

米国ニューメキシコ州における 日米スマートグリッド実証

🔌 スマートグリッド、太陽光発電、FRT (Fault Ride Through)

* 植田喜延 Yoshinobu Ueda

** 佐々木悠 Yu Sasaki

概要

近年、電力系統に太陽光発電などの再生可能エネルギーを大量に導入するための技術として、スマートグリッドが注目されている。(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構は、米国ニューメキシコ州政府と共同で「米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証」を実施している。当社は、本実証のうちアルバカーキ市における自立運転が可能な商業ビルマイクログリッド実証設備の一部として、系統連系・自立運転時のロバスト性を向上したFRT (Fault Ride Through) 機能、出力抑制機能などを備える太陽光発電用PCS (Power Conditioning Subsystem) を開発・製作した。



50kW PCS屋外パッケージ

1. ま え が き

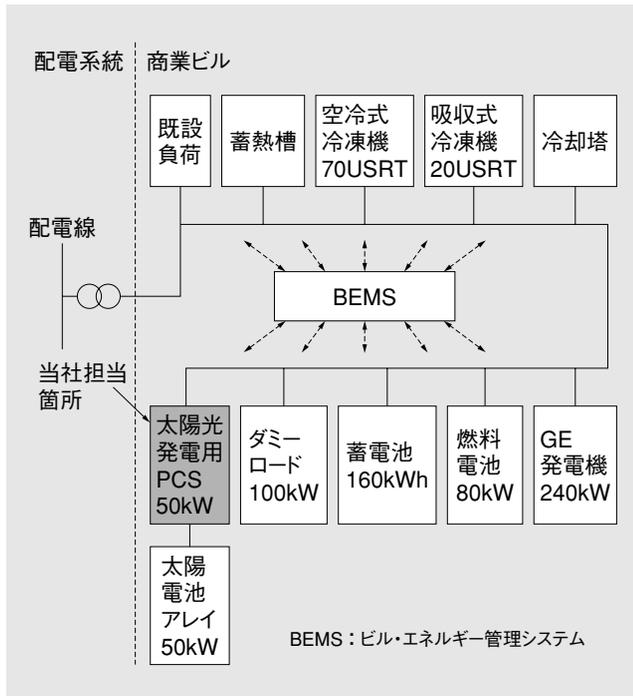
地球環境問題やエネルギー安全保障に対応するため、世界各国で再生可能エネルギーの導入が進められている。しかしながら、出力が気象条件で変動する太陽光発電などの再生可能エネルギーを大量に電力系統へ連系する場合、太陽光発電からの逆流による配電線の電圧上昇や系統全体の余剰電力の発生、周波数調整力確保のための対策が必要などの課題がある。近年、このような課題を解決するための技術として、情報通信技術を使用して、系統側情報のみならず需要側情報をも取り込んで効率的に電力の流れを制御するスマートグリッドという概念が注目されている。

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は、これまでに技術開発を進めてきた我が国の系統連系技術の世界的展開をにらみ、米国

ニューメキシコ州政府が実施しているグリーングリッドイニシアティブと連携し、日米共同のスマートグリッドに関する実証研究「米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証」を展開している。

本実証研究では、太陽光発電などの再生可能エネルギーを大量導入した配電線において情報通信技術を用い、蓄電池や蓄熱などの需要側機器を協調制御することにより、再生可能エネルギーの出力変動による影響を最小化するような配電線規模でのマイクログリッドを構築する。米国における実証研究を通じ、(1)規制などにより我が国で実施が困難な技術や我が国と異なる環境における各種装置の性能を検証し、我が国における今後のスマートグリッド研究開発にデータ・知見をフィードバックすること、(2)我が国のエネルギー機器の実系統への導入・実証を通じ、我が国機器メーカ

*電力技術部 **製品開発部



第1図 実証システム構成図

本実証で構築したマイクログリッドの構成を示す。当社は太陽光発電用PCSを製作した。

の米国をはじめとする世界展開への足掛かりとすること、(3)本実証研究で得られる様々なデータを有効に活用することにより、今後早急に進むと予測されるスマートグリッド標準化活動に役立てることを目的とする。

