

リチウムイオン電池対応太陽光発電システム 「ラインバックΣⅢ」の開発

Development of Photovoltaic Generation System “LINE BACK Σ III” Connectable to Li-ion Battery

横 山 昌 央* 遠 藤 浩 輝* 詫 間 隆 史*
横 山 晋 也* Yiga Allan *

Masao Yokoyama Hiroaki Endo Takafumi Takuma
Shinya Yokoyama Yiga Allan

Abstract

A power conditioner “LINE BACK Σ III” has been developed for a photovoltaic system capable of connecting Li-ion Battery to the system. This power conditioner consists of 10 kW 3 phase output inverter units connected in parallel to give an output of 10 to 50 kW. This power conditioner can be connected to the grid and is also equipped with functions that allow isolated and peak-cut operations. This system can also be used for demand control purposes such as load leveling since Li-ion battery is suitable for repeated fast charge and discharge operations.

Key words: Li-ion battery; Peak cut operation; Load leveling operation

1 まえがき

東日本大震災以降、原子力に代わるエネルギー源の一つとして、太陽光発電システムが注目されている。また、電力不足が社会問題となり、停電対応のみならず節電対策の意識も高まってきた。節電対策として、電力需要のピークにあたる時間帯の電力消費を低くおさえる「ピークカット」や、夜間などの比較的電力需要の少ない時間帯に、電気を使用する時間を移す「ピークシフト」があげられ、停電時以外にも蓄電池を有効活用する動きも注目されてきた。2012年3月に開始されたリチウムイオン電池の補助金制度も蓄電池普

及の後押しとなっている¹⁾。

当社は、これまでに鉛蓄電池を搭載した太陽光発電用パワーコンディショナとして、「ラインバックΣプラス」や「パワーソーラーシステム」を開発してきた。今回新たに、補助金の対象となるリチウムイオン電池に対応した「ラインバックΣⅢ」を開発した。リチウムイオン電池は鉛蓄電池に比べ、充放電頻度の高い繰り返し用途に適していることと、短時間の充放電の電力変化に適しているという利点を有する。これにより、停電時の自立運転のみならず、節電対策のピークカット運転やピークシフト運転においても性能を発揮する。以下、開発した「ラインバックΣⅢ」の概要についてのべる。

* 産業電池電源事業部 電源システム生産本部 開発部

2 外観および仕様

開発した「ラインバックΣⅢ」および使用するリチウムイオン電池の外観をそれぞれ Fig. 1, Fig. 2 に示す。「ラインバックΣⅢ」は、すでに商品化している「ラインバックΣプラス」と「ラインバックαⅢ」をベースに開発した。その外観は「ラインバックΣプラス」と同様の設計としたことにより、「ラインバックΣプラス」と置き換え可能とした。また、太陽電池の最大電力追従範囲は「ラインバックΣプラス」の DC 200 ~ 400 V から、「ラインバックαⅢ」と

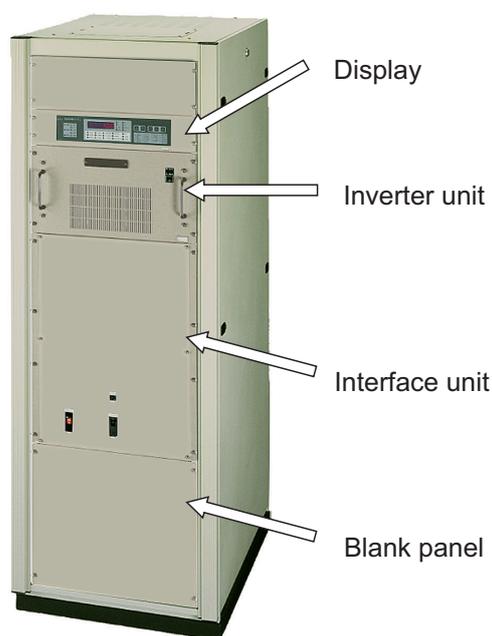


図1 「ラインバックΣⅢ」の外観
Fig.1 Exterior of "LINE BACK Σ III".



