

再生可能エネルギーの導入量が増大するにつれ、配電線電圧の上昇、周波数の安定度の低下など、電力系統が不安定化する可能性が懸念されている。

東光高岳では小山事業所配電ネットワーク実証試験場（FDN 試験場）⁽¹⁾ に既設置の、太陽光発電（PV）用パワーコンディショナ（PCS）^{注1)} に、系統安定化機能とそれを遠隔制御する双方向通信機能を備えたスマートインバータ機能を組み込み、実規模系統での実証試験を開始したので紹介する。

1 はじめに

再生可能エネルギーの導入量が増大するにつれ、配電線電圧の上昇、周波数の安定度の低下など、電力系統が不安定化する可能性が懸念されている。

東光高岳は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「電力系統出力変動対応技術研究開発事業」において、スマートインバータ制御装置を東京電力ホールディングス（株）に納入し、インバータと電力系統を模擬するリアルタイムデジタルシミュレータ（RTDS）と組み合わせての実証実験に供した。

このほど、小山事業所内の FDN 試験場に既設置の東光高岳製 50 kW PV 用 PCS ⁽²⁾ に追加適用できるスマートインバータ機能を開発して組み込み、性能検証試験を実規模の模擬配電線で開始したので紹介する。

2 スマートインバータの機能

系統安定化機能と電力会社またはアグリゲータとの双方向通信機能を有し、電力系統の安定化および電力品質の向上と同時に電力会社との協調を実現する次世代電源変換装置を称してスマートインバータとよぶ⁽³⁾。

本稿では、スマートインバータ機能を備えた PCS をスマート PCS とよぶ。

スマート PCS では、分散型エネルギー資源 (Distributed Energy Resource, DER) を管理する、分散型エネルギー資源管理システム (Distributed Energy Resource Management Systems, DERMS) と通信端末 (IED) ^{注2)} 間は IEC61850 ^{注3)} 準拠のプロトコルで、IED と PCS 制御間には SunSpec ^{注4)} 準拠の Modbus ^{注5)} で、双方向通信を行う。

