

# ブルネイ・ダルサラーム国における電力系統監視制御システムの導入

Introduction into Brunei of SCADA/EMS System Utilizing Common Platform for Overseas Markets

青木 友理 牧野 重幸

■ AOKI Yuri ■ MAKINO Shigeyuki

近年、環境負荷低減や二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量削減のため、スマートグリッドや、再生可能エネルギー、蓄電池などの新規技術の適用が進んでいる。次世代電力系統のスマートグリッドは需要側と供給側が協調して監視制御を行うことで電力供給の最適化を図るもので、電力の見える化と電力系統の監視制御はスマートグリッド技術導入のための最初のステップとなる。

東芝は、海外向けに開発した共通プラットフォームを適用した、電力系統のリアルタイム監視制御を可能にするSCADA(Supervisory Control and Data Acquisition)・EMS(Energy Management System)システムを、ブルネイ・ダルサラーム国(以下、ブルネイと略記)の国営電力会社Department of Electrical Services(DES)に導入する。

Accompanying the rising awareness of the need to lessen the burden on the environment and reduce carbon dioxide(CO<sub>2</sub>) emissions in recent years, efforts are being made to improve the efficiency of power grids in electric power systems and develop new technologies for smart grids, renewable energy sources, battery energy storage systems, and so on. Both visualization of electricity consumption and introduction of real-time monitoring and control systems for power grids are the first step toward the realization of a smart grid, which is a next-generation power grid that ensures optimal power supply by monitoring and controlling electric power from both the demand side and supply side.

Toshiba has developed a supervisory control and data acquisition(SCADA) system and energy management system(EMS) utilizing a newly developed common platform for power grid control and monitoring systems in overseas markets. We have supplied this SCADA/EMS system to the Department of Electrical Services(DES), the public power utility in Brunei, in order to facilitate real-time monitoring and control of its power grid.

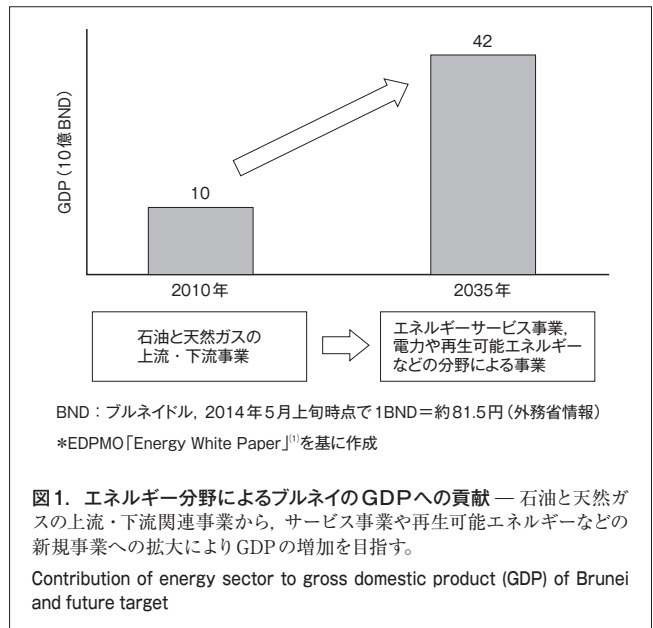
## 1 まえがき

近年、環境負荷低減やCO<sub>2</sub>排出量の削減を背景に、スマートグリッドや、再生可能エネルギー、蓄電池などの新規技術が注目されている。スマートグリッドは、再生可能エネルギーや蓄電池などを導入し、電力系統の需要側と供給側が協調して監視制御を行い、電力供給の最適化を図る次世代電力系統である。電力の見える化と電力系統の監視制御システムは、スマートグリッド技術導入のための最初のステップとなる。

東芝は、電力系統のリアルタイム監視制御を可能にするSCADA・EMSシステムをブルネイ国営電力会社DESに導入する。ここでは、このシステムの導入プロジェクトの概要と、海外向けに開発した共通プラットフォーム上に構成したSCADA・EMSシステムについて述べる。

## 2 ブルネイの電力事情

ブルネイは、東南アジアに位置する人口約40万人の国である。ブルネイではエネルギー部門がGDP(国内総生産)の60%以上を占め、約2万4千人の雇用を創出している。ここでは、DESが一般顧客の住宅へ、民営電力事業会社Berakas Power Management Company(BPMC)が空港や政府機関などの施設へ電力を供給している。



