

大規模太陽光発電用高効率 パワーコンディショニングシステム

Highly Efficient Power Conditioning System for Large Photovoltaic Generation Systems

相河 幸昭 孫六 久幸 宮田 博昭
Aikawa Kosho Magoroku Hisayuki Miyata Hiroaki
五十嵐 洋 永岡 千明
Ikarashi Hiroshi Nagaoka Chiaki

再生可能エネルギーに関する固定価格買取制度の開始などに伴い、太陽光発電設備の導入が世界的に活発化している。構成機器が部分負荷状態で運転される時間が長い太陽光発電では、発電効率と電力系統安定化のため、インバータ装置が重要な役割を果たしている。

日立グループは、3レベルPWMインバータを採用し、従来機に比べてさらなる効率改善を図った次世代PCSを製品化した。今後も年間発電量の増加をめざし、また、長期信頼性に優れたシステムを見据え、太陽光発電システムの普及拡大に貢献していく。

1. はじめに

近年、CO₂排出量抑制の観点から、太陽光や風力など化石燃料を使用せず、発電時にCO₂を排出しない再生可能エネルギーの活用が世界各国で推進されている。

日本政府は、2008年6月、太陽光発電の導入量を2020年までに14,000 MWとすることを宣言し、その後この目標は28,000 MWに引き上げられている。これを受け、電気事業連合会は、全国約30拠点で約140 MWの大規模太陽光発電所を設置する「メガソーラー発電計画」を発表し、メガソーラー発電所の建設・運用が始まっている。

さらに、2011年8月の「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」の成立を受けて2012年7月からスタートした固定価格買取制度により、太陽光発電設備の導入計画は急速に拡大し、現在、国内各所で大規模太陽光発電設備の建設が進んでいる(図1参照)。

一方、海外でもサンベルトを中心とした中東、アジアなど各国で同様の制度が導入され、太陽光発電システムの建設が進んでいる。日立グループは、国内のメガソーラーシステムの建設において、システムインテグレーターとして機器設計から試運転まで行ってきた経験と実績に基づき、年間発電量の最大化に寄与する次世代型PCS (Power



図1 | 大規模太陽光発電設備の外観(茨城県企業局県中央水道事務所)
国内では固定価格買取制度がスタートして導入が拡大し、大規模太陽光発電設備の建設・運用が始まっている。日射量が豊富な中東、アジアなどでもわが国と同様の制度が導入され、太陽光発電システムの建設が進んでいる。

Conditioning System : パワーコンディショニングシステム)を開発した。この製品は日立グループのグローバル戦略の下、海外での現地生産も並行して計画を進めている。

ここでは、大規模太陽光発電設備向けに開発・製品化した2機種の新形PCSについて述べる。

2. 太陽光発電の概要

太陽光発電システムでは、言うまでもなく、太陽光の日射が発電の源泉となる。そのため、発電量は太陽光が降り注ぐ気象条件に大きく依存する。

2.1 日射強度と発電出力

通常、太陽光パネルの発電出力は、パネル温度25度で1 m²当たり1 kWの日射強度があった場合のものである。太陽光の入射角度は季節と時刻によって異なるため、固定架台にパネルを設置した場合は、一般的に日の出とともに発電量が増加し、その日の南中時刻に最大となり、日没にかけて発電出力が低下する。

このため、太陽光パネルの定格最大出力で発電する時間帯は、比較的気温が低く日射が強い季節における真昼のみということとなり、太陽光パネル、PCSや昇圧トランスな

どの構成機器は、定格に対して20～80%といった部分負荷の状態でも高い効率で発電できるようにすることが肝要である。

2.2 PCSの役割

PCSは、太陽光パネルで発電されたDC (Direct Current: 直流) 電力をAC (Alternating Current: 交流) 電力に変換し、電力系統に連系するインバータ装置である(図2参照)。太陽光パネルは、日照状態や端子間電圧に応じて取り出せる電流が変化する特性を持っており、端子間電圧と電流の積で決まる出力電力もこれらに依存する。PCSは、それぞれの日照状態で発電電力が最大になるように、太陽光パネルの端子間電圧を最適値に調整するMPPT (Maximum