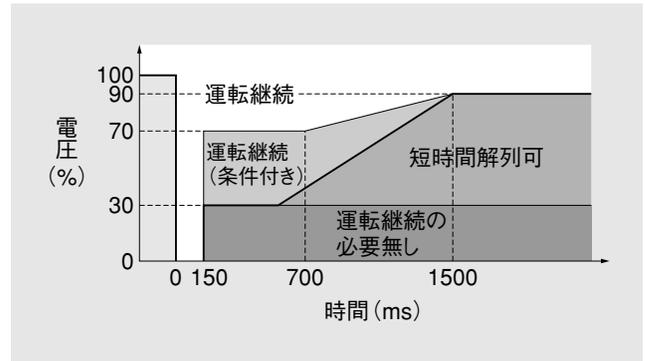
本実証事業の一つとして、ニューメキシコ州アルバカーキ市における商業地域の既存ビルに対して、第1図に示すような米国側の既存配電系統と連系しながらも、自立運転が可能なマイクログリッドを構築して実証事業を実施する。本事業は2010～2011年度に実証実験システムの構築を行い、2012～2013年度にかけて実証実験を実施する。当社は実証事業のうち太陽光発電用PCS (Power Conditioning Subsystem) のロバスト性 (擾乱に対する安定性) 向上の実証を担当しており、本稿では太陽光発電用PCSの開発・製作と機能検証を行った成果を紹介する。

2. 実証システム開発内容

2.1 太陽光発電用PCSの機能

2.1.1 太陽光発電用PCSのロバスト性向上

一般に太陽光発電用PCSは装置保護や系統保護の観点から高感度な保護機能を有しており、系統で発生する擾乱に対して鋭敏に反応して不要に解



第2図 電圧低下時の運転継続範囲

本実証開発で目標とした電圧低下に対する運転継続範囲を示す。

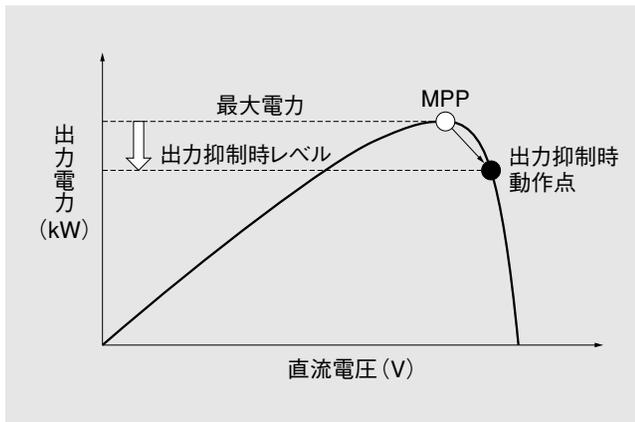
列するおそれがある。

太陽光発電などの分散型電源が電力系統に大量に導入された場合は、不要解列により大量の分散型電源が離脱すると電力系統に大きな影響を与えかねないことから、近年系統擾乱時の運転継続性を目的とするFRT (Fault Ride Through) やLVRT (Low Voltage Ride Through) といった技術が注目され、規格化の動きが進んでいる。

第2図に本実証研究で目標とした運転継続範囲を示す。これはドイツエネルギー・水道事業連合会 (BDEW) の発行した系統連系ガイドライン⁽¹⁾に規定されたものである。なお運転継続範囲は、太陽光発電用PCSの運転継続能力を示しており、系統連系保護の整定値を超えると太陽光発電用PCSは停止する。

また、マイクログリッドの付加価値を高める上で、自然エネルギー電源を含む複数の分散型電源を協調させて運転し、自立運転時に高品質な電力供給を継続する機能が重要となる。マイクログリッドの自立運転時には、系統の電圧や周波数 (位相) が変動しやすく、不平衡などの事象も発生しやすいことから、系統連系時に比べて不要解列が起こりやすい。