2014年、DESを運営するThe Energy Department of Prime Minister's Office(EDPMO)が、将来のエネルギー産業のための政府ビジョンに関して、ホワイトペーパーを公開した<sup>(1)</sup>。それによると、ブルネイ政府は、次に示す三つの目標を掲げ、2010年における石油と天然ガスの上流・下流事業を、2035年までにエネルギーサービス事業と電力や再生可能エネ

ルギーなどエネルギー関連事業にまで拡大して収益を増大させてとしている(図1)。

- (1) 石油と天然ガスの上流・下流事業の強化成長
  - (2) エネルギーの安全で信頼性のある高効率な供給と消費の確保
  - (3) エネルギー産業からの経済波及の最大化 国内開発事業の拡大と国民労働者の事業参画及び技術力向上
- 特に(2)と(3)を達成するための活動の一つとして、DESは、発電機や電力システムの監視制御を行うSCADAシステムと需給バランスの保証を行うEMSシステムの導入を進めている。導入プロジェクトの中で、当社はこのSCADAシステムとEMSシステムを納入することになった。

導入プロジェクトは二つのフェーズに分かれている。

フェーズ1は、2014年7月から2016年1月に実施され、そのスコープは以下のとおりである。

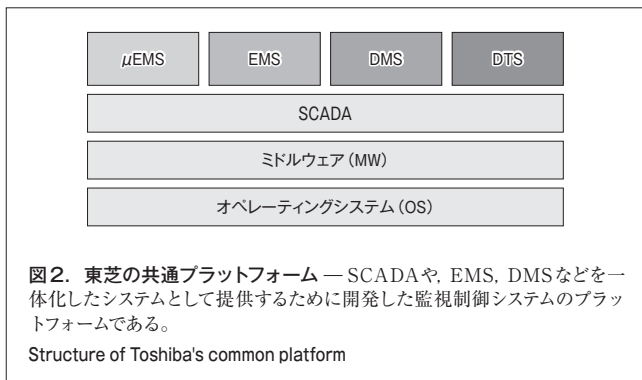
- (1) SCADA・EMSシステムのソフトウェア開発
- (2) National Control Center (NCC) と Disaster Recovery Center (DRC) での現地調整
- (3) 66 kV 変電所13か所及び11 kV 変電所95か所とSCADAの連係

このプロジェクトでは、SCADA・EMSシステムのソフトウェア開発を当社が担当し、遠隔監視制御装置(RTU)、通信ネットワーク、及びハードウェア装置の調達、サイト据付け、試運転をマレーシアの当社現地法人であるToshiba Transmission & Distribution Systems Asia (TTDA) が担当する。

フェーズ2は、2016年の初めに開始予定であり、フェーズ1外の変電所との連係、EMSシステムの現地調整、及びDTS(Dispatch Training System)の開発がスコープに含まれる。

### 3 共通プラットフォーム

国内では、運用体制によりSCADA, EMS, 及びDMS (Distribution Management System) がそれぞれ分離したシステムで運用されるが、海外では、それらを一体化したシステムとして要求される場合がある。そのため当社は、グローバル展



開に向けて中規模から大規模システムにも適用できる新たなプラットフォームの開発を進めてきた。この共通プラットフォームの構成を図2に示す。これは、SCADA,  $\mu$ EMS (スマートグリッド監視制御システム), EMS, DMS, 及びDTSのような監視制御システムのベースとなるものである。

今回ブルネイに納入するシステムは、SCADA, EMS, 及びDTS (フェーズ2) がスコープとして含まれ、この共通プラットフォームを適用する1号機である。今後は、海外標準SCADAシステムとして適用していく予定である。

