

# スマートグリッドにおける監視制御技術

## Monitoring and Control Technologies for Smart Grids

勝山 実 柿田 千春

■ KATSUYAMA Minoru

■ KAKITA Chiharu

近年、電力系統に対して再生可能エネルギーなどを利用した分散型電源の導入が拡大しており、電力系統を取り巻く環境が大きく変わってきている。更に、新たな設備として、電気自動車 (EV) 用充電機器や蓄電池システムの導入なども進んできている。

東芝は、長年培ってきた電力系統の監視制御技術を発展させ、スマートグリッド向け監視制御技術を新たに開発した。この技術は、電圧管理、周波数制御、出力変動の抑制、EVの充電管理、デマンドレスポンス、及び蓄電池複合技術などの要素技術から成り、当社は、これらを単独あるいは複数組み合わせることで、スマートグリッドにおける様々な課題に対応できるソリューションとして、スマートグリッド監視制御システム  $\mu$ EMS (Micro Energy Management System) を提供している。

The rapid introduction of distributed power generation utilizing renewable energy sources in recent years has led to significant changes in the environment surrounding power grids. Furthermore, new elements such as electric vehicle (EV) charging stands and storage battery systems have gradually become part of the social infrastructure.

In keeping with this trend, Toshiba has developed new monitoring and control technologies for smart grids, including technologies for voltage regulation, frequency control, output power fluctuation control, EV charging control, demand response (DR), and battery aggregation control. We are making efforts to provide the  $\mu$ EMS (Micro Energy Management System) realizing the optimal solution to various issues using these technologies, either individually or in combinations of multiple technologies.

## 1 まえがき

太陽光発電 (PV) や風力発電など再生可能エネルギーの導入拡大、EV急速充電器の設置、及び蓄電池の普及など、電力系統に接続される分散電源や新しい負荷設備が近年急速に増加してきている。このような状況のなか、電力系統の安定化や電力品質の確保に対する要求は以前にも増して強くなっている。

スマートグリッドは、情報通信技術 (ICT) を使った双方向通信を活用して、再生可能エネルギーが大量に導入された状態においても、安定した品質の良い電力供給を実現する技術である。

ここでは、東芝が開発したスマートグリッド向け監視制御の要素技術について述べるとともに、様々な系統状況や課題に適合したソリューションとして、スマートグリッド監視制御システム  $\mu$ EMS (Micro Energy Management System) について述べる。

## 2 スマートグリッド向け監視制御の要素技術

### 2.1 スマートグリッド向け監視制御技術の概要

当社は国内の電力会社に対して、中央給電指令所システム、集中制御システム、及び配電自動化システムなど、電力系統の監視制御システムを多数納入してきた。このような電力系統

の基礎的な監視制御技術に対して、再生可能エネルギー発電や蓄電池システムなどを監視制御対象として付け加え、スマートグリッド向けに新たな監視制御技術を確立し、 $\mu$ EMSの開発を行ってきた。

スマートグリッド向け監視制御技術には、配電系統の電圧管理、周波数制御、出力変動の抑制、EVの充電管理、デマンドレスポンス、及び蓄電池複合技術など多くの要素技術が含まれる。以下に、それらの概要を述べる。

### 2.2 電圧管理

配電系統の末端などに大量の再生可能エネルギー発電が接続されることで、負荷の軽い時間帯には系統への逆潮流が発生し、系統電圧を上昇させ、定められた電圧での電力供給ができなくなる可能性がある。

配電系統の電圧を適正に保つため、SVR (Step Voltage Regulator) やTVR (Thyristor Voltage Regulator) などの電圧調整機器、STATCOM (Static Synchronous Compensator) などの無効電力補償装置、有効電力を吸収するための蓄電池システム、及び遠隔でタップ制御が可能な柱上変圧器などの機器の導入が検討されている。

配電系統の根元から末端までの電圧状況を把握し、どの機器をどのように動かせば対象エリアの全てにおいて電圧が規程値内に収まるかを判断し、実際に時々刻々変わる電圧状況に追従しながら各機器の制御を実施する機能が電圧管理機