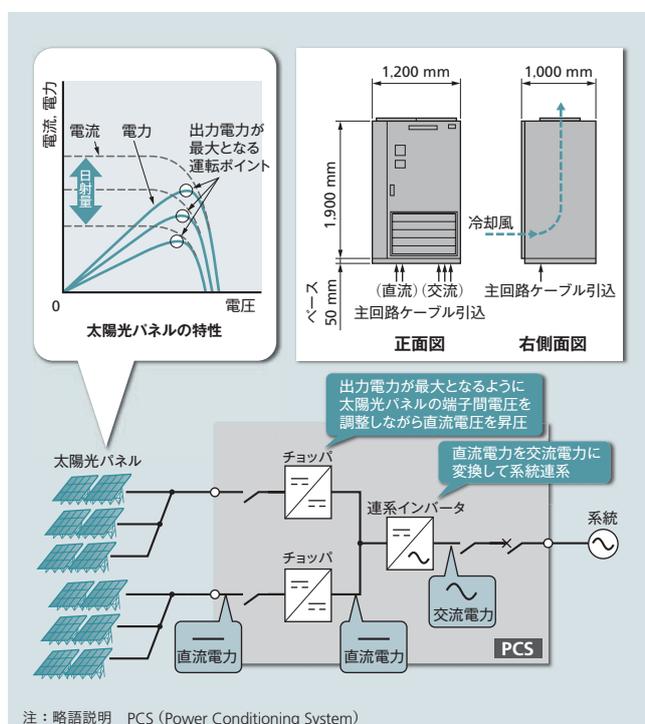


図2 | 太陽光発電システム用PCS

PCSは、太陽光パネルで発電された直流電力を交流電力に変換し、電力系統に連系するインバータ装置である。

Power Point Tracking: 最大電力追従) 機能を備えており、より効率的に発電できるようになっている。

メガソーラー発電システム用の大容量PCSでは、これらに加えて電力系統安定化のための機能が必要となる。日立グループは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、NEDOと記す。)の実証研究などを通して、これまでに系統電圧変動抑制、瞬低(瞬時電圧低下)時運転継続、高調波抑制などの機能を開発して実用化している。

3. 新形機の特徴

日立グループは、2レベルPWM (Pulse Width Modulation) インバータを採用し、トランスレス化や出力電圧の高圧化(400 V化)によって小型・高効率化を図ったPCSを、これまでに国内および海外向けに販売している。今回は昨今の市場拡大を受け、さらなる効率改善を図ったPCSの開発・製品化を行った。

3.1 3レベルPWMインバータの採用

従来、3レベルPWMインバータは、鉄道車両用途や大容量モータ駆動用など、変換器の高圧化と高調波低減が必須な用途に限定して適用されてきた。しかし、近年は600～1,200 Vクラスの3レベルインバータ用IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールが製品化され始めており、部品点数の大幅な増加を必要とせず3レベル化を実現できることから、同方式によって変換効率のさらなる改善を図った次世代PCSの製品化を進めた(図3参照)。

3レベルPWMインバータの採用により、スイッチング損失の低減、フィルタリアクトルの小型化・軽量化・低損失化、高周波ノイズと騒音の低減などが期待できる。損失の低減は、年間発電量の増加に大きく寄与するものである。

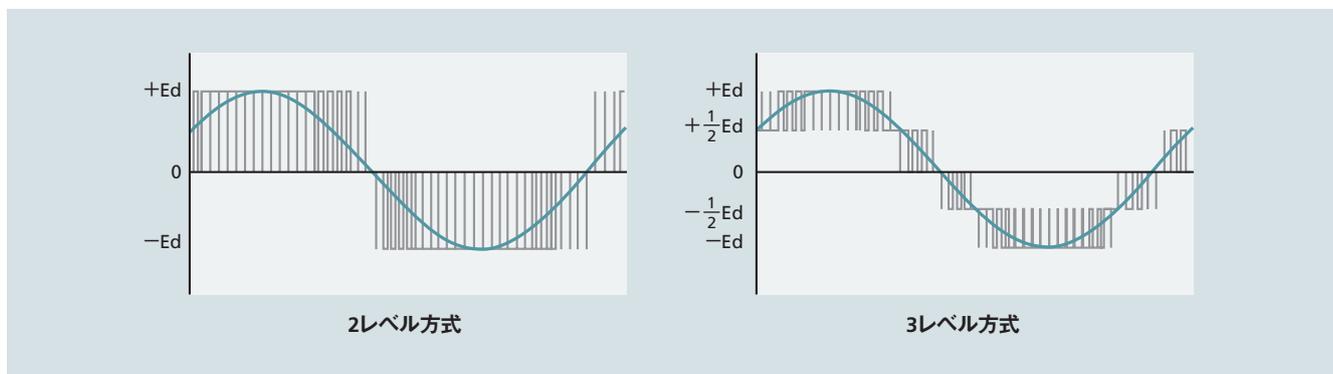


図3 | 2レベル方式と3レベル方式の比較

3レベル方式は、2レベル方式に比較してPWM (Pulse Width Modulation) 波形が正弦波に近く、交流フィルタの小型化が可能である。

3.2 海外仕様機の特徴

海外向けのHIVERTER NP201iは、入力最大電圧1,000 Vに対応した製品として開発したもので、2012年度から販売を開始している。この製品は、トランスレス方式の3レベルPWMインバータによって最大変換効率で98.7%を実現し、同クラスのPCSにおいて世界最高水準^(*)を達成している(図4参照)。

