

特 集 論 文

「システムUPS」実証設備の開発

Development of “System UPS” Demonstration Facility

宇 田 怜 史*	邱 大 偉*
S. Uda	D. Qiu
柏 原 弘 典*	福 田 有 貴*
H. Kashihara	Y. Fukuda
岡 崎 直 哉*	河 崎 吉 則*
N. Okazaki	Y. Kawasaki
西 村 莊 治*	小 林 猛**
S. Nishimura	T. Kobayashi

概要

「システムUPS」は、[蓄電池設備+非常用発電機]という組み合わせで、負荷ピークカットとBCP（瞬低・停電対策）の両方を実現することをコンセプトとして開発している。構成機器や制御・運用方案の検証を通して、SPSS（Smart Power Supply Systems）事業に新たな顧客価値を提供するソリューションの実現を目指している。本稿は、システムUPSの開発と当社前橋製作所での実証状況について報告するものである。

Synopsis

“System UPS” has been developed to realize both of load peak-cut operation and BCP (countermeasure for power supply interruption) by combination of battery energy storage equipment and emergency generator. We will describe the circuit configuration, the operation principle and the outline of demonstration facility (in our Maebashi Factory) of “System UPS”, which is expected to strengthen our SPSS (Smart Power Supply Systems) business.

1. はじめに

東日本大震災及びその後の電力供給のひっ迫を経験した我が国は、FIT（固定価格買取制度）導入と電力システム改革により、太陽光発電などの再生可能エネルギー（以下、再エネ）導入加速、電力の小売り自由化に伴う新電力の増加など大きな変化の時代を迎えている。当社ではこの変化に対して、SPSS（スマート電力供給システム）と呼ぶソリューションの実証と提案活動を行っている。

本稿では、SPSS事業の拡大を狙って、蓄電池設備と組み合わせることにより、非常用発電機をピークカットとBCP（瞬低・停電対策）に活用するエネルギーソリューションシステムであるシステムUPSについて、開発コンセプトと開発状況を報告する。

* 研究開発本部
** 知的財産部

2. 開発コンセプト

2.1 開発コンセプト

システムUPSの開発コンセプトは、未活用の非常用発電機を蓄電池システムと組み合わせて、ピークカットと瞬低・停電対策に活用するシステムの実現である。

未活用の発電機とは、震災後の原発停止を受けて、電力の需給ひっ迫の対策として実施された輪番停電に対するバックアップ電源として導入された非常用発電機のことを指す。その推定台数は図1から、4年間（2011～2014年）で1万台程度と見込まれる。この非常用発電機を活用したシステムUPSの回路構成・動作原理を図2に示す。