能である。設置されている機器が配電線ごとに異なる場合もあるが、それらを活用して最適な電圧管理を実現している。

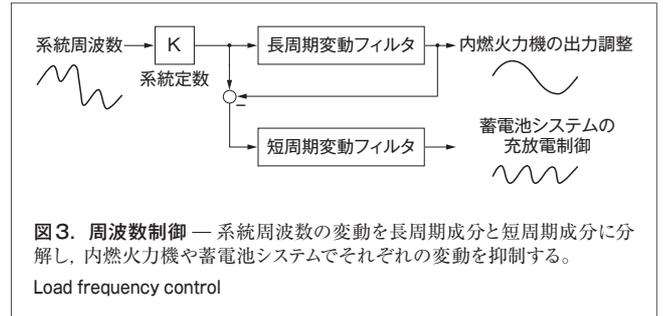
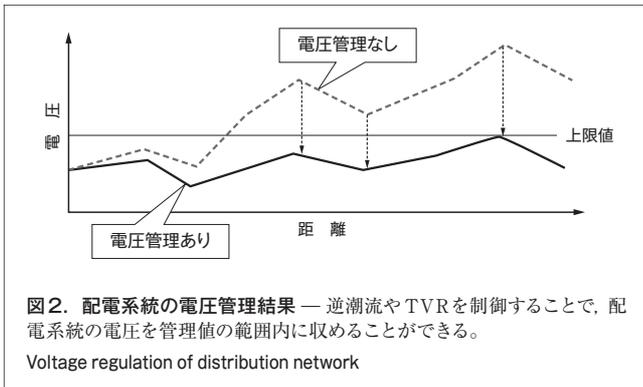
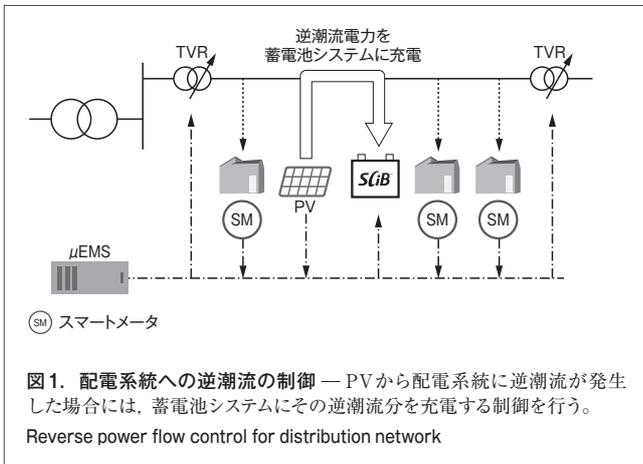
図1と図2は、PV出力が増加し、配電系統へ逆潮流が発生した場合の制御を示している。電圧管理を実施しない場合に対して、PVからの逆潮流電力を蓄電池システムに充電することで吸収し、電圧を安定させるとともに、前後のTVRを制御し系統電圧を適正範囲に収めている。

### 2.3 周波数制御

離島などに代表される独立系統では、再生可能エネルギー発電が大量に導入されると発電量の変動が大きくなり、系統周波数が大きく変動する可能性がある。通常はディーゼル発電機などの基幹電源によるガバナフリー制御や、LFC (Load Frequency Control: 負荷周波数制御) 機能などにより周波数変動を抑制しているが、再生可能エネルギー発電の出力変動速度や変動量が大きくなり、ディーゼル発電機などにより周波数を調整できる範囲を超えてしまうケースがある。