図2 リチウムイオン電池モジュールの外観
Fig.2 Exterior of Li-ion battery module.

同様の DC 200 ~ 550 V に広げた。これにより、太陽電池の直列枚数の選択幅が広がり、顧客ニーズに幅広く対応することが可能となる。さらに、「ラインバックΣプラス」は鉛蓄電池対応であることから、パワーコンディショナの置き換えを考慮し、「ラインバックΣⅢ」ではリチウムイオン電池のみならず従来どおりの鉛蓄電池も対応可能にしている。Table 1 にパワーコンディショナ、リチウムイオン電池 LIM50E-12G2-2C、鉛蓄電池 MSEX-50-168 の各仕様をまとめて示す。リチウムイオン電池と鉛蓄電池を同容量の条件にて比較すると、蓄電池盤の配置床面積において、リチウムイオン電池は鉛蓄電池に対し約 62% の省スペース化をはかることができる。

表1 パワーコンディショナと蓄電池の仕様
Table 1 Specifications of power conditioner and battery.

(a) Power conditioner	
Items	Specifications
Invert method	Voltage-type current control method (During utility-connected operation)
Wiring system	3 phase 3 wire
Rated input voltage	DC 400 V (Photovoltaic cells) DC 355 V (Li-ion battery) DC 336 V (Lead-acid battery)
Rated output voltage	AC 202 V
Maximum power point tracking range	DC 200 - 550 V
Rated capacity	10 - 50 kW
Conversion efficiency	94%

(b) Battery cabinet for Li-ion battery	
Items	Specifications
Battery	LIM50E-12G2-C2 × 8
Rated voltage	355 V
Number of cells	96 cells
Rated energy capacity	16.9 kWh
Size	W400 × D800 × H1900 (mm)

(c) Battery cabinet for lead-acid battery	
Items	Specifications
Battery	MSEX-50-168
Rated voltage	336 V
Number of cells	168 cells
Rated energy capacity	16.8 kWh
Size	W1200 × D 700 × H1900 (mm)

3 システム概要と構成

Fig. 3に「ラインバックΣⅢ」の回路構成を示す。標準のパワーコンディショナは、インバータユニット、入出力ユニット、表示ユニットで構成される。さらに、充放電ユニットを搭載することで、蓄電池が接続可能となる。この構成で、太陽光発電システムとしての連系運転と、停電時に太陽電池や蓄電池から負荷に電力を供給する自立運転、さらには蓄電池を使用することによりピークカット運転やピークシフト運転をおこなうことができる。

インバータユニットは単機が10 kWであり、20 kW以上のシステムではユニットを複数台(5台まで)並列接続することにより構成できるようにした。これにより、10～50 kWまでの各容量に柔軟に対応でき、また、ユニットの標準化をはかることが可能となる。さらに、「ラインバックΣⅢ」では、外部からの電力指令値を受信することにより、充放電電力を任意に変更できるようにした。電力指令値信号としてはアナログの4～20 mAと、通信のRS-485の2入力を用意し、様々な形式の指令に対応できるようにした。

リチウムイオン電池を使用する場合には、蓄電池監視装置を設ける必要がある。「ラインバックΣⅢ」では、この監視装置と通信することにより、リチウムイオン電池の状態をリアルタイムに把握することができ

る。また、「ラインバックΣⅢ」では、システムの利用に応じて蓄電池の仕様を変更することができる。

以下、「ラインバックΣⅢ」が対応可能な3種類のシステム構成について述べる。

3.1 一般的な太陽光発電システム

「ラインバックΣⅢ」は、一般的な系統連系太陽光発電システム用パワーコンディショナとしての特性を有している。蓄電池を搭載しない、または未使用のシステムにおいては、太陽電池の発電電力を系統に逆流することができる。Fig. 4に一般的な太陽光発電システムの構成を示す。

3.2 停電対応システム(自立運転)