新形機と従来機の変換効率の比較を図5に、HIVERTER NP201iの基本仕様を表1にそれぞれ示す。新形機は部分負荷時を含めた運転範囲全般において変換効率を改善し、低日射時から高日射時まで発電量の向上を実現するとともに、

^(*) 500 kWクラスの大規模太陽光発電用パワーコンディショニングシステムにおいて。2012年10月現在、日立製作所調べ。

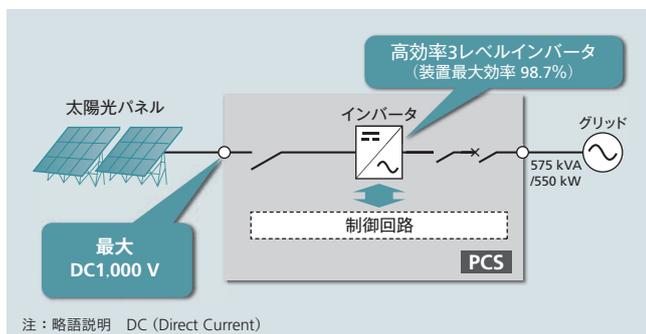


図4 | PCS単線結線図 (HIVERTER NP201i)

トランスレス方式の3レベルPWMインバータにより、最大変換効率で98.7%を実現している。

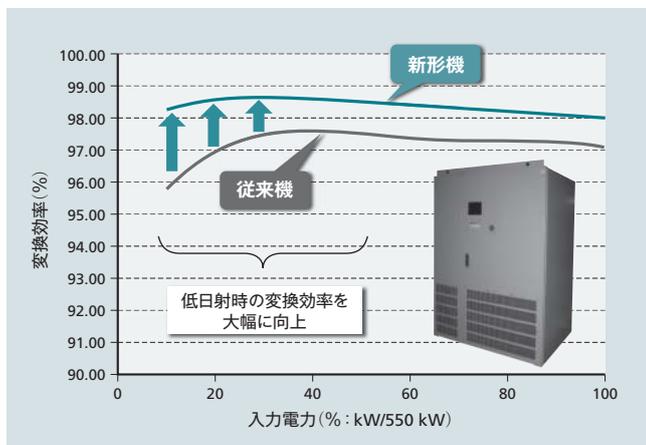


図5 | 変換効率の新旧比較 (海外仕様機)

新形機と従来機の変換効率を比較して示す。

表1 | HIVERTER NP201iの基本仕様

海外向けHIVERTER NP201iの最大出力など基本仕様を示す。

最大出力	550 kW/575 kVA
直流入力最大電圧	1,000 V
運転直流電圧範囲	DC450~900 V
交流出力定格電圧	AC300 V (±10%)
定格周波数	50/60 Hz (±2%)
変換効率	最大98.7% (DC450 V, AC300 V, PF=1.0)
寸法	1,400 (幅)×1,000 (奥行)×1,900 (高さ) (mm)
質量	1,350 kg

注: 略語説明 AC (Alternating Current), PF (Power Factor)

に、小型・軽量化を図っている。

法規改定により、日本国内でも入力最大電圧1,000 Vのシステムが今後拡大すると想定されるが、これにも対応していく予定である。

3.3 国内仕様機の特徴

国内向けのHIVERTER NP203iでは、トランスレス方式の3レベルPWMインバータと入力回路の昇圧チョップによって、DC230~600 Vの幅広い電圧範囲でのMPPT制御運転を可能としたうえで、DC400~500 Vでの変換効率を向上させている(図6参照)。なお、昇圧チョップ回路を入力250 kWの2系統にそれぞれ設置し、系統ごとのMPPT動作を可能としている。

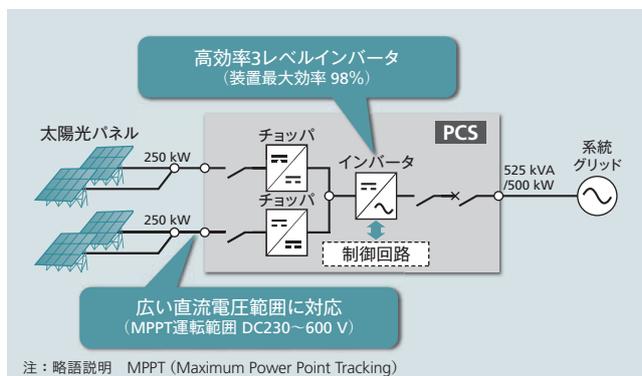


図6 | PCS単線結線図 (HIVERTER NP203i)

