圧大容量器(屋内仕様)の外観を示します。本装置は平成19年2月から運転を開始し、精密機器製造ラインを瞬低から守っています。

当社は、今後とも総合エネルギーサービス企業として、お客さまのニーズにお応えできるよう、技術開発に積極的に取り組んでまいります。



第8図 フィールド試験における瞬低補償波形



第9図 10000kVA高圧キャパシタ式瞬低補償装置