このような場合、ディーゼル発電機より制御応動が速い蓄電池システムを使用することで、周波数変動を規定範囲内に収めることができる。

図3は、系統周波数の変動に対する制御方法の一例を示したものである。周波数の変動を短周期成分と長周期成分に分けるなど、機器の特性に合わせた協調制御が可能である。



### 2.4 出力変動の抑制

PVや風力発電は、気象条件などにより出力が大きく変動する。そのため、系統にそのまま接続すると、系統の周波数や電圧が不安定になるなどの悪影響を与える場合がある。

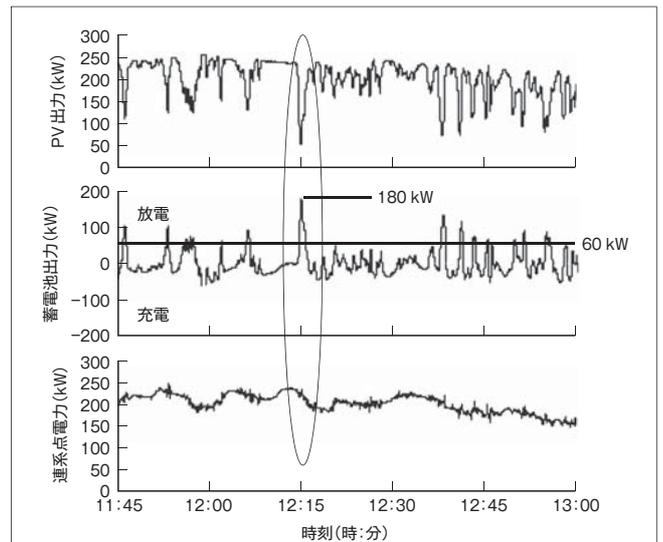
このような激しい出力変動に対して、蓄電池を使うことでPV出力の大きな変動を吸収し、滑らかな出力曲線にすることができる。

図4は、当社府中事業所のPV研究棟で採取した波形データである。PV出力の大きな変動を、小容量かつ高出力の当社製二次電池 SCiB™を使用し、その出力で打ち消すことで、系統の連系線潮流の出力波形が滑らかになっているのがわかる。

### 2.5 EVの充電管理

EV急速充電器など出力の大きな充電機器を系統に接続して一斉に使用するような場合、急激な負荷変動が発生し、電圧低下などの悪影響を及ぼす可能性がある。

このような場合においても、定置型蓄電池を使用することで、系統に大きな影響を与えずにEV充電を実現するのが充電管理機能である。

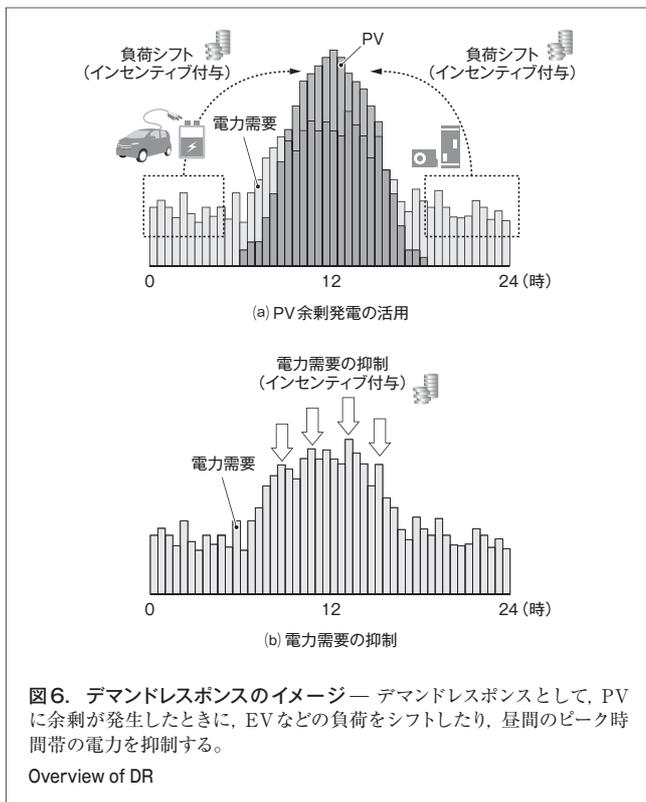
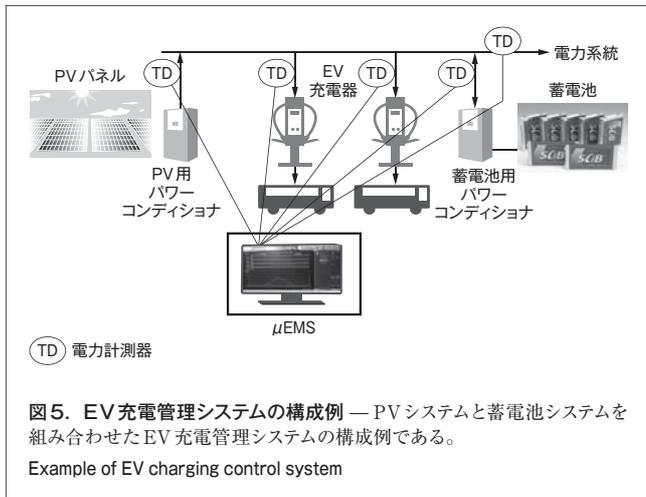


