

台湾 澎湖島のスマートグリッドシステム向け μ EMS

μ EMS for Smart Grid Demonstration Project on Penghu Island, Taiwan

コー メイ リエン

■ KHOR Mei Lian

近年、再生可能エネルギーの導入が進み、電力需要を独自に賄う島嶼（とうしょ）ではエネルギー利用の効率化が求められ、特に水道や、鉄道、電力網など既存の社会インフラが整う都市部ではスマートグリッドの導入が注目されている。台湾 澎湖島では、将来海底ケーブルによって台湾本島と系統接続された場合の、離島における電力需給を監視制御するエネルギー管理システム（ μ EMS）の構築を目指し、スマートグリッド実証プロジェクトが工業技術研究院（ITRI：Industrial Technology Research Institute）によって進められている。

東芝はこのプロジェクト用に電力需給を管理するメインプラットフォームである μ EMS を開発して納入した。 μ EMS は、再生可能エネルギー発電予測機能と発電計画機能を用いて、同島に導入された蓄電池システム（ESS）と太陽光発電（PV）設備のインバータを制御し、配電系統における電圧制御、PV出力変動の補正、及び同島に導入された再生可能エネルギーの最適利用を実現する。

With the ongoing introduction of renewable energy systems in recent years, it has become necessary to improve the efficiency of electricity supply and demand on isolated islands that have to supply power independently and to construct smart grids in urban areas that already have developed social infrastructure systems including water supply, railway, and electric power networks. In Taiwan, the Industrial Technology Research Institute (ITRI) has been conducting the Smart Grid Demonstration Project on Penghu Island aimed at the construction of an energy management system (EMS) that will maintain the electricity supply and demand balance of the isolated island when the power grid is connected to the main island via a submarine cable in the future.

Toshiba has supplied its μ EMS (micro energy management system), developed as a primary platform for the monitoring and control of electricity supply and demand, to ITRI as part of the above project. The μ EMS offers a voltage regulation function for the power distribution system, a function to control fluctuations in the output of photovoltaic (PV) power generation facilities, and a function to optimize the use of renewable energy systems connected to the existing power grid by controlling the energy storage system (ESS) and the inverters of PV power generation facilities through power generation prediction and planning applications for renewable energy systems.

1 まえがき

澎湖島は台湾本島の西方約 50 km に位置する島嶼群であり、人口約 10 万人で、その約 60 % が馬公市に集中している。

現在、澎湖島の電力系統は独立した系統であるが、近い将来、海底ケーブルによって台湾本島に接続される予定である。台湾電力公司是再生可能エネルギーを含め、島の電力設備を全て保有している。

台湾の經濟部能源局 (Bureau of Energy, Ministry of Economic Affairs, Taiwan) は、台湾電力公司と共同で、低炭素社会とグリーン交通システムの実現、及びグリーンエネルギー資源の活用を促進させるための新エネルギー政策を発表した。2009 年からスタートした新エネルギー政策の中にスマートグリッドが盛り込まれており、これは新エネルギー政策ロードマップの重要な要素の一つとなっている。

化石燃料の枯渇によるエネルギー危機への対策から、再生可能エネルギーの導入拡大の必要性が増すなか、澎湖島に

10 MW の風力発電設備や数百 kW の PV 設備が設置された。その結果、2014 年、澎湖島は台湾初のスマートグリッド実証サイトとして選定され、非営利の研究開発組織である ITRI が、澎湖島でのスマートグリッド実証プロジェクトを推進している。

この実証プロジェクトは、2015 年 1 月から 2016 年 12 月まで実施され、主な目的は次の 3 点である。

- (1) 低炭素社会の構築を目的としたインフラシステム導入に向けた取組みの技術支援
- (2) スマートグリッド技術を用いた高効率高信頼度の電力供給システムの検証
- (3) (2) の検証結果を活用した台湾電力公司のエネルギー関連技術ロードマップ策定支援