「ラインバックΣⅢ」には、停電時に特定の負荷へ電力を供給することができる自立運転機能を搭載している。蓄電池を併設することにより、雨天や夜間の停電時においても、パワーコンディショナの定格容量まで電力を安定に供給することができる特長を有している。

電力系統が健全な場合は、昼間は一般的な太陽光発電システムとして動作し蓄電池は接続しないが、夜間は充電をおこない蓄電池を常時、完全充電状態に維持し、停電に備えている。停電が発生した場合は全自動で自立運転に切り替わり、特定負荷に電力を供給することができる。Fig. 5に、その自立運転における停電対応システムの電力フローを示す。

一方、系統が復電した場合は、全自動で自立運転を

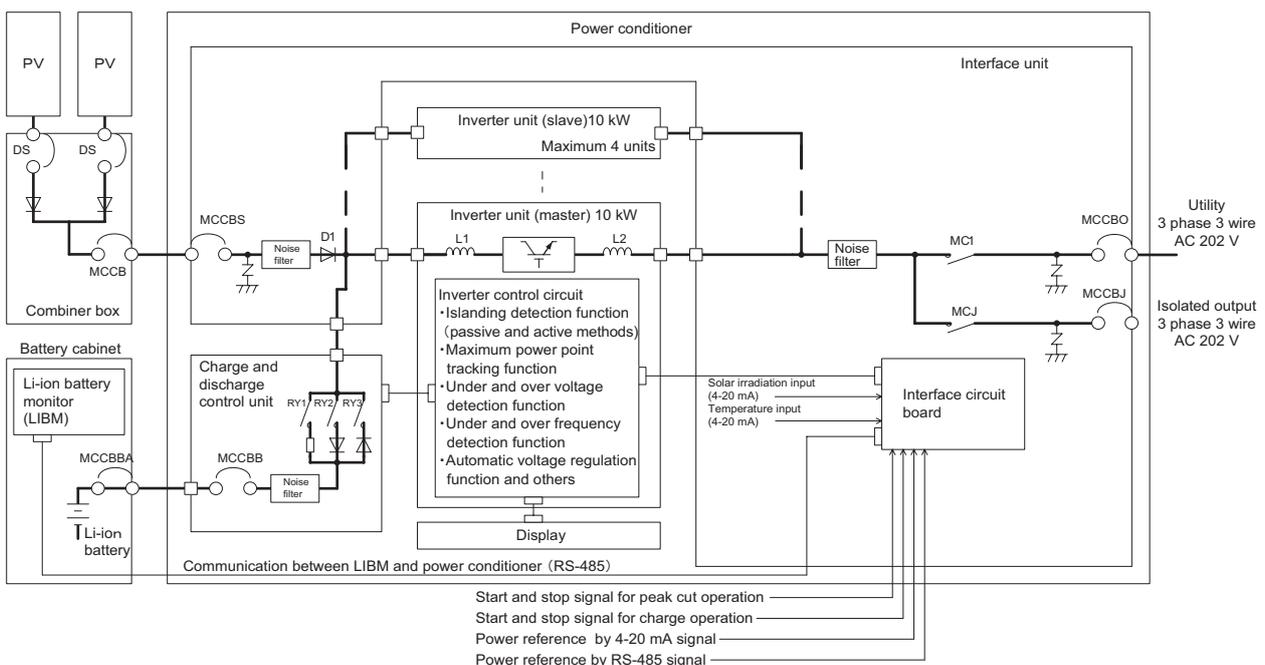


図3 ラインバックΣⅢ回路構成
Fig. 3 “LINE BACK ΣⅢ”circuit configuration.