### 4 SCADAシステム

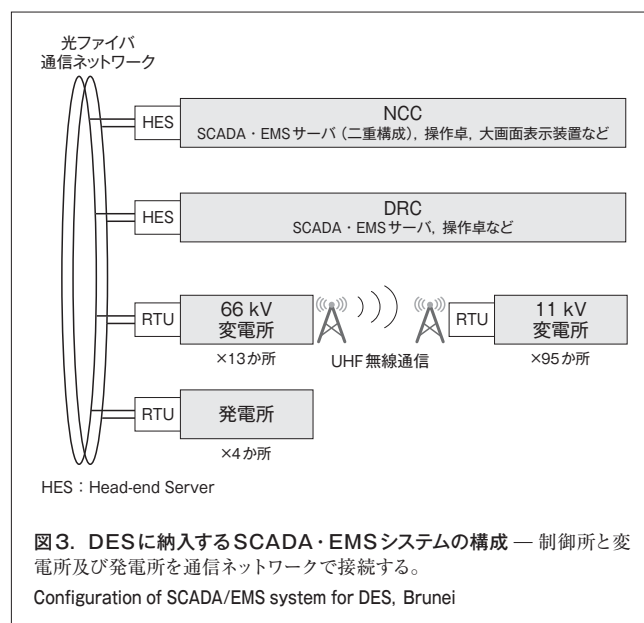
システムの構成と機能について、以下に述べる。

#### 4.1 システム構成及びデータ通信

全体のシステム構成を図3に示す。SCADAシステムは、DESのNCCとDRCに導入され、運用される。NCCはメインの制御所として運用されるため、二重系のサーバで構築された冗長性のある構成としている。DRCは、自然災害やシステム故障などが発生した場合に、NCCのバックアップ局となる。

SCADAサーバは、専用の通信ネットワークを経由して変電所と通信を行う。ほとんどの66 kV 変電所とは光ファイバ通信を用いて通信するが、いくつかの66 kV 変電所とはマイクロ波無線を用いている。66 kV 変電所から11 kV 変電所への通信では、UHF (Ultra High Frequency) 無線が使用される。

遠隔監視制御装置(RTU)は各変電所に設置され、遮断器や、開閉器、その他の関連機器に対する監視、操作、制御などの情報をSCADAサーバと送受信する。その通信には、電力システムなどで多用されるオープン通信プロトコルの一つであるDNP3 (Distributed Network Protocol) を採用した。



## 4.2 SCADA機能

SCADAシステムの主な機能を以下に述べる。

**4.2.1 監視制御機能** 変電所のデータはSCADAサーバに送信され、監視、記録される。オペレーターはSCADAのデータに基づいて変電所内の機器を操作する。

変電所データには主に、監視 (SV) データと計測 (TM) データの2タイプがある。SVデータは、開閉器のオン/オフや変圧器タップの上げ/下げのような2値情報で、値の変化が感知されると警報が出力される。TMデータは有効電力など計測されたアナログ値で、特定の帯域を上回ると、オペレーターが原因を特定し解決するための措置をとるよう、警報が出力される。

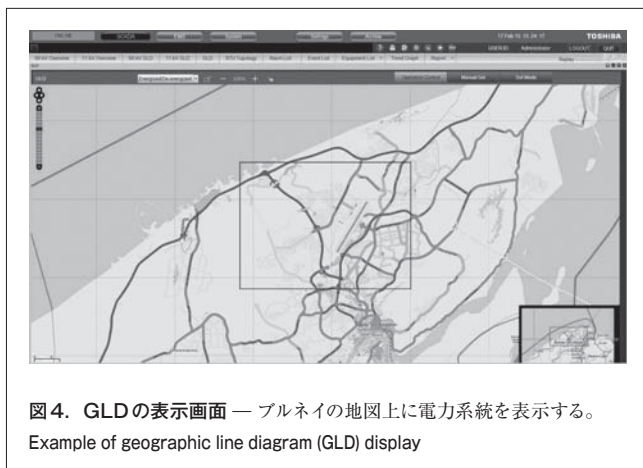
**4.2.2 記録機能** SCADAサーバで処理された実績データや、操作、イベント、警報などは、ヒストリアンサーバに記録される。記録されたデータは、テーブル形式やトレンドグラフ上で見ることができ、過去データと現在のデータを比較したり、多数のデータを同時に見たりすることができる。また、過去データを用いたレポート出力や、トレンドグラフ出力、リプレイ、アーカイブなどの機能を持つ。

**4.2.3 表示機能** 次の三つの電力系統表示がある。

- (1) 全系図 全ての変電所間の送電線接続関係を表示
- (2) 単線結線図 (SLD: Single Line Diagram) 各変電所の機器の接続形態を詳細に表示
- (3) GLD (Geographic Line Diagram) ブルネイの地図上に電力系統を地理的に表示 (図4)