澎湖島の位置を図 1 に示す。今回実証対象となるのは、澎湖島にある馬公変電所につながる 2 本の 11.4 kV 配電線 (RA18 と RA26) であり、これらの配電線に対して PV 設備と ESS が導入される。

東芝は、このプロジェクトに対して、2015 年 7 月までに電力



システムの監視制御を行う μ EMS を納入し、次の五つのスコープを実現した。

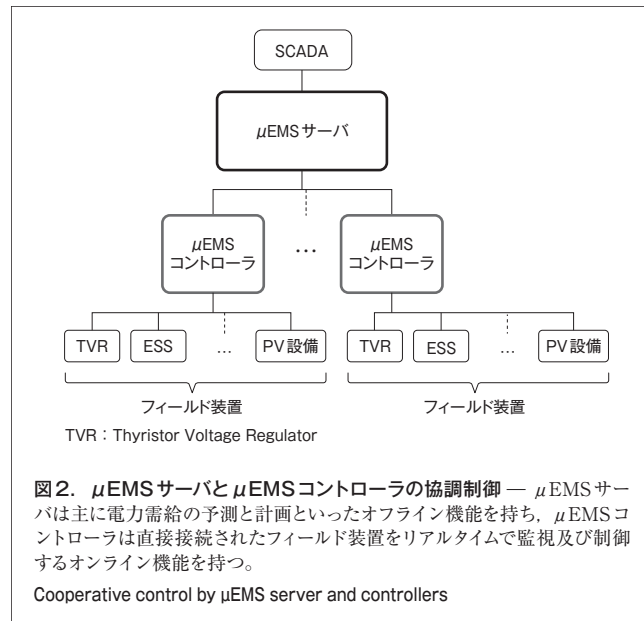
- (1) 需要予測とPV発電量予測 デマンドレスポンスを行うITRIのDRAS (Demand Response Automation Server) に、電力需要やPV発電量の予測データを提供する。
- (2) 需給計画 PV設備の導入により電力需給のバランスを維持するため、PV設備とESSの運用を計画する。
- (3) 電圧制御の高度化 PV設備の導入により電圧の上昇や変動などの問題が生じるため、ESS及びPV設備のインバータからの無効電力供給量を調整し、連系点の電圧を適正に維持する。
- (4) ピークシフト ESSを充放電制御することにより、高負荷時の負荷軽減を実現する。
- (5) PV出力の変動補正 PV出力が大きく変動した際に、ESSは変動を打ち消すように充放電を行い、変動を補正する。

ここでは、当社が納入した μ EMS の概要と μ EMS が実現する機能、及び効果を評価した結果について述べる。

2 μ EMS

2.1 概要

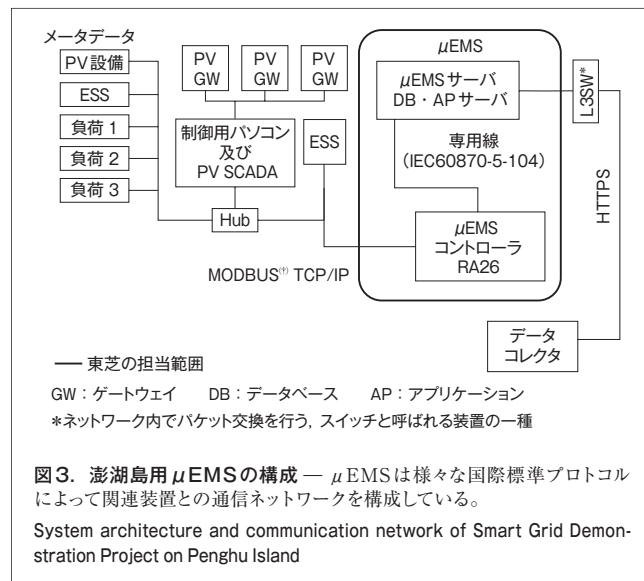
μ EMS は、エネルギーの需要と供給を管理するためのメインプラットフォームである。台湾電力会社のショールームに設置された μ EMS サーバと、PVサイトに設置された μ EMS コントローラから構成され、スマートグリッドのシステム実証を目的に2本の配電線の電力潮流を監視及び制御する。 μ EMS サーバは、運用に支障をきたすことがないよう二重化構成に

