

# 電力流通広域協調分散システム 電力の安定供給と品質向上のために

Widely Cooperated and Distributed Electric Power Systems

田村 滋 Shigeru Tamura

小松 親司 Chikashi Komatsu

渡辺 雅浩 Masahiro Watanabe

松崎 崇夫 Takao Matsuzaki

大森 隆宏 Takahiro Omori

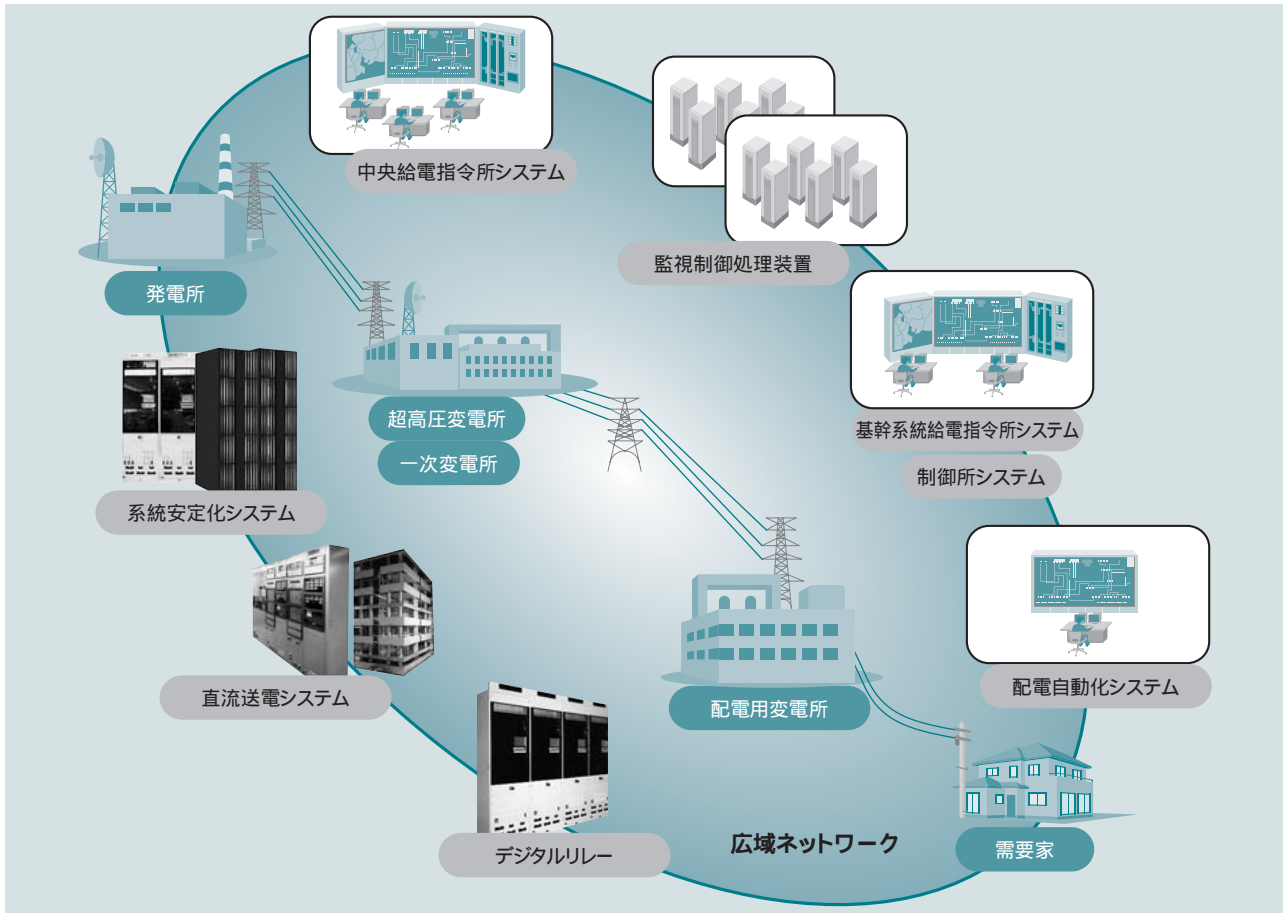


図1 社会インフラの基盤である電力系統を支える日立グループの電力流通システム

電力系統監視制御システム(中央給電指令所・基幹系統給電指令所・制御所・配電自動化システム),系統安定化システム,直流送電システム,デジタルリレーなどの電力流通システムが電力系統に配置され,広域ネットワークを介して接続されている。

電力は社会インフラの基盤である。電力安定供給のために、電力会社は、電力系統を監視・制御・保護する電力系統監視制御システム、保護制御システムなどの電力流通システムを配置している。近年、遠隔地への長距離送電や電力品質向上などのために、直流送電システムや系統安定化システムなどへのニーズも高まりつつある。

日立グループは、さらなる電力安定供給や電力品質向上のために、最近のIP技術やITと電力系統技術を融合し、広域協調分散システムである21世紀の電力流通システムを構築している。これは、分散されたシステム間の情報のシームレス化により、システムとして協調・自律することができ、全体として最適な計算機システムとなるものである。