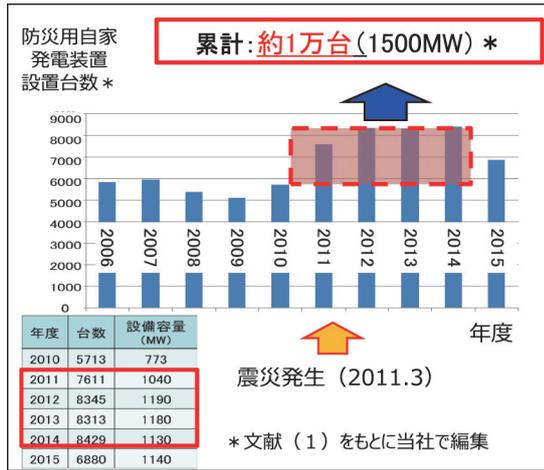


図1 未活用発電機の推定台数

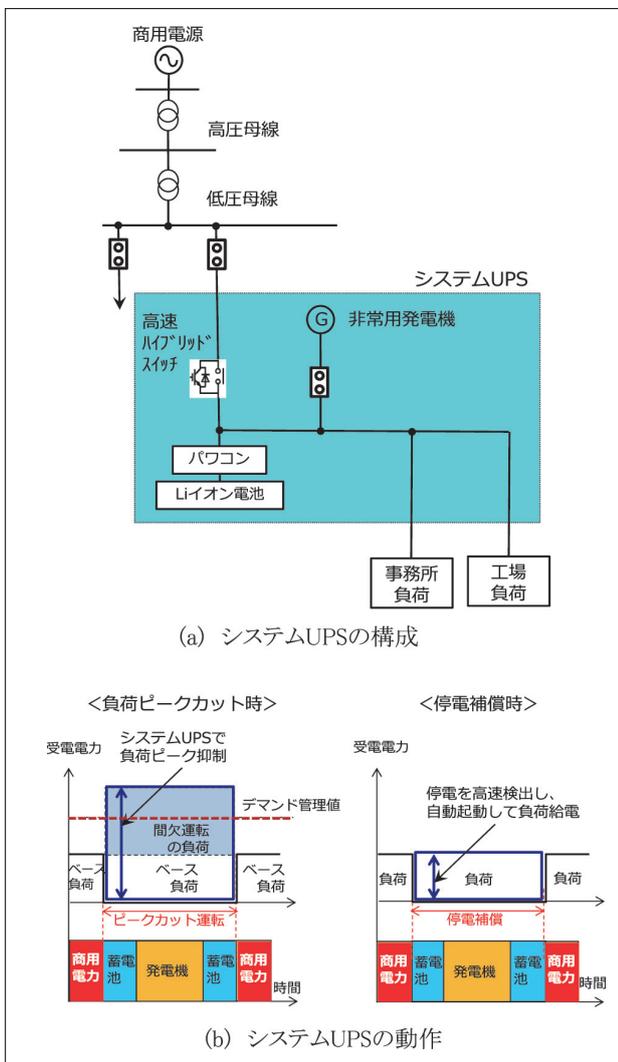


図2 システムUPSの構成と動作

BESS (電力貯蔵用電池システム: パソコンと蓄電池で構成), 非常用発電機, 高速ハイブリッドスイッチを用いて, 常時商用給電方式UPSの構成とする。

常時は商用電力で負荷に給電するが, 瞬低・停電やデマンド警報が発生すると, 高速ハイブリッドスイッチで商用系統から切り離し, BESS・非常用発電機で負荷への給電を継続する。非常用発電機は起動に時間がかかる(10~40秒程度)ため, その間は蓄電池でカバーすることで, シームレスに負荷への電力の供給を継続することができる。すなわち, 本システムを導入することで, 下記の導入効果が期待できる。

- (1) ピークカットによる契約電力削減
- (2) BCP (瞬低・停電対策) の実現: 雷などにより突然発生する瞬低や停電時も安定的に電力供給

2. 2 従来方式に対するシステムUPSの特徴

(1) 低損失・高速切替動作の実現

系統からの切り離しに高速ハイブリッドスイッチを用いることで, 高速切替(2m秒以下)の性能に加えて, スイッチ自体の常時運用時の損失0%を実現した(補機の損失分を考慮しても0.5%以下)。これは常時インバータ給電方式(損失5%)や半導体スイッチを用いた常時商用給電方式(損失2%)と比較して大幅な効率改善となる。

(2) 装置のコンパクト化とイニシャル・ランニングコスト削減

蓄電池の放電は発電機起動時間(10~40秒)と系統再連系時間を合わせて1分未満となるので, 1分容量の短時間高出力可能なリチウムイオン電池を用いることで, イニシャルコストの削減とコンパクト化を実現できる。想定した使用頻度であれば, 蓄電池交換が15年不要と考えられる。

2. 3 高速ハイブリッドスイッチの原理・特徴

高速動作・低損失実現のために今回採用した高速ハイブリッドスイッチは図3に示すように, 機械式スイッチと半導体スイッチ(IGBT採用)の並列接続構成としている。

高速ハイブリッドスイッチの電流遮断時の動作は,

- ① 常時は機械式スイッチを通して負荷に給電する(半導体スイッチはOFF状態)。
 - ② ピークカット運転指令, あるいは瞬低・停電検出信号を受けると, 機械式スイッチを開放すると同時に半導体スイッチをONさせる。
 - ③ 機械式スイッチ開放時に負荷電流は半導体スイッチに転流する。
 - ④ 半導体スイッチをOFFにして, 高速ハイブリッドスイッチの電流遮断を完了とする。なお, この時には電力がBESSから負荷に供給される状態になる。
- 以上の①~④の動作によって, 低損失(0%)と高速切替(2m秒以内)を両立することが可能となる。