EV充電管理システムの構成例を図5に示す。EV充電器の使用やPV出力の変動があっても、系統への出力がほぼ一定に保たれるように蓄電池を活用している。

## 2.6 デマンドレスポンス

需要のピーク時間帯の電力消費を抑制したり、軽負荷時のPVの余剰電力を蓄電池やEVへの充電に使用して他の時間帯の負荷をシフトするなど、需要の調整をデマンドレスポンスにより実現することができる(図6)。

デマンドレスポンスは、家庭やビルなどに対して、HEMS(Home Energy Management System)やBEMS(Building Energy Management System)などのエネルギー管理システ



ム(EMS)を通して負荷の消費又は抑制を要求し、各家庭やビルでそれぞれの能力に応じた負荷調整を実施する。

## 2.7 蓄電池複合技術

需要家側蓄電池や需給調整用蓄電池の導入が今後進んでいくと、それらの蓄電池を有効活用する手段として蓄電池複合技術が必要になる。

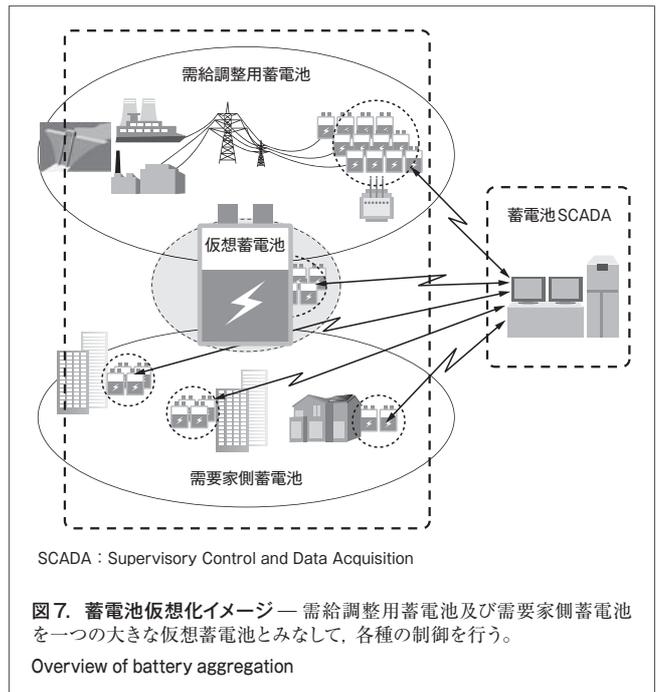
この技術を使うことで、図7に示すように、需要家側及び需給調整用の蓄電池など複数の蓄電池を、あたかも巨大な一つの蓄電池システムとして活用することができる。その主な機能には次のようなものがある。

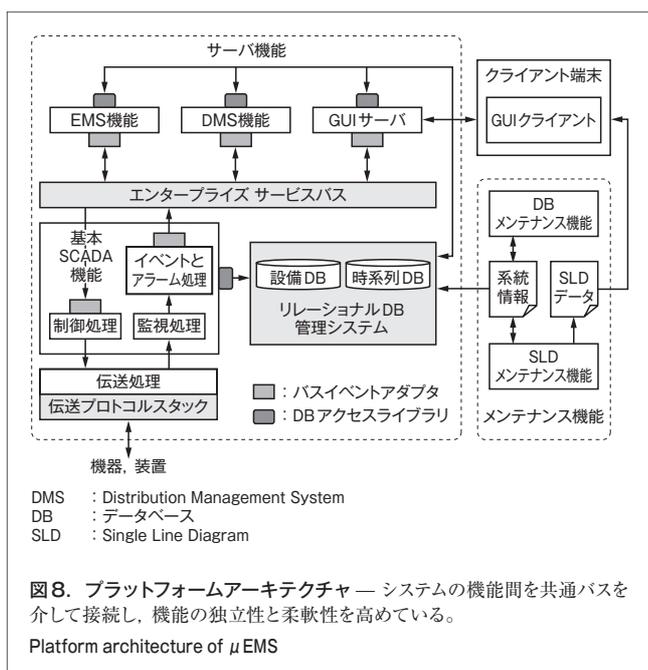
- (1) 短周期の需給調整 系統周波数の維持を目的とし、中央給電指令所システムなど上位のEMSから受信したLFC指令値を適切に需給調整用蓄電池に振り分ける。
- (2) 日間運用 蓄電池の充放電スケジュールを需要家に事前に問い合わせおき、需要家側蓄電池の空き容量と空き時間を系統運用に活用し、電力需要のピークシフトやピークカットを行う。
- (3) 予備力 系統でなんらかの事故が発生した際に生じる電力不足を一時的に補うことができるよう、オペレーターの指示で必要電力を放電する。

