

特 集 論 文

当社のパワーエレクトロニクス事業

— 電力品質改善装置からパワーコンディショナまで —

Topics on Nissin's Special Feature of Power Electronics :
— Power Quality Improvement Device and Power Conditioner —

松 川 満* 織 田 鐘 正*
M. Matsukawa K. Oda

概要

本稿では、当社のパワーエレクトロニクス事業を支えている電力品質改善装置、および新エネルギー関連装置において、現在に至るまでの技術の進歩と主力製品について紹介するとともに、今後の展望について述べる。

Synopsis

In this paper, it is described a technological change and main products in the power quality improvement device and the power equipment for new energy which supported progress of Nissin's power electronics business. Furthermore, describe the future prospects

■ 1. まえがき

1973年にW.E.Newell氏がパワーエレクトロニクス（以下パワエレ）という技術体系を確立、電力・エレクトロニクス・制御技術の融合の必要性を提唱した⁽¹⁾。まさにパワエレの元年であるこの年に、当社のパワエレの歴史は世界初のサイリスタ制御型無効電力制御（SVC）の実用化という形でスタートした。1970年代のオイルショックにより日本の高度成長期は終焉を迎え、国内設備投資が抑制傾向にある厳しい市場環境下、2000年まで、SVCを主力製品として、瞬時電圧低下補償装置や限流遮断装置などの特徴のある工場電源品質改善装置の販売に実績を重ね、それぞれの分野において、国内トップクラスのシェアを維持してきた⁽²⁾。

1997年気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）が京都で開催されて以降、地球環境問題の高まりとともに、再生可能エネルギーの活用ニーズが高まり、当社も太陽光発電システム用パワーコンディショナ（以下パワコン）および太陽光発電システムに関わる技術開発と商品化に注力、事業拡大を計ってきた。2012年まで補助金制度中心に動いたこの事業も、同年7月日本版FIT（再生可能エネルギーの固定価格買取制度）が制度化され、システム

コストの低下による相乗効果もあり、日本国内では、一斉かつ劇的に市場は開花した。反面、太陽光発電システムを含めた大量の分散電源が電力系統に連系される場合の課題も浮上してきている。現在、国の専門委員会や電力会社等で課題解決に向けた技術検討や法整備が進められつつある。

当社も長年培ってきた電力品質改善と系統連系に関わる技術をもとに、これら諸課題解決に向け全力で取り組んでいるところである。

■ 2. 当社パワエレ事業の基盤

・・・PQ（Power Quality）製品の進歩

電力品質改善装置（PQ）の開発は1960年代にスタートし、サイリスタ応用技術や電力系統解析という基盤技術をベースに無効電力制御による系統安定化装置（SVC）を実用化した。図1に、1973年に世界で初めて実用化に成功した鉄鋼向けフリッカ対策用リアクトル電流制御型SVC（22kV.18MVA）のシステム構成を、図2に外観を示す。