停止し、連系運転に移行する。このとき、太陽電池と系統からの充電運転に切り替わり、蓄電池残存容量が約100%となるまで充電するので、つぎの停電に備えることができる。

3.3 ピークカット対応システム

「ラインバックΣⅢ」では、電力を監視している外部機器からの接点信号により、放電運転を開始することができる「ピークカット」対応のシステムも搭載している。「ピークカット」とは、電力需要のピークにあたる時間帯の電力消費を低くおさえる節電対策のことを意味する。Fig. 6にピークカット動作の電力のイメージを示す。図に示すように、蓄電池から電力を放電することで、受電電力を契約電力以下に維持することが可能となり、受電容量の低減が期待できる。「ラインバックΣⅢ」のピークカット対応システムの構成をFig. 7に示す。図のように、電力を監視している外部機器から接点信号を受信することで、ピークカット動作に移行することができ、太陽電池の発電量にかかわらず、電力を出力することが可能である。

また、このシステムは必ずしも太陽電池を必要とせず、蓄電池のみで動作することもできる。太陽電池の設置には広大な土地を必要とするが、蓄電池のみの場合には必要最小限のスペースでシステムを構築することが可能となる。

さらに、オプションにより外部機器からのRS-485

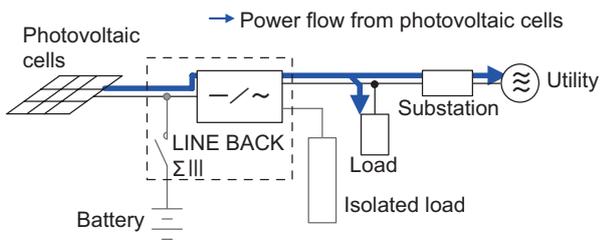


図4 一般的な系統連系太陽光発電システム
Fig. 4 Utility-connected photovoltaic system.

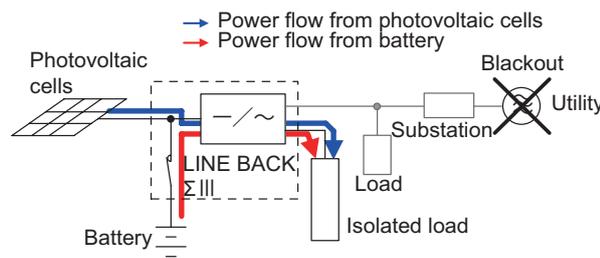


図5 停電対応システムの電力フロー
Fig. 5 Power flows in isolated operation system.

通信や4-20 mA信号による電力指令値信号を受け取ることで、放電のみならず充電もシームレスかつニアな電力制御（デマンドコントロール）が可能になる。放電から充電は1秒以内の切り替えを実現しており、高速に応答することができる。これにより、負荷平準化が必要なロードレベリングシステムにも対応することが可能となる。Fig. 8に負荷平準化の電力シフトイメージを示す。図は受電電力の変化に応じて蓄電池電力を変化させているイメージであり、充放電電力を逐次変化させていることがわかる。太陽光や風力などの発電電力が天候に左右されやすいシステムに対しても、発電電力変動を抑制する効果が期待できる。なお、蓄電池から電力系統への逆潮流は禁止されているため、ピークカットシステムでは必要に応じてRPR（逆電力継電器）などの設置が必要となる。

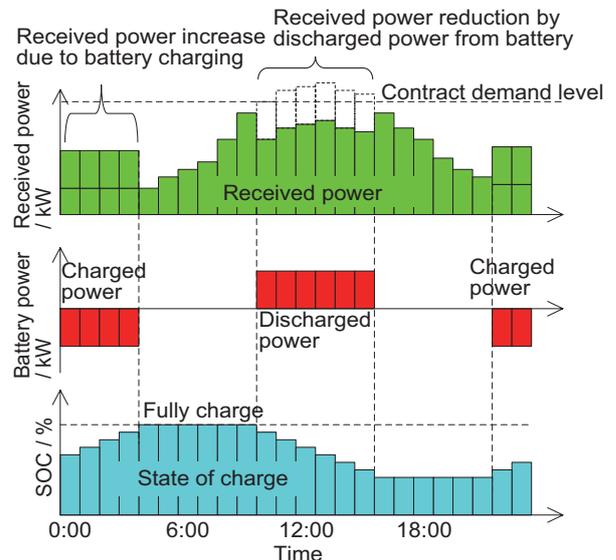


図6 ピークカットシステム作動時における消費電力のカットおよびシフトイメージ
Fig. 6 Cutting and shifting images of power consumption for peak cut system operation.