「システムUPS」用の高速ハイブリッドスイッチは、

機械式スイッチと半導体スイッチを組み合わせ、

- 低損失：常時は、ほぼ損失“ゼロ”
- 高速：2m秒以内に電流遮断

を実現

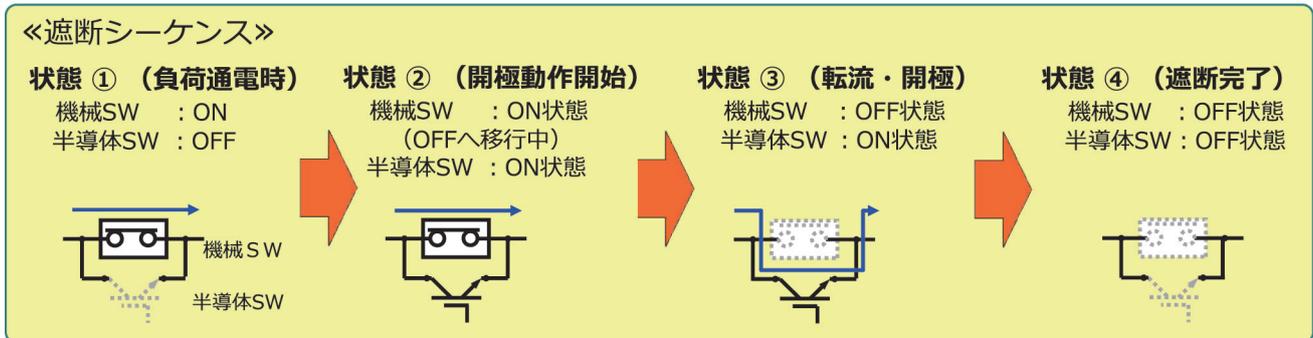


図3 高速ハイブリッドスイッチの構成と動作

3. シミュレーションによる事前検証

3.1 リアルタイムシミュレータの活用

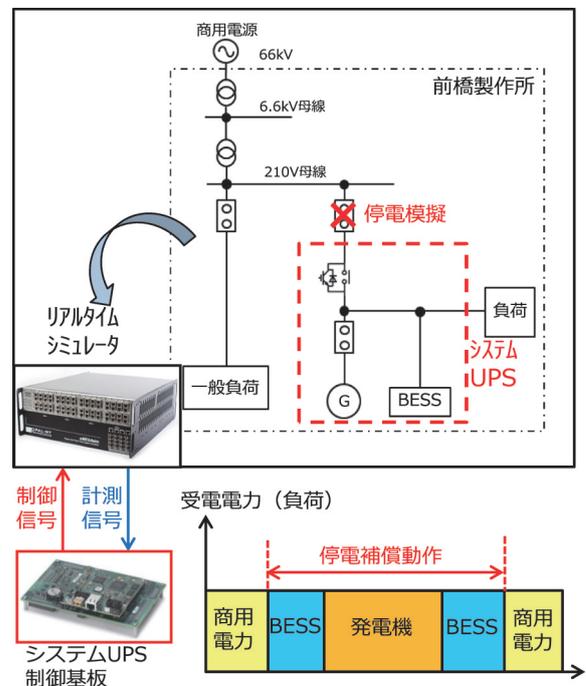
電力系統に接続されるパワエレ機器の実機制御動作検証は、下記理由のため実施が困難になることが多い。

- (1) 実機の製作・試験条件変更に時間を要する。
- (2) 系統事故（瞬低等）を模擬することが困難である。
- (3) 重量物（実機）を扱うこと、高電圧大電流回路で試験することに対して安全上の対策が必要になる。