オペレーターは、これらのどの表示画面からでも、電力系統内の個々の機器に対して操作したり制御したりできる。その操作には、遠隔制御、手動設定、警報の承認、及びメモ操作の4種類がある。また、トレンドグラフやその他の設定と同様に、オペレーターごとに画面の表示構成を任意に設定することができ、運用に適した表示構成で利用できる。

**4.2.4 メンテナンス機能** 遮断器や変圧器などの定格値、SLDでの設備情報、地図上の座標、IP (Internet Pro-



tocpl) アドレスといった設備データ及び系統データは設備データベースに記憶される。ユーザーが電力系統を変更したり新たに機器を追加したりする場合、データベースメンテナンスツールを使用して設備・系統データの追加や更新ができる。

**4.2.5 セキュリティ機能** ユーザーの権限に基づいて認証を行うユーザー管理機能がある。この機能はオペレーターに各機能の操作を許可したり制限を与えたりするもので、管理者がオペレーターに対して各画面の閲覧だけ又は操作許可などの権限を付与する。

## 5 EMSシステム

SCADAシステムが電力系統の監視制御をするのに対して、EMSシステムは需給上の監視、計測、及び制御を行うことで、発電・配電システムの運用を最適化する。

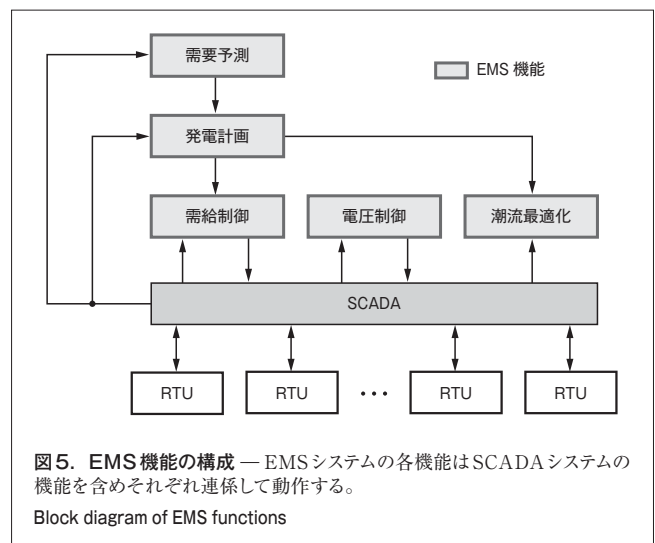
DESの電力系統には、全て天然ガスを用いたガスタービン発電を行う、Gadong IA, Gadong II, Bukit Panggal, 及び Lumutの四つの発電所があり、その発電最大容量は約450 MWである。ブルネイは天然ガスが豊富にあり、他国と比較してエネルギーコストは比較的安い、EMSシステムによりスケジュールに沿った負荷予測と発電計画を行うことで、発電の効率を向上させ、経済性をいっそう高められる。

当社のEMSシステムには、需要予測、発電計画、需給制御、電圧制御、及び潮流最適化の五つの主な機能がある (図5)。それぞれの機能を以下に述べる。

### 5.1 需要予測機能

需要予測機能は、気象予報データと、SCADAシステムが過去に記録した日ごとの需要データに基づいて総需要を予測する。日データのタイプは、平日や、週末、休日、特別日など、類似する需要のグループに分類できる。

予測結果の需要カーブを過去の実際の日データと比較する



ことができ、オペレーターは経験に基づいて需要予測を修正できる。需要予測データは、発電計画の作成に使用される。

## 5.2 発電計画機能

発電計画機能は、需要予測結果の総需要予測を用いた負荷曲線から、経済的負荷配分 (ELD: Economic Load Dispatch) 法と発電機起動停止 (UC: Unit Commitment) 法のいずれかを使用して、もっとも低コストで発電資源を使用できる発電計画を決定する。発電計画策定の際には、発電容量や、ランプレート、燃料の消費特性、燃料単価などの様々なパラメータの他、メンテナンス中の発電ユニットなどを制約することも考慮されている。