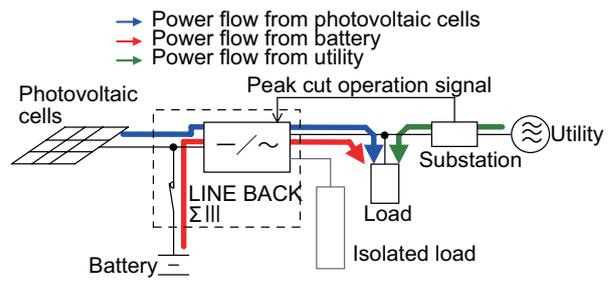


図7 ピークカット対応システム作動時の電力フロー
Fig. 7 Power flows of peak cut system operation.

4 特性

Fig. 9に「ラインバックΣⅢ」の力率および効率の特性を示す。本パワーコンディショナの開発にあたっては、効率向上にも目を向け、主要部品を再検討し変換効率94%を達成した。また、使用している主要部材も「ラインバックαⅢ」と共用化をはかることで、

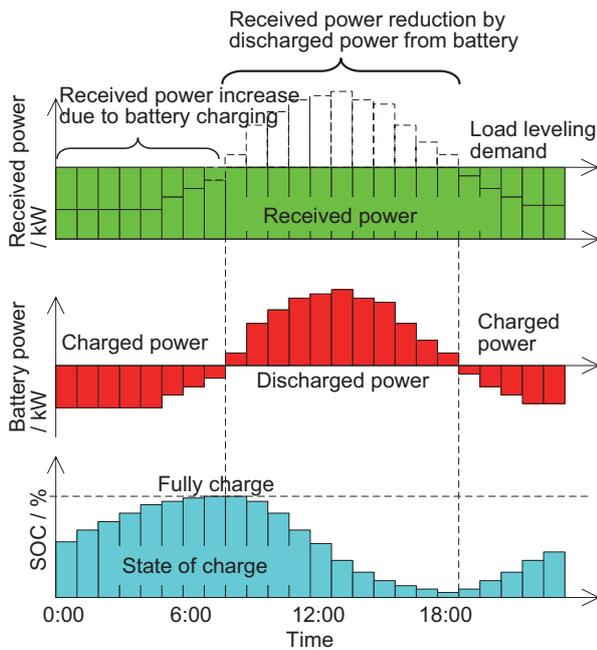


図8 電池貯蔵電力による負荷平準化動作の電力シフトイメージ
Fig. 8 Power-shifting image of load leveling operation by battery storage power.

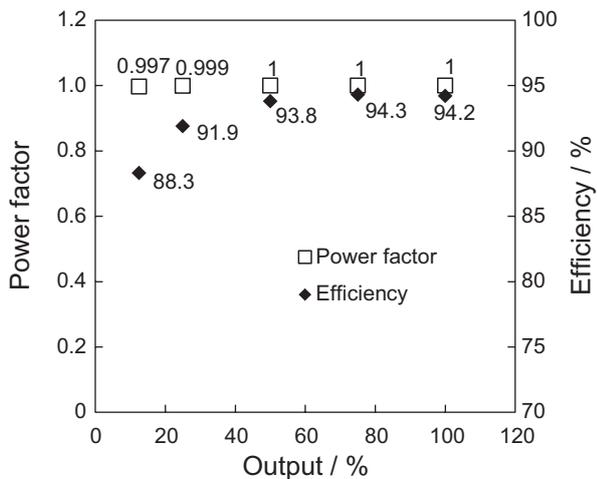


図9 ラインバックΣⅢの出力に対する効率および力率
Fig. 9 Conversion efficiency and power factor for “LINE BACK ΣⅢ” output.