50 kW PV 用 PCS に適用したスマートインバータ機能の概要を表 1 に示す。

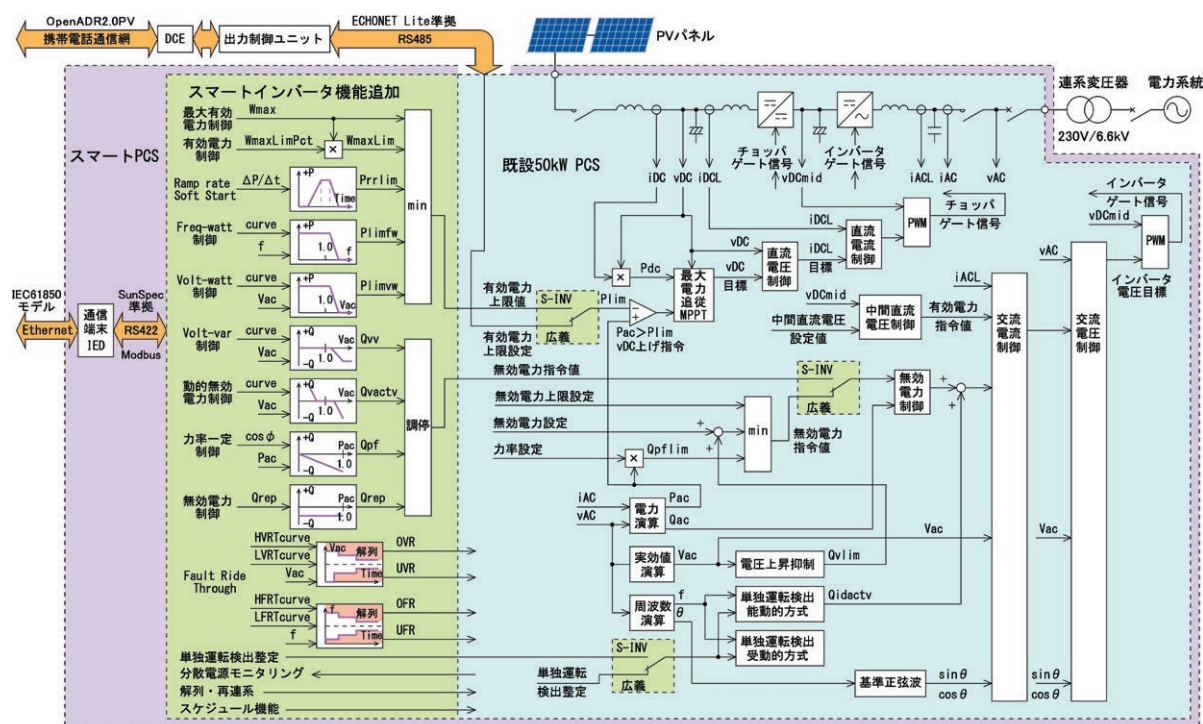


図 1 50 kW PV 用スマート PCS 機能ブロック図

表 1 50 kW PV 用 PCS のスマートインバータ機能

スマートインバータ機能の名称	50 kW PV 用 PCS に適用したスマートインバータ機能の概要
分散電源モニタリング	PCS の状態・計測値を、DERMS で遠方監視する。
解列・再連系	DERMS からの遠方制御で、PCS を電力系統から解列・再連系する。
スケジュール機能	PCS の解列・再連系、以下の制御の制御量をスケジューリングする。
最大有効電力制御	PCS が出力する最大電力を設定する。 スケジュール機能と組み合わせ、出力抑制を行う。
有効電力制御	PCS が出力する有効電力を、DERMS から即時制御する。
Ramp rate, Soft Start	PCS が出力する有効電力、無効電力が変化すると、影響で連系点の配電線電圧が変化する。 あるいは、電力系統に接続する大量の PCS が同時に解列・再連系して有効電力が急変すると、電力系統の周波数に変動を引き起こす可能性がある。 Ramp rate は、連系運転中と解列時の有効電力と無効電力の変化速度を制限して、電力系統に与える影響を和らげる。 Soft Start は再連系時の有効電力の変化速度を制限して、電力系統に与える影響を和らげる。
Freq-watt 制御	送電線の事故などで電力系統から負荷が大量に脱落して、電力系統の発電電力が余剰となり周波数が上昇したとき、PCS が出力する有効電力を減少させ、周波数上昇を抑制する。
Volt-watt 制御	PCS が配電線に有効電力を逆潮流させると、配電線（特に末端）の電圧が上昇して、適正電圧を逸脱する可能性がある。 PCS が連係する配電線電圧が上昇したとき、PCS が出力する有効電力を減少させ、電圧の上昇を抑制する。一般的には Volt-var 制御を先に動作させ、Volt-var 制御だけでは配電線電圧の上昇を十分に抑制できないとき、Volt-watt 制御で有効電力を抑制する。
Volt-var 制御	配電線電圧が上昇したとき、発電方向で進み（誘導性）の無効電力を配電線に供給して、電圧の上昇を抑制する。 電圧の上昇から無効電力供給までの応答時間は、数十秒～数分に設定する。
動的無効電力制御	配電線電圧が急速に変動したとき、変動を打ち消す向き、電圧が上昇したときは進みの無効電力、電圧が低下したときは遅れ（容量性）の無効電力を配電線に供給して、電圧変動を抑制する。 電圧の変化から無効電力を供給するまでの応答時間は、数秒に設定する。
力率一定制御	PCS に進み無効電力を設定力率で出力させ、有効電力による配電線電圧の上昇を抑制する。
無効電力制御	PCS が出力する無効電力を、DERMS から即時制御する。
Fault Ride Through	電力系統の広範囲で電圧変動や周波数変動が生じると、分散電源の PCS が広範囲で同時に解列することによって大量の電源脱落が起こり、系統周波数や電圧が急落する可能性がある。 Fault Ride Through は、電圧変動や周波数変動に対し PCS が解列することなく、連系運転を継続すべき条件を定めたものである。 電圧変化に対する耐量は、電圧低下に対する解列までの時間（LVRT）、電圧上昇に対する解列までの時間（HVRT）の各特性、周波数変化に対する耐量は、周波数低下に対する解列までの時間（LFRT）、周波数上昇に対する解列までの時間（HFRT）の各特性を、設定する。
単独運転検出	単独運転検出機能の能動的方式の周波数変化率に対する無効電力注入量の特性と、受動的方式の周波数変化率リレーまたは電圧位相跳躍検出リレーの整定値を、設定する。