これ以降、鉄鋼向けフリッカ対策を中心に、電力各社の系統安定化や新幹線、溶接機、圧延機、スキー場リフト、港湾クレーン、トンネル、ダム工事、風力発電機等の分散

*新エネルギー・環境事業本部

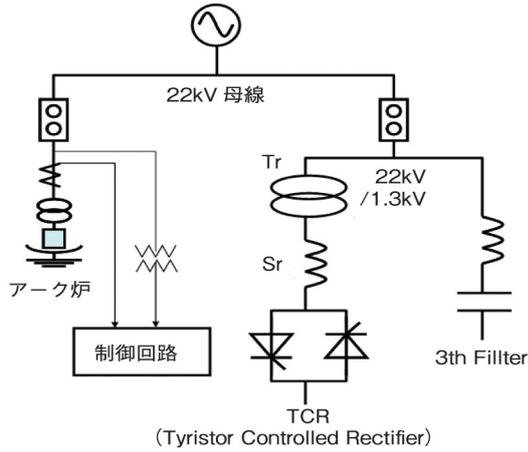


図1 SVCシステム構成

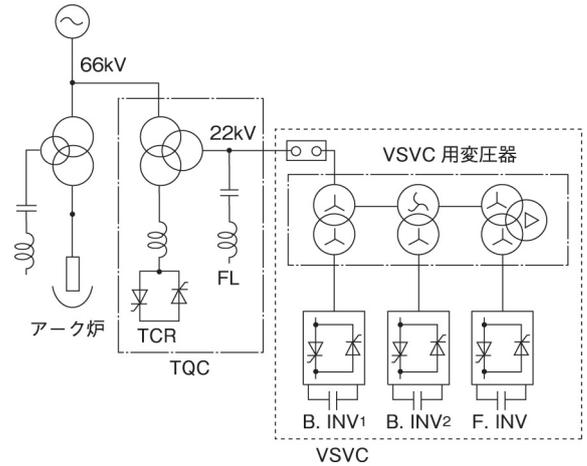
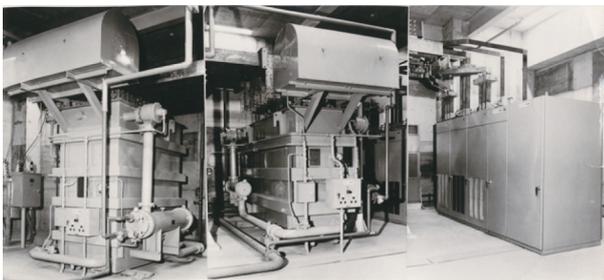


図4 V SVCの主回路構成



降圧変圧器 TR リアクトル SR サイリスタ装置

図2 SVC外観

電源他、多種多様な負荷の電圧変動対策に適用され、これまで、延べ3000MVAの納入実績がある。

また、1994年には、当社としてはじめてDC4500V級の自己消弧形デバイス (GTO : Gate-Turnoff-Thyrister) を採用し、高効率でコンパクトな自励式SVCの開発に成功した⁽³⁾。⁽³⁾ 本装置の特徴は、ベース電圧を確保する低周波GTOインバータ (B.INV) と、波形整形を目的とした高周波GTOインバータ (F.INV) の直列接続によるハイブリッド構成にある。大容量化と高効率化を両立させた当社として初めてのMVA級自励式インバータの技術成果である。図3に装置概観を、図4に主回路構成を示す。



図3 某製鉄所向けV SVCの外観

これらの技術は、瞬時電圧低下対策装置の大容量化へと引き継がれ、工場一括まとめて補償できることを特徴とした大容量瞬低対策装置として商品化した⁽⁴⁾。半導体工場や自動車工場をはじめとする大容量かつ高品質な電源を必要とするお客様のニーズは高い。当社の瞬低対策装置は、文字通り瞬低のみに対応するもので、直列補償方式を採用、直流側にコンデンサでエネルギーを蓄積する方式である。蓄電池に比べ長寿命でコンパクトであることを強みとしてこれまで延べ600台以上納入した。さらに、瞬低だけにとどまらず、停電時にも対応できる大型の無停電電源装置 (当社商標：パワーセーフ) として改良を重ね、2011年、自家発電機とのハイブリッドによる長時間補償が可能なUPS電源を製品化、某日系海外メカ様に納入した。図5にパワーセーフ部の外観を、図6にハイブリッドシステムの構成図を、図7に補償時動作波形を示す。



図5 某社様納入ハイブリッド型UPS (パワーセーフ部) 外観

システム停電発生後、発電機が起動するまで負荷に影響を与えることなく無瞬断で電圧を補償し、発電機電圧確立後は、瞬低補償装置から発電機へと徐々に負荷電力を移行している動作を示している。

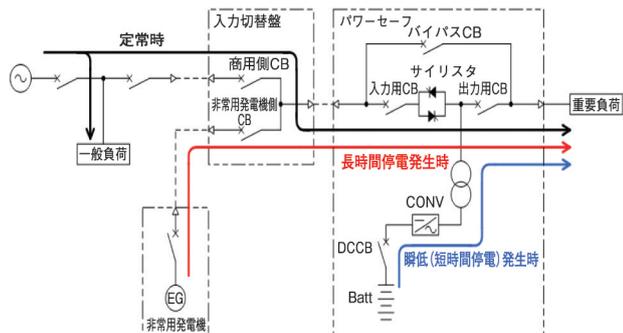


図6 発電機&パワーセーフハイブリッドUPSの構成

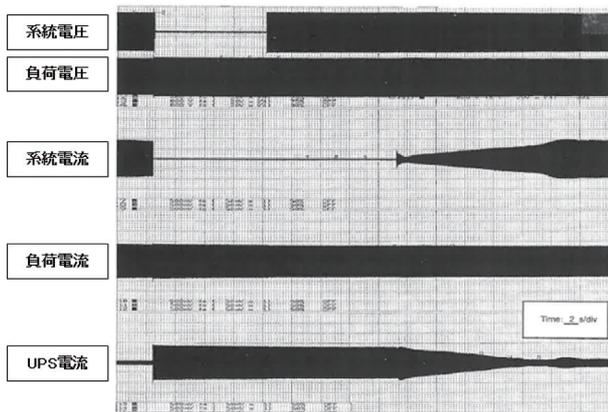


図7 ハイブリッド型UPS動作波形

お客様における海外への事業展開において、工場電源の品質、すなわち展開地域の電力品質は重要な検討要素である。それに伴い海外で電源品質を確保することに苦慮される電気管理者は多い。当社は、瞬低から停電まで最適な補償装置を有していることから、基幹電源の品質レベルに応じた補償装置をご選択いただくことができる。これからも、グローバルに活躍する日本の企業様の安定した電力確保に貢献していきたい。