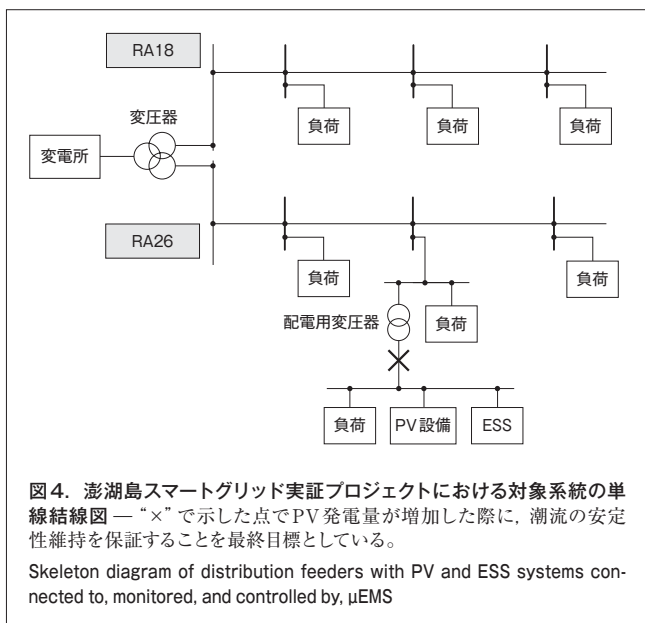


なっており、主に電力需給の予測と計画といったオフライン機能を持つ。 μ EMSコントローラは、直接接続されたフィールド装置をリアルタイムで監視及び制御するオンライン機能を持つ。 μ EMSサーバと μ EMS コントローラ の関係を図2に示す。

2.2 通信プロトコル

μ EMS は IEC 60870-5-104 (国際電気標準会議規格 60870-5-104) や、DNP3 (DNP : Distributed Network Protocol), MODBUS[®] TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) などの国際標準プロトコルに対応している。 μ EMS と ITRI が開発したデータコレクタとの通信には HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) を用い、 μ EMS コントローラと各装置との通信には、MODBUS[®] TCP/IP を使用する。 μ EMS の基本的な構成を図3に示す。





μEMSコントローラはPV、ESS、及び負荷のメータデータをリアルタイムに受信し、受信したデータに基づいたローカルレベルでの制御と、μEMSサーバから受信したコマンドに基づいた制御の両方が可能になっている。また、システム上にはPV設備のインバータが合計31台存在するため、これらの情報を集約するPV SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) を配置した。

2.3 対象系統

監視制御の対象範囲が11.4 kVの配電線に限定されるため、μEMSは、主に11.4 kVの柱上変圧器の電力潮流の安定性維持を行う。合計387 kWのPVが100 kW-37 kWhのESSとともにRA26に設置されており(図4)、“×”で記した点でPV発電量が増加した際に、潮流の安定性維持を保證することを最終目標としている。μEMSはESSの最適な運用計画を作成するために、PV出力を予測する。ESSは既存の送電網では補正できないPV出力の変動を吸収する。更に、系統電圧を適正に維持するため、ESSの無効電力制御を行い、それでも電圧が維持できない場合にはPV設備のインバータの力率調整を実施している。

3 μEMSが実現する機能

μEMSは主にESSと分散型電源を用いて、“予測”、“計画”、“電圧制御”、“ピークシフト”、及び“PV出力変動の補正”の五つの機能を実現する。

3.1 電力需要予測及びPV発電量予測

μEMSは、気象情報と過去需給データに基づき、季節や休日などの需要傾向を考慮しながら、需要予測とPV発電量を予測する。リアルタイムに情報を更新し、長期予測と短期予測