これに対し、図4のようにリアルタイムシミュレータを用いると、電力系統の過渡現象やパワエレ機器の制御部（ハード、ソフト）の動作を実時間で検証することが可能となる。

3.2 リアルタイムシミュレータを用いたシステムUPSの動作検証

リアルタイムシミュレータを用いたシステムUPSの動作検証方法を図4に示す。前橋製作所構内系統とシステムUPSの構成機器（BESS、ハイブリッドスイッチ、非常用発電機）主回路部をリアルタイムシミュレータ内に構築し、システムUPSの制御基板（実機）と信号ケーブルで接続する。シミュレータで模擬した回路や機器の電圧・電流信号を制御基板に出力する。制御基板は計測信号を元に制御量を計算して、制御信号（PWM（パルス幅変調）信号、接点状態信号等）を出力し、パワエレ機器（インバータ）のスイッチング動作や、ハイブリッドスイッチの開閉動作を制御する。シミュレータで実施した停電回路条件と補償動作シーケンスを図4、図5に示す。システムUPS直近の上位遮断器を開放して、停電を模擬する。システムUPSは電圧低下を高速検出してハイブ



項目	詳細
回路電圧	3Φ210V、50Hz
発電機定格	3Φ210V、50Hz、100kVA
BESS定格	3Φ210V、50Hz、100kW
負荷	抵抗器負荷100kW

図4 リアルタイムシミュレータを用いたシステムUPSの動作検証

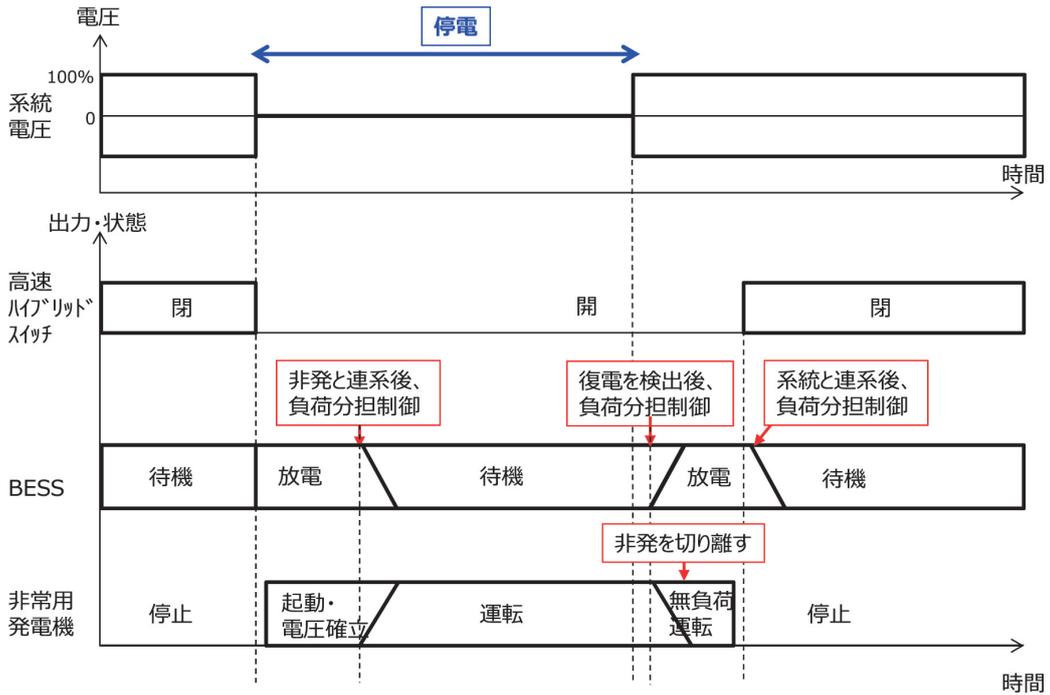


図5 システムUPSの補償動作シーケンス

リッドスイッチを開放すると共に、BESSを起動させて負荷給電をシームレスに継続する。電圧低下が一定時間以上継続したら停電と認識して非常用発電機を起動させ、BESS電圧を発電機電圧と同期させて発電機と連系する。その後、BESSは出力を減らして発電機側に負荷分担を増やすよう制御し、BESSを停止して発電機のみ運転させる。一方、復電を検出したらBESSを再起動して発電機電圧と同期連系した後、BESS側に負荷分担を増やすよう制御する。その後発電機を切り離し、BESS電圧を系統側に同期させて系統と再連系する。上記動作をシミュレータ設備を用いて検証した事例を図6に示す。