幅広い電圧範囲でのMPPT制御運転を可能とし、DC400~500 Vにおける変換効率を向上した。

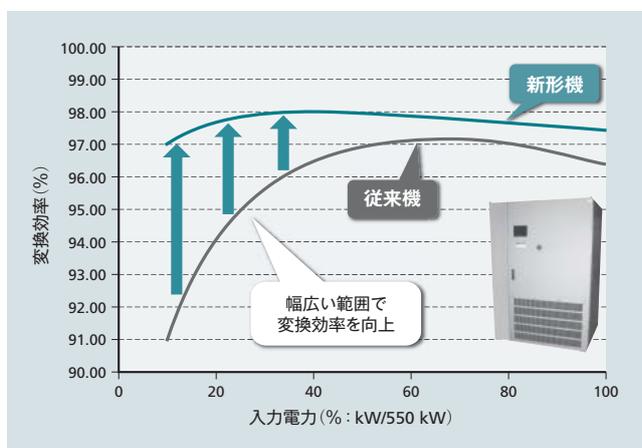


図7 | 変換効率の新旧比較 (国内仕様機)

新形機と従来機の変換効率を比較して示す。

表2 | HIVERTER NP203iの基本仕様

国内向けHIVERTER NP203iの最大出力など基本仕様を示す。

最大出力	500 kW/525 kVA
直流入力最大電圧	660 V
運転直流電圧範囲	DC230~600 V
交流出力定格電圧	AC420 V/440 V (±10%)
定格周波数	50/60 Hz (±2%)
変換効率	最大98% (DC500 V, AC420 V, PF=1.0)
寸法	1,200 (幅)×1,000 (奥行)×1,900 (高さ) (mm)
質量	1,600 kg



図8 | PCS屋外パッケージ外観

HIVERTER NP203iは、大規模太陽光発電設備に適用できる屋外パッケージもラインアップしている。

新形機と従来機の変換効率の比較を図7に、HIVERTER NP203iの基本仕様を表2にそれぞれ示す。

HIVERTER NP203iでは、大規模太陽光発電設備に適した屋外パッケージもラインアップしている(図8参照)。屋外パッケージ内にPCS2台を収納した状態での現地搬入が可能であるため、現地据付け作業を効率よく実施することができ、工期短縮にも貢献できる。屋外パッケージはPCSを外気から遮断するとともに、複数設置した空調機器によって内部を効率よく冷却し、PCSの安定運転を実現する。

4. おわりに

ここでは、大規模太陽光発電設備向けに開発・製品化した2機種の新形PCSについて述べた。

日立グループは、パワーエレクトロニクスとシステム制御技術など幅広い分野の経験と実績に基づき、再生可能エネルギーを取り巻くさまざまな技術開発に取り組んでいる。

大規模太陽光発電設備向けのPCSに関しては、NEDOの委託事業である「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」にも、株式会社NTTファシリティーズの再委託先として参画するなど、早い段階から高効率かつ大容量のPCSの開発に取り組んでおり、ここで紹介したPCSはこれまでの集大成となる製品である。

今後、導入拡大が期待される太陽光発電設備においては、変換効率だけでなく、多種多様な太陽光パネルと組み合わせることで長期間にわたって安定的に発電できるシステムの長期信頼性が極めて重要な要素となってきた。日立グループは、これまでに培ってきた系統連系および再生可能エネルギーに関する技術と経験を生かし、長期信頼性に優れたシステムの普及拡大に取り組んでいく。また、太陽光発電システムとマイクログリッドや蓄電システムなどを組み合わせた柔軟性が高いシステムで、スマートグリッドのさらなる拡大に貢献していく。

執筆者紹介



相河 幸昭

1989年日立製作所入社、電力システム社 電機システム事業部 発電機システム本部 太陽光発電推進部 所属
現在、大規模太陽光発電システムの国内外への事業展開に従事



孫六 久幸

2010年日立製作所入社、電力システム社 電機システム事業部 発電機システム本部 太陽光発電推進部 所属
現在、大規模太陽光発電システムの国内外への事業展開に従事



宮田 博昭

1994年日立製作所入社、インフラシステム社 経営戦略室 経営企画本部 海外事業推進部 所属
現在、Hitachi Hi-Rel Power Electronics Pvt. Ltd.で系統連系インバータ、大容量UPSなどのパワーエレクトロニクス製品の開発設計に従事
電気学会会員



五十嵐 洋

1997年日立製作所入社、インフラシステム社 システム統括事業部 電機システム本部 パワーエレクトロニクス設計部 所属
現在、大規模太陽光発電システム用PCSの設計に従事



永岡 千明

1998年日立製作所入社、インフラシステムグループ インフラシステム総合営業本部 グローバルソリューション推進営業本部 営業第三部 所属
現在、大規模太陽光発電用PCSの海外営業に従事