の両方を行う。また、当日の瞬時データを計測して、予測結果を補正する機能も実装している。

3.2 需給計画

μEMSサーバは需要と供給のバランスを維持するために、予測データに基づいてESSとPV設備の運用計画を立てる。電力供給の過不足をESSの制御によって調整することで、PV設備の導入に伴う需給のアンバランスを解消する。

一方、μEMSコントローラは、ESSの充放電制御により連系線潮流の短周期の変動を安定に維持する。連系線潮流の設定値 (Grid Set Point) は式(1)によって求める。

$$\text{Grid Set Point} = \text{PV出力} - \text{負荷} + \text{ESS出力} \quad (1)$$

3.3 電圧制御

受電端電圧が許容範囲に入るように制御する機能である。電圧が上昇又は下降した場合、まず、ESSの無効電力制御により電圧調整を行い、それでも電圧が適正な値にならない場合には、PV設備の有効電力及び力率制御を行う。このように多段階で制御することで、対象配電線の電圧を基準値に維持するための制御を高度化している。装置の制御順位はオペレーターが変更することも可能である。今回の実証では、SVR (Step Voltage Regulator) などの電圧調整装置は用いず、ESSとPV設備のインバータの制御だけで電圧制御を実現している。

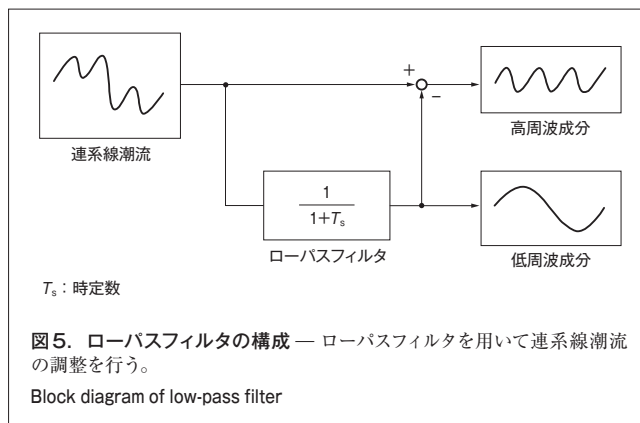
3.4 ピークシフト

高負荷時に負荷の低減をするための機能である。ESSの充放電計画により、次の二つの主な役割を果たす。

- (1) ピークカット 高負荷時において、負荷やPV出力の状況に応じてESSから放電する。
- (2) オフピークチャージ 低負荷時において、負荷やPV出力の状況に応じてESSへ充電する。

3.5 PV出力変動の補正

ESSの充放電により、PV出力の変動を補正する機能である。ローパスフィルタを通して連系線潮流を高周波数成分と低周波数成分に分離し、ESSにより高周波数成分を打ち消すように充放電することでPV出力の変動を補正している(図5)。



4 評価結果

当社が今回納入した μ EMSシステムの監視制御画面を図6及び図7に示す。

μ EMS導入の効果を評価した結果を、以下に述べる。

ここでは、負荷が急激に低下した場合を想定して、制御結果を評価した。次の一連の動作が起こり、連系線潮流が維持されることがわかる(図8)。

- ① 負荷が急激に減少
- ② 負荷の減少に伴い、連系線潮流も減少
- ③ システムが連系線潮流の変化を検出し、ESSを放電から充電へと制御を切替
- ④ ESSの制御により、連系線潮流が戻る方向に変化