4. システムUPS実証設備の構築

4.1 実証設備の構成

前橋製作所に構築したシステムUPS実証設備の構成と設置状況を図7に示す。リチウムイオン電池を搭載した蓄電池盤、パワコン盤、高速ハイブリッドスイッチを搭載した切替盤を屋外コンテナに収容する構成とした。一方、発電機は前橋製作所で保有している未活用の非常用発電機（1998年製造）を一部改造して使用した。

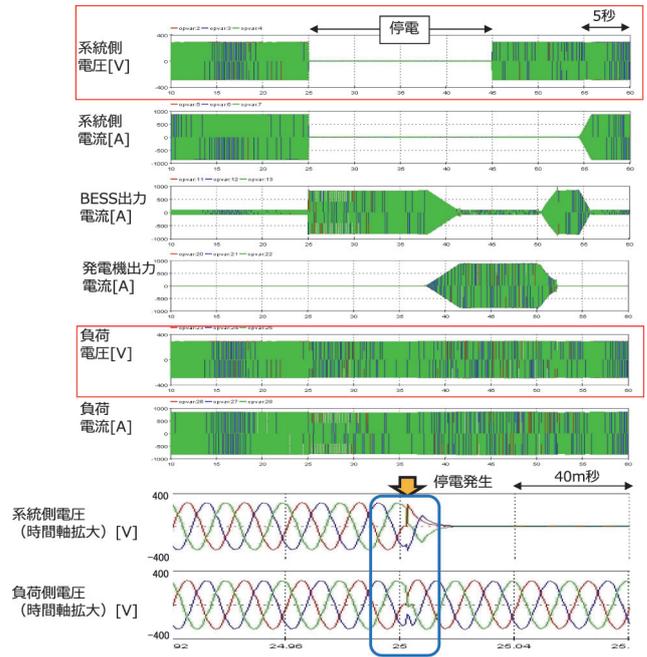


図6 リアルタイムシミュレータを用いた停電補償動作例

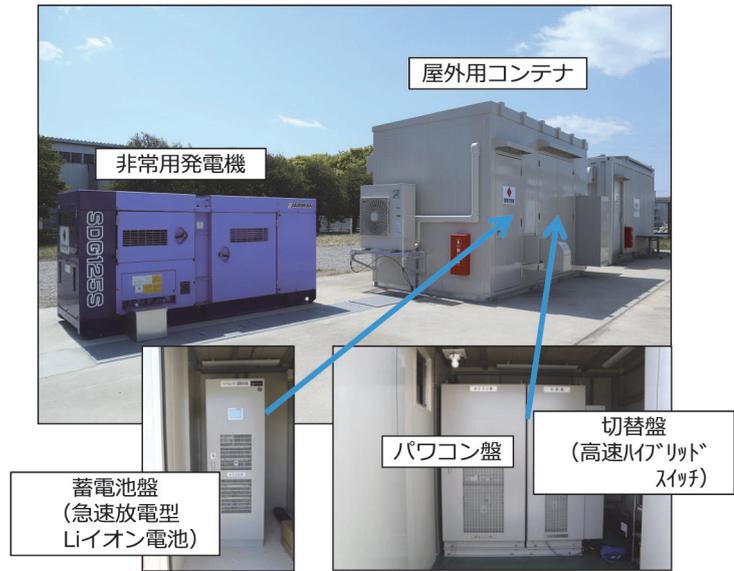
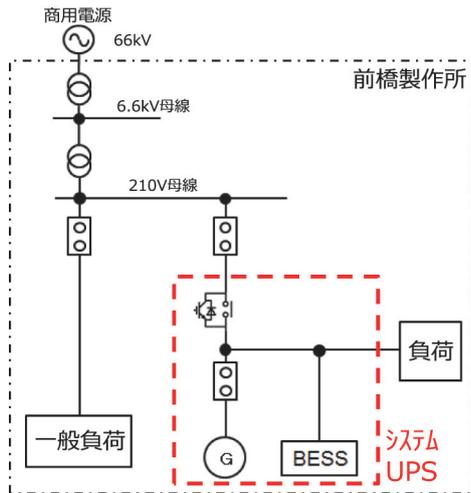