一例として、太陽光発電の発電出力が高い状態で解列した場合には、自立運転の安定度維持に著しい影響を与えかねない。また単独運転検出機能の能動的方式は、自立運転中の電力品質を乱す要因となる。そこで、本実証研究ではBEMSを経由してマイクログリッドの自立運転状態を検出すると、系統連系保護の整定値を緩和し、単独運転検出機能を停止するロバスト性を高めた制御・運転方法への自動切り替え機能を設ける。



第3図 出力抑制運転

太陽光発電の出力-電圧特性カーブにおける最大電力点（MPP）と出力抑制時の動作点の関係を示す。

2.1.2 出力抑制機能

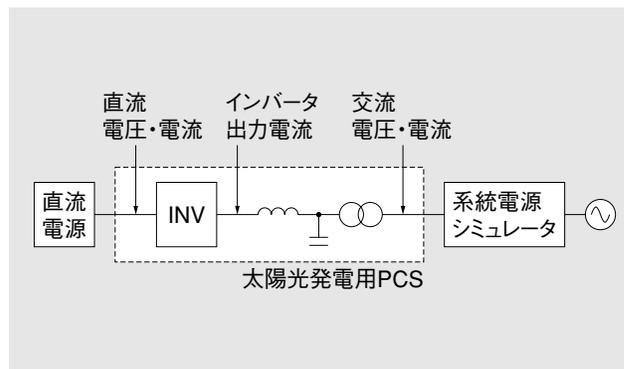
電力系統に太陽光発電が大量に導入された場合には、軽負荷時の過剰な余剰電力の発生により電力系統の安定的な運用に悪影響を及ぼす可能性が指摘されている。このような場合においてもエネルギーの有効利用の観点から、太陽光発電は最大電力での運転を継続し、電力貯蔵装置や蓄熱装置などのエネルギー貯蔵装置にエネルギーを蓄え、エネルギー需要が増加したときにシフトして利用することが望まれる。一方でエネルギー貯蔵装置の貯蔵容量は有限であり、貯蔵容量の上限や下限に達した場合には運用を継続することができなくなる。またエネルギー貯蔵装置は、エネルギーの出し入れに応じて一定量の損失を伴うため、運用状態によっては必ずしも貯蔵によるエネルギーシフトが高効率化やCO₂排出量の削減に寄与しないケースも起こり得る。このような場合に備えて、太陽光発電用PCSにBEMSからの出力制限指令を受け付ける機能を設けることで、マイクログリッドの長期安定運用の実現を容易にするとともに、デマンドサイドマネジメントの選択肢を増やして、より柔軟な運用を行えるようにする。特にマイクログリッドの自立運転時においては、太陽光発電用PCSの出力抑制機能を活用することで、安定的な運転に寄与することが期待できる。

太陽光発電用PCSの出力抑制機能は、太陽電池モジュール出力特性における最大電力点（MPP：Max Power Point）を意図的に外すことで実現する。第3図に最大電力点と出力抑制時の動作点の関係を示す。

第1表 太陽光発電用PCS仕様

開発した太陽光発電用PCSの主な仕様を示す。

項目	仕様
定格電圧	480V
定格周波数	60Hz
定格容量	50kW
直流入力電圧 (MPPT)	250-500V (275-425V)
電力変換効率	94.0% (最大効率)
設置環境	屋外 ※屋内仕様の太陽光発電用PCSを屋外パッケージに収納