3. 分散電源用パワーコンディショナの技術開発

3.1 高効率化へのチャレンジ

オイルショックを経験したわが国では、1990年代から、家庭分野、民生分野、産業分野、電力分野を問わず、省エネ、高効率を謳う商品が市場に登場。まさしくそれを可能にした立役者はパワエレである。特に半導体デバイスの高性能(低損失)化、低損失スイッチング制御の実用化、磁性材料の低損失化などの要素技術の進歩は顕著である。当社は、1980年代初頭から、太陽光発電用パワーコンディショナ(以下パワコン)を製品化、±400V(インバータ入力最大電圧DC800V)対応で、当時としては画期的な制御方式であった瞬時空間電流ベクトル制御方式を採用し、100kW定格にて最大変換効率97.0%(6.6kW昇圧Tr込み、1980-90年当時)を達成した。図8に本方

式を採用し、1994年某県企業局様へ納入したシステム写真を紹介する。

21世紀に入る頃から、パワエレの制御はアナログからデジタルへ完全に移行、複雑な制御アルゴリズムも制御プログラムの組み方の工夫で実現できる時代となった。パワエレ技術者にソフト開発能力が必須になり始めた頃である。



図8 某県企業局様100kWWPVシステムとPCS(右上)写真

当社は2003年、まだ大容量変換器には実用化されていなかったソフトスイッチング技術に注目し、将来実用化が期待される燃料電池を電源とする10kVAパワコンをオールデジタル制御を用いて試作した。図9にその概観と変換効率特性を示す。燃料電池は一般的に電圧と電流のバランスが悪く、低電圧大電流の出力特性をもつ。

従ってDC/DCコンバータは必須の変換装置であり、高効率化に向け当社は、ここにインターリーブ型ソフトスイッチング方式を採用し、低損失、低雑音な変換技術を構築した。

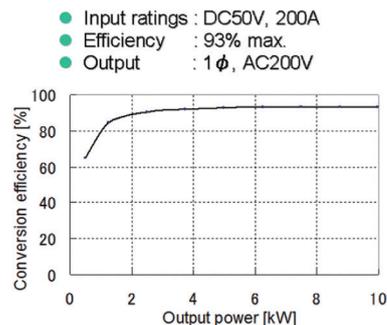


図9 燃料電池用INVと変換効率特性

電力変換器の高効率化には、新型デバイスの採用と最適な駆動回路・冷却技術の開発も重要な選択肢となる。まだ価格に難があるものの着実に定格容量が向上しているSiC(シリコンカーバイド)MOS-FETデバイスを搭載した高周波インバータを、住友電気工業株式会社と共同開発している。2012年には、スイッチング周波数

50kHz、出力24kVAのオールSiCインバータを試作開発した。図10に概要を示す。また当社10kWのPVパワコンでのデバイス置換では変換効率99%（Si比で損失半減）を確認した。SiCデバイスの優れた高周波特性と高温動作特性により、騒音レス、連系リアクトルレス（変圧器利用）、冷却ファンレス等、システム効率の向上とコンパクト化を狙っている。

今後の技術開発によりSiCデバイスの既存デバイスとの置き換えも一気に進んでいくと考えられ、その特徴を最大限に生かすアプリケーション技術や市場開発に注力していきたい。