図7 実証設備の構成と設置状況

4. 2 試験結果

動作確認試験として模擬停電試験と模擬ピークカット試験を実施した。結果を図8、図9に示す。図8では、模擬停電に対して高速ハイブリッドスイッチ、BESS、発電機が、図6のリアルタイムシミュレータを用いた補償動作と同様の特性を示すことを確認した。一方、模擬ピークカット試験は負荷として抵抗器を用い、図9の様に負荷容量を0kW→60kW→0kWにstep状に変化させて実施した。デマンド閾値を30kWに設定しているが停電補償動作と同様に安定したピークカット動作を行うことを確認した。高速ハイブリッドスイッチで商用電源から負荷を切り離すと同時にBESSから電力を供給するが、負荷電圧波形への影響は非常に小さいことがわかる。

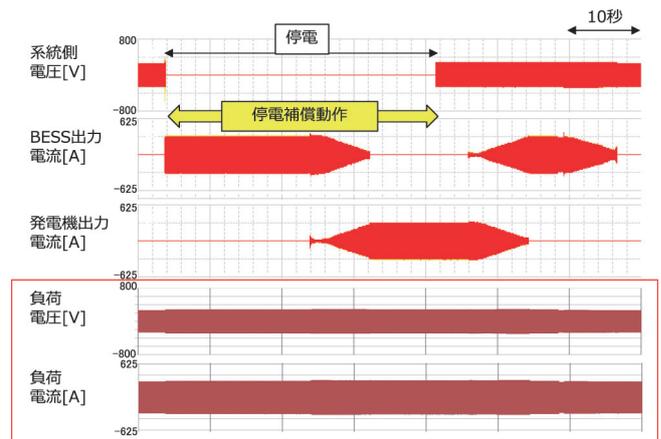


図8 測定試験結果（停電補償動作）

5. おわりに

震災時に導入され、その後使用されることの無かった非常用発電機を負荷ピークカット、瞬低・停電対策に活用する目的でシステムUPSを開発し、お客様にご提案しているところである。本稿では、リアルタイムシミュレータを用いた制御部の検証に続いて、当社前橋製作所にシステムUPSの実証設備を構築し試験中であることを報告した。今後は製品化に向けて、各種負荷（空調機器、EV用急速充電器など）を用いた運転検証と共に、お客様の新たなニーズを取り込んだ用途拡大を行っていく予定である。