図 1 に示すように、50 kW PV 用 PCS にスマートインバータ機能を追加しスマート PCS としたうえで、既設の ECHONET Lite^{注6)} 準拠の通信による出力制御機能を持つ広義の PCS⁽²⁾ の状態と、スマートインバータ機能を使用するスマート PCS 状態を、切り替えられるようにした。

3 実証試験の内容

3.1 実証試験の内容

50 kW PV 用 PCS は、Volt-var 制御と Volt-watt 制御を

用いた、模擬配電線の電圧上昇抑制機能を検証中である。

さらに、ステップ式電圧調整器（SVR）のタップ制御と PCS の Volt-var 制御、双方の特性を考慮して組み合わせた制御を設定して、配電線電圧の制御効果を評価・検証する予定である⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

3.2 今後の実証試験予定

今年度、FDN 試験場に既設置の 200 kW NAS（ナトリウム硫黄）電池用 PCS に、スマートインバータ機能を追加する予定である。

電力貯蔵用の二次電池である NAS 電池を使用するこ

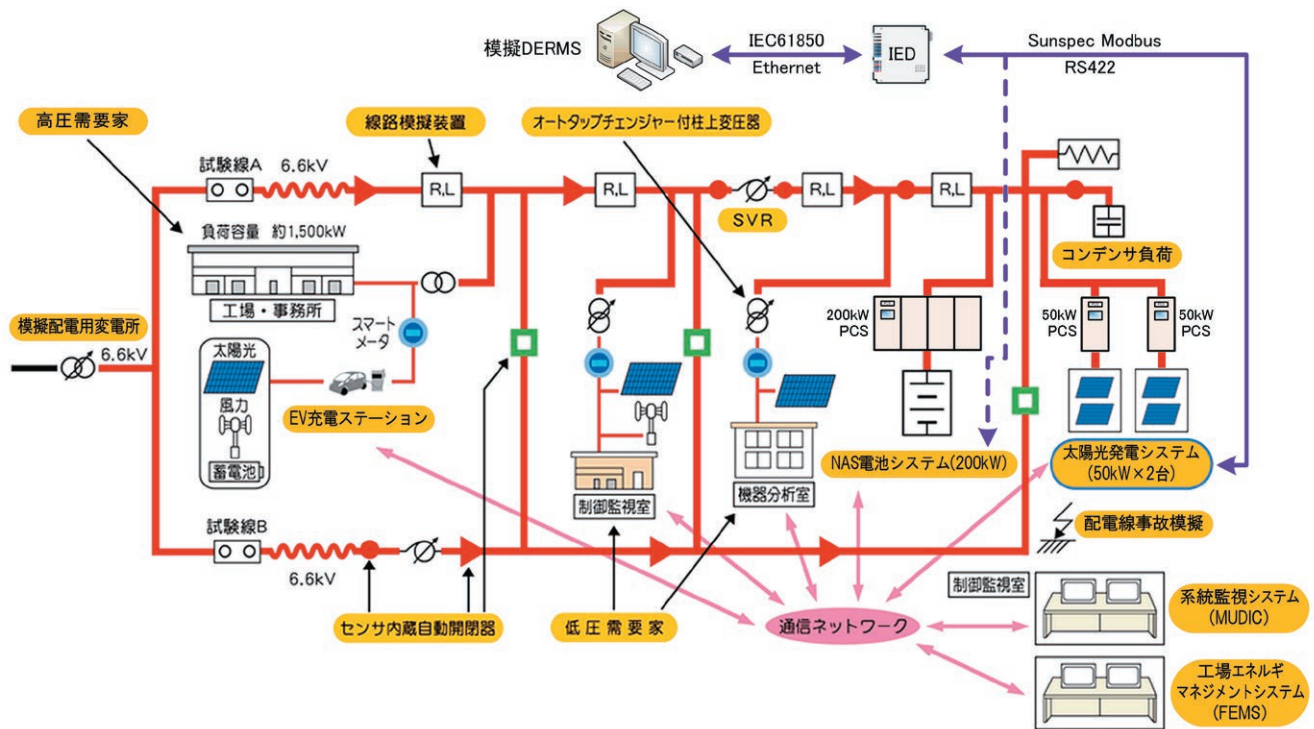


図2 FDN 試験場の構成とスマート PCS 化した 50 kW PV 用 PCS と 200 kW NAS 電池用 PCS

とで、NAS 電池用 PCS は、電力系統の周波数が下降したときに、Freq-watt 制御で有効電力を増加させて、周波数低下を抑制することが可能になり、配電線電圧が低下したときに、Volt-watt 制御で系統への有効電力を増加させて、電圧低下の抑制を行うことが可能になる。

さらに、PV 用スマート PCS と NAS 電池用スマート PCS と SVR のタップ制御の三者を組み合わせた電圧制御機器の協調制御などについて、FDN 試験場の実規模の模擬配電線を用いて効果を評価する予定である。

■参考文献

- (1) 茂木規行：「配電ネットワーク実証試験場」，高岳レビュー，No.175（2011）
- (2) 村下直久，森口益巳：「次世代双方向追伸出力制御方式緊急実証」への取り組み，東光高岳技報，No.3（2016）