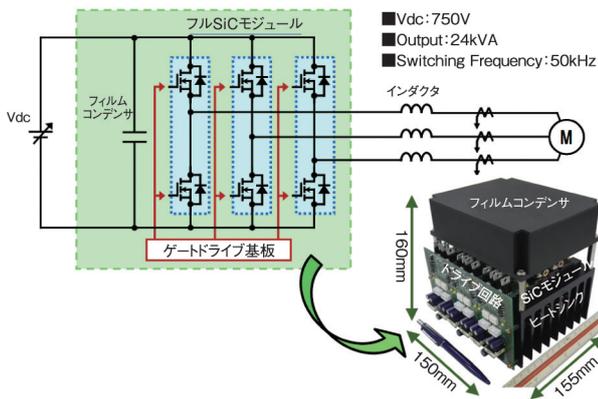


図10 オールSiCインバータ24kVA試作機

3. 2 分散電源大量導入時代に向けたコア技術開発

2012年7月FIT制度が導入されて以降、太陽光発電システムの系統連系容量は急激に増加、今年度は年間9GWに近づく勢いである。大量導入による電源品質と安全性への悪影響が懸念される中、系統連系保護の面では特に単独運転検出機能について長く検討されてきた。通常、単独運転検出のためには、微小な外乱要素を系統へ与えるケースがあり、複数台連系システムでは、少なからず系統へ影響を与えることとなる。また、干渉による機能劣化も課題である。これに対し、低圧配電線に連系されるPCSにおいては、標準型単独運転検出方式規格としてJEM1498が制定されるなど、当面の対応策はとられている⁵⁾。しかし、高圧以上の電圧階級に連系されるメガソーラ対応ではまだ統一化されておらず、各社各様である。当社は次数間高調波注入方式を用いた単独運転検出機能を導入することで、上記課題を克服できると考えている。当社方式の単独運転検出機能を採用したシステムは、パワコンの台数に左右されず、系統へ影響を及ぼすことなく、さらに、瞬時電圧低下などの系統擾乱に対して誤検出せず、停電のみ確実に検出できるという特徴を持つ。図11に本機能を用いたメガソーラシステムの適

用例を示す。本システムでは、各パワコンには固有に単独運転検出機能を持たせておらず、受電点に一括で同機能専用の装置を設けている。パワコンの並列台数の多い数MW以上の大規模メガソーラシステムにおいて主に適用しており、2013年度までに他社システムへの適用も含め多数納入した。今後、1~2MWクラスの小規模メガソーラには、各パワコンに同機能を内蔵させることで、シンプルなシステム構成とし、コストダウンを図っていく予定である。

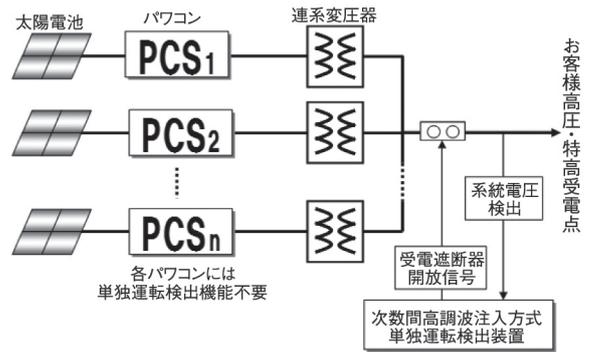


図11 大規模メガソーラシステムの構成例

大量導入による課題の対策として、2014年4月から、FRT機能（瞬低などの系統擾乱に過敏に動作せず不要解列なしに運転を継続する機能）の具備が系統連系規程で義務づけられた。これについては、分散電源導入量が圧倒的に勝っている欧州や中国でいち早く規格化されていた。そこで当社は海外仕様のパワコンの開発を行い、厳格な認証試験が実施されている中国にて、国家能源太陽发电研发中心（略称NESC）が実施するLVRT認証試験を受験し、2013年8月合格した⁶⁾。図12に、NESCにて実施した試験報告書と、検査波形の抜粋を示す。この時得たノウハウをベースにして国内向けパワコンにも同機能を搭載し、独自に構築した社内検証設備を用いて、FRT動作検証を実施し、2017年に連系規定に適用が計画されている最終要件を満足した。また、大量導入により、電力系統では負荷消費量と発電量の量的、時間的な不釣合が発生する。これが配電線電圧上昇や電力系統周波数変動を発生させる。この対策には、二次電池のような有効電力のバッファ機能が必要になる。当社は、これまで鉛、RF（レドックスフロー）、LiB（リチウムイオン）、NiMH（ニッケル水素）、NAS（ナトリウム硫黄）など、多種多様な二次電池を用いて、負荷平準化装置、風力発電用STATCOM、大型UPSなど商品化した。今後は、二次電池の高性能・高信頼化と低コスト化に大いに期待するとともに、これらの二次電池をうまく使いこなすことで、太陽光発電などの自然エネルギーによる電力供給と

電源品質の維持（改善）を両立させるだけでなく、マイクログリッドのような地域限定の電力網から大規模なスマートグリッドまで、環境社会における電力安定供給に貢献していきたい。