第4図 FRT機能試験回路

FRT機能を評価した試験回路構成を示す。交流側の系統電源シミュレータは任意の電圧低下を発生させることができる。

出力抑制レベルについては、マイクログリッド内の負荷と発電設備の電力、エネルギー貯蔵装置（電力貯蔵装置、蓄熱装置）の貯蔵容量を考慮して、BEMS側で判断する。

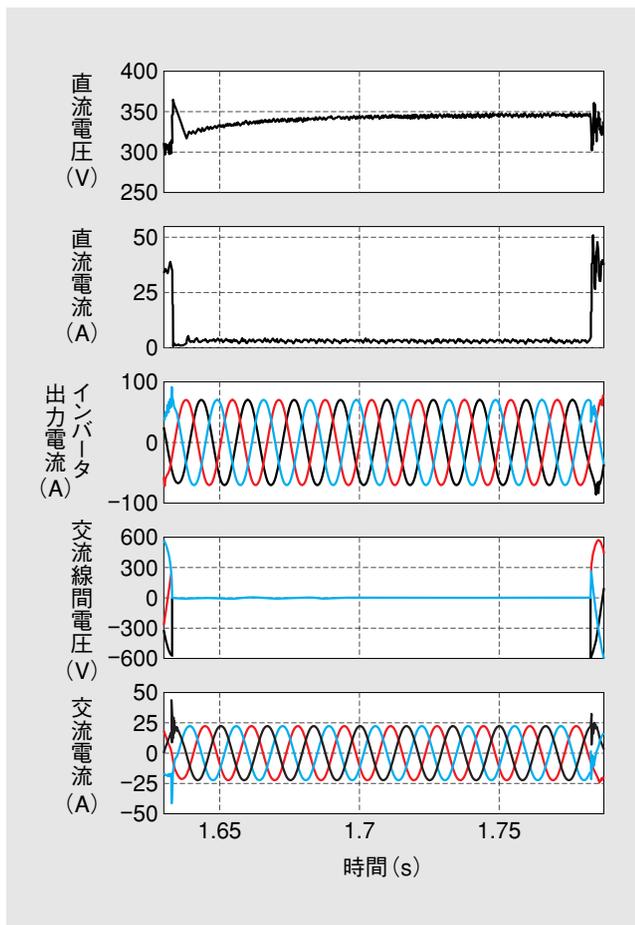
2.2 太陽光発電用PCSの製作仕様

第1表に本実証で製作した太陽光発電用PCSの主な仕様を示す。太陽光発電用PCSと太陽電池モジュールの直流電圧範囲を一致させるために、海外向け太陽光発電用PCSであるSP100シリーズの100kW機をベースとして、直流入力電圧範囲を下げ、50kW相当で運用することとした。

太陽光発電用PCSは屋外パッケージに収納し、太陽電池アレイの下に設置した。

3. FRT機能評価結果

開発したFRT機能を評価するために、10kWの太陽光発電用PCSミニモデルと系統電源シミュレータを用いて社内検証を行った。第4図に試験回路を示す。系統電源シミュレータはプログラムにより、任意の電圧低下を発生させることが可能である。



第5図 残電圧0Vでの運転継続試験結果
残電圧0V，継続時間160msの電圧低下に対して，太陽光発電用PCSは運転を継続している。

第5図に残電圧0V，継続時間160msでのFRT機能試験結果を示す。残電圧0V時もインバータ運転を継続し，電流を供給していることが確認できる。第2図に示した運転継続範囲に関して，第5図以外の継続時間，残電圧条件についても評価を実施し，目標とする運転継続範囲を達成できていることを確認した。

4. む す び

米国ニューメキシコ州において，アルバカーキ市の商業ビルに構築したマイクログリッド実証設備の一つとして，FRT機能及び出力抑制機能などを有する太陽光発電用PCSを開発・製作した。社内検証を行った結果，目標とする機能仕様を達成できていることを確認した。

今後は，現地での実証試験を通じて開発機能の有効性を評価し，早急に進むと予測されるスマートグリッド標準化活動に貢献する所存である。

なお，本稿はNEDOの委託による成果を紹介したものである。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは，それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《参考文献》

(1) BDEW：Technical Guideline “Generating Plants Connected to the Medium-Voltage Network”，2010.6

《執筆者紹介》



植田喜延 Yoshinobu Ueda
電力品質ソリューションの開発・企画に従事



佐々木悠 Yu Sasaki
電力変換装置の開発業務に従事