- (3) 一般社団法人日本電機工業会：「スマートインバタ」，<https://www.jema-net.or.jp/Japanese/res/dispersed/data/s09.pdf>，（2018）
- (4) 山下裕輔，宮崎輝，芳澤信哉，林泰弘，村下直久：「SVR 設置配電系統への Volt-var 制御適用に関する基礎検討」，論文 No.131，【B】令和元年電気学会電力・エネルギー部門大会（2019）
- (5) 尾崎卓也，茂木規行，宮本卓也：「配電系統の電圧制御シミュレーション」，東光高岳技報，No.3（2016）
- (6) 電気学会電気規格調査会：「2.用語の説明」，自励変換装置の能動連系，JEC-2441-2012，p.8（2012），電気書院
- (7) エコネットコンソーシアム：「ECHONET Lite 規格

の特長と概要」，<https://echonet.jp/about/features/>

■語句説明

注1) パワーコンディショナ PCS：直流で発電された電力を交流に変換して電力系統に出力する機能を持ち、制御監視装置、系統連系変換装置、直流変換装置、付属装置などすべて備えた装置⁽⁶⁾。

注2) IED：Intelligent Electronic Device（高性能電子装置）の略称であり、システムの合理化、標準化を図ることができる。内蔵機能を組み合わせて幅広くユーザーカスタマイズができ、汎用性が高い。IEC61850-2 で定義。

注3) IEC61850：変電所の統合 / オートメーションに使用される通信ネットワークとシステムの国際規格。

注4) Sunspec：アメリカ合衆国の、サンスペックアライアンスが認証する太陽光発電用機器、通信規格。

注5) Modbus：産業界で広く採用されているフィールドネットワーク。Sunspec Modbus は、DER システム間を相互接続するための規定で、IEEE1547 で参照される。

注6) ECHONET Lite：センサ類、物家電、設備系機器などを IoT（Internet of Things）化し、エネルギーマネジメントやリモートメンテナンスなどのサービスなどを実現するための通信仕様⁽⁷⁾。プロトコル、通信手順は ISO/IEC14543-4-3、制御コマンドは IEC62394 で定義。

吉井 誠

技術開発本部

技術研究所 次世代系統技術グループ 所属