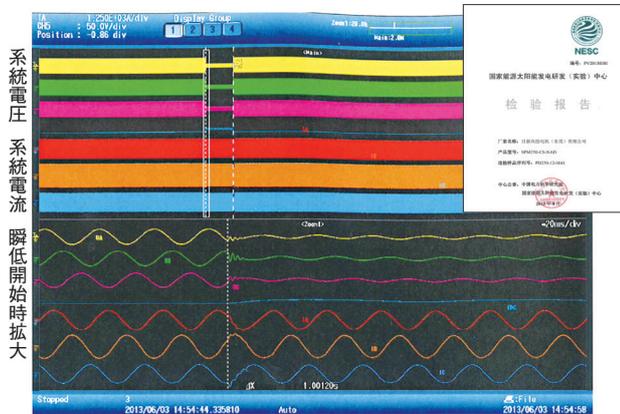


図12 国家電網発行試験報告書（表紙）と驗波形サンプル（試験条件 3LS残電圧20%）

このような背景から、当社ではさまざまな電力マネージメントの検証と再生可能エネルギーの導入拡大のため、日新版スマートグリッドSPSS（Smart Power Supply System）の実証検証を2014年3月から開始した。図13に設備構成概要を示す⁽⁷⁾。

500kWのPVシステム（パワコンは250kW2台と500kW1台の切替可能）と700kWのガスエンジン発電機、および、96kWhの電池電力貯蔵システムを併設している。周波数変動対策などの電源品質維持装置としての役目が主であるが、今後、負荷平準化対策、停電対策としての機能を付加するなど、電池の有効利用に向けた研究を進めていく。

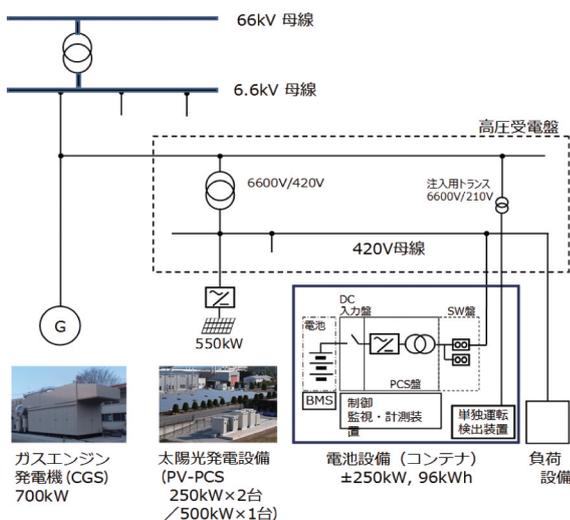


図13 SPSS検証概要図他

4. あとがき

パワエレ事業特集の冒頭にあたり、技術開発に焦点をあててトピックスを紹介した。また当社のパワエレ事業は、電源品質の維持・改善と再生可能エネルギー応用の2つの柱で支えられていることを述べた。この柱の基礎となるものは、高効率化、低コスト化、コンパクト化、長寿命化、状態の遠隔監視等々、お客様にとって魅力ある製品を産みだそうとする強いモチベーションであった。

3年前の大震災で、わが国のエネルギー政策は大きな転換を迫られた。以来、電力供給体制までも先行き不透明な状況におかれている。このような時代においては、これまでのようなお客様第一の思考は勿論のこと、お客様と共に新しい電力供給システム構築を目指してゆくことが重要であると考えている。環境配慮型のサステナブルエネルギー供給システムは、まさにその目標とするものであり、当社の貢献可能な分野である。近い将来、その成果が当社のパワエレ事業を支える3つ目の柱になると確信しており、今後とも、研究開発に全力をあげて取り組む所存である。

参考文献

- (1) William E.Newell, "Power Electronics-Emerging from Limbo" PESC, Keynote Talk (1973.10)
- (2) 西台：「電力系統とパワーエレクトロニクス」日新電機技報、Vol.38、No.3、pp.1-2(1993.12)
- (3) 河崎、多田他：「自励式無効電力補償装置”VSVC”の開発」日新電機技報、Vol.41、No.3、pp.28-34(1996.11)
- (4) 河崎、佐野：「日新の瞬低・停電対策装置」日新電機技報、Vol.49、pp.21-25(2004)
- (5) 日本電機工業会規格：JEM1498「ステップ注入付周波数フィードバック方式」(2012.8制定)
- (6) 国家能源太阳能发电研发（实验）中心、検査報告PV20130381(2013年)
- (7) 荒川他：「当社のスマートグリッドへの取り組み」日新電機技報、Vol.56、No.1、pp.27-33(2011)

執筆紹介



松川 満 Mitsuru Matsukawa
新エネルギー・環境事業本部
新エネルギー事業部
主幹 技術士(電気・電子)



織田 鐘正 Kanemasa Oda
新エネルギー・環境事業本部
新エネルギー事業部長