これらの機能は横浜スマートシティプロジェクト(YSCP)で実証実験をスタートしている。

## 2.8 プラットフォームアーキテクチャ

μEMSのプラットフォームには、グローバルスタンダードなアーキテクチャの導入も行っている。システムの機能間は、メッセージングをベースとした共通バスを介して接続することで機能の独立性と柔軟性を高め(図8)、各種機器や装置との伝送は、





OpenADR (Open Automated Demand Response)<sup>(注1)</sup>, DNP3 (Distributed Network Protocol 3)<sup>(注2)</sup>, 及び IEC (国際電気標準会議) などの共通規格や標準規格へ対応範囲を順次拡大している。GUI (Graphical User Interface) クライアントには Web ベース技術も採用し、先進的なロック アンド フィールを提供できるようにしている。

プラットフォームには最新技術を順次導入し、機能の高度化を図るとともに、より柔軟なシステム構成への対応が可能である。

### 3 東芝のソリューション

これまで述べてきた要素技術を単独あるいは複数組み合わせることで、様々な課題に対応したソリューションとして μEMS を提供することが可能である。

当社は、ソリューションモデルとして次のように分類し、標準的な機能セットとハードウェア (サーバ又はコントローラ) を組み合わせて提供するとともに、プラットフォームアーキテクチャを活用して、柔軟なタイプ間の組合せを実現している。

- (1) 離島, CEMS (Community Energy Management System) モデル
- (2) 電圧管理サーバモデル
- (3) EV 充電管理, 電圧管理などのローカル制御モデル

離島モデルの代表例としては、宮古島マイクログリッド実証設備へ導入したシステムが挙げられる。このシステムは、再生可能エネルギー発電の発電予測, 需要予測, 発電計画, 発電制御, 及び蓄電池制御などの機能を持ち、発電機の経済負荷

(注1) OpenADR アライアンスが定めるデマンドレスポンスに関する規約。  
(注2) 変電所との通信などに使用される通信プロトコル。

配分 (ELD), LFC, 再生可能エネルギー発電と蓄電池を活用したスケジュール運転など様々な機能を持っている。これらの機能により、再生可能エネルギー発電が大量に導入された場合でもシステムの安定を保つことができるため、ディーゼル発電機の燃料費の削減にもつながっている。

CEMSの代表例としては、米国ニューメキシコ州のロスアラモスにおける実証やYSCPへ導入したCEMSが挙げられる。ニューメキシコ州ではPV出力の変動抑制やデマンドレスポンス機能を、またYSCPでは、デマンドレスポンス機能を備え、2012年末から実証実験を進めている。

EV 充電管理としては、イタリア及び米国での提供事例があり、イタリアではローマ市配電・水道公社アチア (ACEA) 社に納入し、2011年12月31日に運用を開始した。また米国では、インディアナ州カーメル市にあるショッピングモールにおいて、PVと連携したEV 充電システム (Plug-in Ecosystem) の実証実験を2013年1月30日に開始した。PVで得た電力を定置型蓄電池に蓄電し、EVが充電する際に蓄電池からの放電を優先することで、配電システムの安定化を図るシステムの商用化に向けた検証を行う。

配電システムの電圧管理については、欧州においてPV大量導入による電圧問題が既に発生しており、サーバモデル及びコントローラモデルとも、電圧管理のソリューションが今後展開されていく予定である。

### 4 あとがき

再生可能エネルギー発電の大量導入, 分散型電源の拡大, 及び省エネ意識の浸透など, 電力システムを取り巻く環境は日々変化し続けてきている。

当社は、長年培ってきた電力システムの監視制御技術を発展させた μEMS を、様々な顧客に対して、スマートグリッドを実現するためのソリューションとして提供していく。



勝山 実 KATSUYAMA Minoru

社会インフラシステム社 電力流通システム事業部 系統ソリューション技術部 専事。スマートグリッドシステムのエンジニアリング業務に従事。

Transmission & Distribution Systems Div.



柿田 千春 KAKITA Chiharu

社会インフラシステム社 府中事業所 電力システムシステム部 グループ長。電力システム監視制御システムの設計・開発に従事。Fuchu Complex