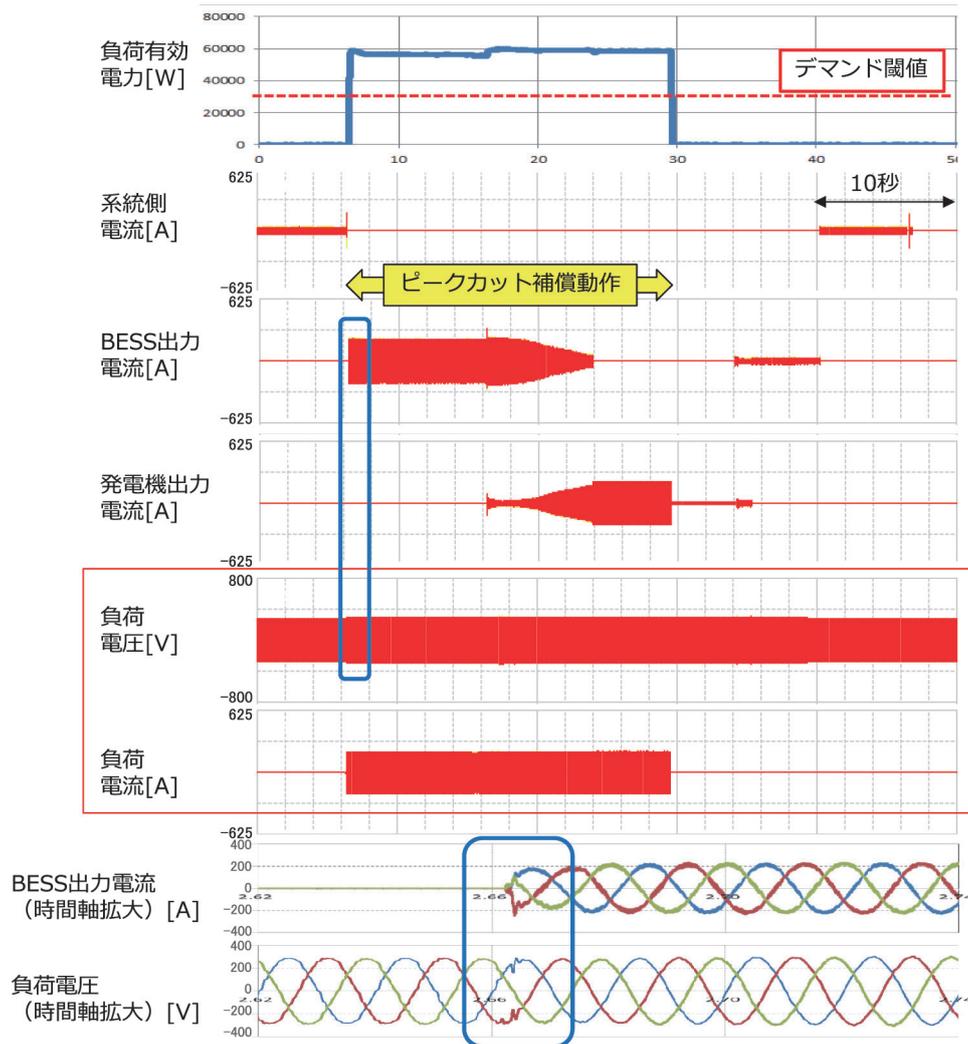


図9 測定試験結果（ピークカット補償動作）

参考文献

- (1) 日本内燃力発電設備協会、「防災用、常用防災兼用自家発電装置 平成18年度（～27年度）の設置状況」、内発協ニュース、2007年7月別冊（～2016年7月別冊）
- (2) 「JEC-2433-2016 無停電電源システム」電気学会電気規格調査会標準規格(2016)
- (3) 河崎 他：「電力品質を改善する製品」、日新電機技報Vol.59 No.2、pp.37-43(2014)
- (4) 長谷部 他：「電池電力貯蔵用パワーコンディショナの開発」、日新電機技報Vol.59 No.2、pp.51-55 (2014)
- (5) 宇田 他：「システムUPSの開発」平成30年電気学会 電力・エネルギー部門大会 No.323 (2018)

執筆者紹介



宇田 怜史 Satoshi Uda
研究開発本部
電力技術開発研究所
主任



邱 大偉 Dawei Qiu
研究開発本部
電力技術開発研究所



柏原 弘典 Hironori Kashihara
研究開発本部
電力技術開発研究所



福田 有貴 Yuki Fukuda
研究開発本部
電力技術開発研究所



岡崎 直哉 Naoya Okazaki
研究開発本部
電力技術開発研究所



河崎 吉則 Yoshinori Kawasaki
研究開発本部
電力技術開発研究所
主幹



西村 荘治 Shoji Nishimura
研究開発本部
電力技術開発研究所
技師長



小林 猛 Takeshi Kobayashi
知的財産部
グループ長