この機能では、計算過程で算出された数値と負荷配分結果のグラフや、発電計画ごとの運転予備力 (スピニングリザーブ) と運用コストの算出結果が出力される。

## 5.3 需給制御機能

需給制御機能は、電力システムの周波数の安定性と発電機の高効率な運用を提供する。この機能は、発電計画機能の結果を参照して、発電機の有効電力をリアルタイムに制御できる。

需給制御には、手動制御、計画制御、経済負荷配分制御 (EDC: Economic Load Dispatch Control)、及び負荷周波数制御 (LFC: Load Frequency Control) の四つの方法がある。手動制御は、画面上の手動操作によって発電機の遠隔制御を行う。計画制御は、発電計画機能で策定した発電計画に基づいて発電機を遠隔制御する。EDCは、負荷配分結果の事前予測に基づいて発電機を制御する。LFCは、制御対象発電機の出力を変化させて周波数を許容範囲内に維持する。

## 5.4 電圧制御機能

電圧制御機能は、電圧を総合的に監視し、電圧が許容範囲を逸脱した場合、電圧調整装置を制御してシステム全体の電圧を許容範囲内に維持する。電圧は発電機の無効電力制御又は変圧器のタップ操作によって変化させることができる。

電圧制御には、個別制御と集中制御の二つの制御方法がある。個別制御では、個々の電圧監視点での電圧偏差に基づいて機器を制御する。集中制御では、電力システム全体の電圧偏差に基づいて機器を制御する。それぞれの発電機及び変圧器タップは、個別制御又は集中制御の対象にする、あるいは電圧制御の対象にしないという三つに分類できる。

## 5.5 潮流最適化機能

潮流最適化機能は、電力設備や電力システムの制約を考慮して電力システム運用を改善するもので、有効電力及び無効電力の損失を最小限にするための値を算出する。その計算結果は電力システムの最適運用に役立てることができる。

## 6 ハードウェア

SCADA・EMSシステムのハードウェアには、サーバ、パソ

コンを搭載したオペレーターとエンジニア用操作卓、NCCに納入する大画面表示装置、GPS (全地球測位システム) 時計装置、警報装置、プリンタ、及びIP電話がある。

サーバは、Head-end Server (HES)、SCADAサーバ、EMSサーバ、及びヒストリアンサーバの4タイプがある。HESは通信サーバとして動作し、RTUからの情報を受信して他のサーバに情報を中継する。SCADAサーバとEMSサーバは前述したSCADAとEMSの機能を実行し、ヒストリアンサーバはSCADA機能によって収集されたデータを記録する。

IP電話はNCC、DRC、及び66 kV 変電所に設置され、これらにより構成されるIP電話システムには、IP電話での会話を録音可能なボイスレコーディング機能も実装されている。

## 7 あとがき

共通プラットフォームを適用した海外向けSCADA・EMSシステムの1号機としてDESに納入するシステムは、機器や電力システムを可視化し、電力システム監視制御の操作性と発電効率を向上させることにより、電力システムの信頼性を大きく改善できる。また、EMS機能を統合することで発電効率と信頼性のいっそうの改善を図ることができ、燃料の節約によるブルネイの収益拡大に貢献できる。このプロジェクトでは、当社がDESのエンジニアやオペレーターのトレーニングも行うため、ブルネイでの人材育成にも貢献できる。

また将来的に、ブルネイで再生可能エネルギーの導入が促進される際は、共通プラットフォーム上のスマートグリッド向け機能を拡張することにより、再生エネルギー発電設備や、蓄電池、スマートメータなどの監視及び制御が可能である。今後も、このようなシステムを提供することでブルネイのスマートグリッドの更なる発展に寄与していく。

## 文 献

- (1) The Energy Department of Prime Minister's Office (EDPMO) of Brunei Darussalam. Energy White Paper. <<https://www.usasean.org/sites/default/files/uploads/Energy%20White%20Paper%202014.pdf>>, (accessed 2015-06-30).



青木 友理 AOKI Yuri

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。スマートグリッドのプロジェクト管理と海外事業開発に従事。

Transmission & Distribution Systems Div.



牧野 重幸 MAKINO Shigeyuki

社会インフラシステム社 府中社会インフラシステム工場 電力システムシステム部主査。電力システム監視制御システムの設計・開発に従事。

Fuchu Operations - Social Infrastructure Systems