部品納期や在庫管理を一元化し、コストダウンにも寄与することができた。

つぎに、ピークカット運転の検証結果を示す。簡単化のため、電力監視外部機器からピークカット運転信号を受信する前後のパワーコンディショナ出力の応答について確認した。Fig. 10は、太陽電池の出力5kW、電力指令値10kWの状態では、電力監視外部機器からピークカット運転信号を受信した場合の動作結果の一例を示す。図より、5kWの通常連系運転状態から、電力監視外部機器よりピークカット運転信号を受信後に、蓄電池から5kW追加放電し、全体で指令値通り10kWを放電していることがわかる。以上より、ピークカット動作として問題ないことを確認できた。

また、ピークカット対応システムや負荷平準化対応システムにおいて、電力はリアルタイムで変化することが想定されるため、電力の指令値を受けてからのパワーコンディショナ出力応答時間も考慮する必要がある。Fig. 11に電力監視の外部機器からの電力指令値信号(RS-485通信)が急変した場合の電力変動結果の一例として、放電100%から充電100%に切り替る動作の場合のものを示す。遷移時間においては特に規定はないが、本パワーコンディショナでは、電力指令を受けてから出力電力に反映させるまでの応答時間が0.7秒であり、1秒以内のシームレス制御を実現することができた。

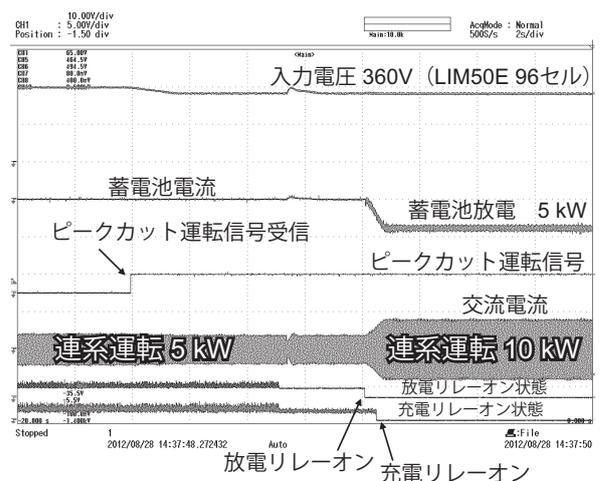


図10 電力監視装置からの指令信号による「LINE BACK ΣⅢ」出力のピークカット動作確認結果の一例
Fig. 10 A result on peak cut operation by comand signal from power monitoring system for “LINE BACK ΣⅢ” output.

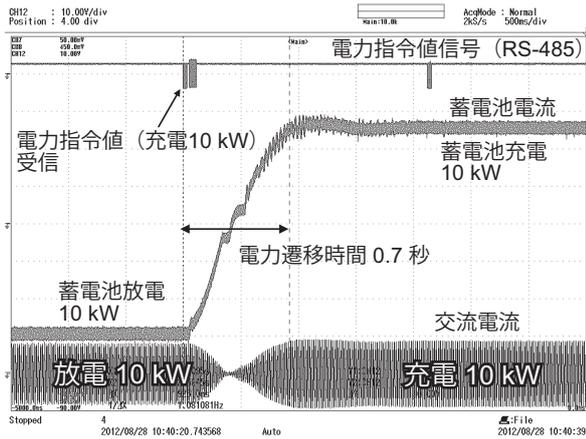


図 11 RS-485 通信による電力指令値による電池の充放電切り替え急変時の電力変動試験結果

Fig. 11 Power fluctuation due to rapid change from discharging to charging of battery by power comand signal of RS-485 communications.

5 まとめ

以上、今回開発したリチウムイオン電池対応太陽光発電システム用「ラインバックΣⅢ」の概要について報告した。本製品により、太陽光発電システムや停電対応システムのみならず、リチウムイオン電池の特性を利用したピークカット対応システムや負荷平準化対応システムについても対応可能とした。

クリーンエネルギーに対する社会の関心は高まる一方であり、そのニーズに応じていくために今後もさらなる研究・開発をおこなっていく所存である。

文献

1. 経済産業省ホームページ, <http://www.meti.go.jp/>.