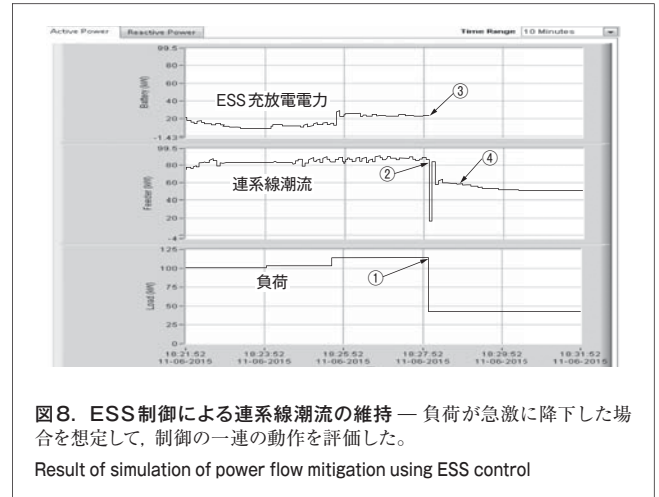


図8. ESS制御による連系線潮流の維持 — 負荷が急激に低下した場合を想定して、制御の一連の動作を評価した。

Result of simulation of power flow mitigation using ESS control

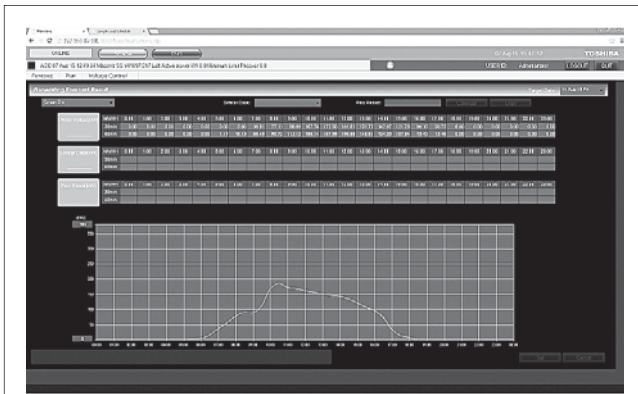


図6. μ EMSサーバ画面例 (PV発電量予測) — PV発電量予測のカーブプロットを示している例である。

Example of graphical user interface (GUI) display of μ EMS server

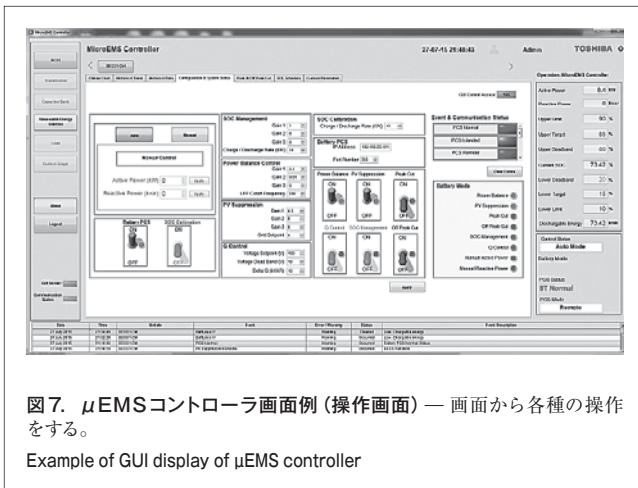


図7. μ EMSコントローラ画面例 (操作画面) — 画面から各種の操作をする。

Example of GUI display of μ EMS controller

5 あとがき

台湾 澎湖島に納入した μ EMSの詳細について述べた。 μ EMSはESSやPV設備などの分散電源の出力を制御し、安定した潮流や連系線電圧を維持する。

このシステムの利点は、需要予測や需給計画によりエネルギーの効率的な利用を促進するだけでなく、負荷や再生可能エネルギー発電の増加に伴う系統への影響を最小化し、潮流の急激な変動を抑制できることである。 μ EMSは、系統へ新たに加わるこれら分散電源を制御するだけでなく、長期的な運用計画も作成し、制御時に考慮することが可能である。

澎湖島での実証プロジェクトは台湾のスマートグリッドロードマップにおいて萌芽(ぼうが)期にあり、今後系統の拡張が見込まれている。同島はエネルギー需給をインテリジェントに計画して制御できるシステムを備え、高品質な電力を提供可能な先進的グリーンテクノロジーのプロトタイプになると期待されている。

- MODBUSは、Schneider Automation Incorporatedの商標。



コーメイ リエン KHOR Mei Lian

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技術主任。スマートグリッド関係のプロジェクト管理に従事。

Transmission & Distribution Systems Div.