## 1.はじめに

発電所から需要家まで電力を送電する電力流通網においては、地域的に、かつ階層的に配置された電力系統監視制御システムや、変電所ごとに設置された保護制御システムなどの電力流通システムが現在の電力安定供給に貢献している。電力は社会インフラの基盤であるとともに、日常生活におけるクリーンエネルギー源として期待されており、これらの電力流通システムには、さらなる電力安定供給や電力品質向上が求められる。

日立グループは、最近のIP(Internet Protocol)技術やIT(Information Technology)と電力系統技術を融合することにより、21世紀の電力流通システムを構築している。新しい電

力流通システムとは広域協調分散システムであり、個々の計算機システムは機能的に、かつ業務的に最適性を追求するとともに、地域的・階層的に分散された計算機システムが広域ネットワークを介して情報をシームレスにやり取りすることにより、システムとして協調・自律することができ、全体として最適な計算機システムとなるものである。

新しい電力流通システムでは、より高度な監視・制御・保護や効率的な業務の遂行が可能となり、さらなる電力安定供給や電力品質向上のニーズに応えることができる(図1参照)。

ここでは、日立グループの新しい電力流通システムの概要とその適用例について述べる。

## 2. 新しい電力系統監視制御システム

電力系統監視制御システムは、周波数などの需給制御を担う階層最上位の中央給電指令所(中給システム)を先頭に、その下位に位置し、超高圧・特別高圧系統などの電力輸送を監視制御する基幹系統給電指令所(基幹給システム)や系統給電指令所(系統給システム)、制御所システム、および需要家へ直接電力を供給する配電系統の監視制御をつかさどる配電自動化システムなどから構成されている。

### 2.1 中給システム

電力系統全系の需給バランスを維持することが中給システムの大きな使命であり、そのために需給制御の機能を備えている。需給制御機能において、日立グループは、機能的に最適化するために、発電に使用する燃料費を最小限に抑え、かつ需要変動に対する予備力を常に確保する新しいアルゴリズムを開発している<sup>1)</sup>。

一方、中給システムには、その重要性から、地震などの被災時でも即座にバックアップできるシステムが望まれている。これに対し、日立グループは、最新のIP技術とITを用いて広域協調分散システムのためのロケーションフリー技術を開発した(図2参照)。

従来のシステムでは指令所(運用個所)に処理装置が付随していたのに対し、この技術を適用することにより、広域ネットワークを介して運用個所と処理装置が接続され、処理装置は任意の場所への配置が可能となる。したがって、処理装置が被災すると、運用者は運用個所からの認証により、任意の他の処理装置を選択して運用を続行できるようになる。

ロケーションフリー技術を適用した新しい中給システムでは、中央給電指令所と基幹系統給電指令所が相互にバックアップできる構成となっている。

### 2.2 系統給システム、制御所システム

系統給システムや制御所システムにおいては、運用コスト低

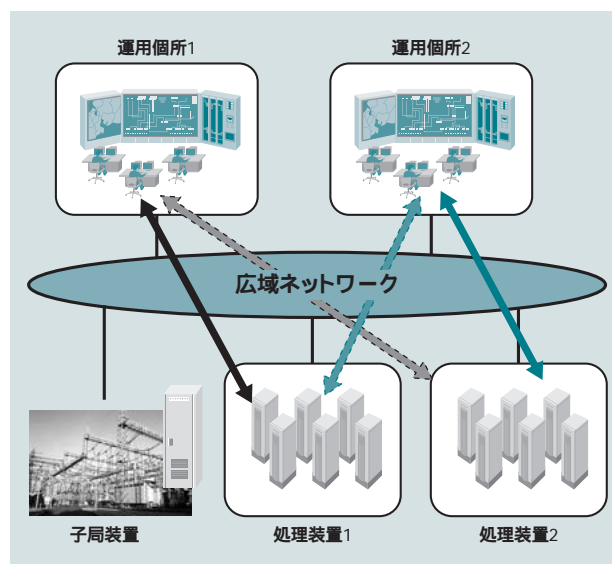


図2 ロケーションフリー技術の概要

ロケーションフリー技術を適用することで、処理装置を任意の場所に配置できる。運用個所からの認証によって処理装置を選択することができるため、処理装置1が被災時には、処理装置2を用いて運用を継続できる。

減の観点から、従来の複数の給電指令所システムや制御所システムが集約化(統合化)されてきている。一方、電力安定供給や電力品質向上のニーズから、統合化によって運用者の監視制御範囲が広範囲となるとともに、扱う情報量も増えることに対応し、運用の効率向上が望まれている。

統合化の一例として、従来の給電指令所システムに、ハードウェア増設、データベース拡張、機能追加などの増強工事を実施して、隣接する給電指令所を統合する系統給システムを開発した。

開発にあたって、広範囲な管轄系統と膨大な情報を監視する運用者の負担を軽減し、運用効率を向上させるために、関連するシステムとの情報のシームレス化と各種の機能高度化を実現した。

主な要件は以下のとおりである。

- (1) HMI( Human-machine Interface )の高度化による、系統事故や系統運用状況の的確な把握
- (2) 関連するシステムとの情報関係強化による、平常時操作業務や記録統計業務の運用効率の向上
- (3) 系統計画情報や作業停止情報の他系統給システムとの機能関係、および情報共有による設備停止時の系統信頼度検討業務や停止日程調整業務の省力化
- (4) 訓練機能の導入や事故状況配信機能の強化

統合化によって個々のシステムの重要性が増すことから、前述したロケーションフリー技術が系統給システムや制御所システムへも適用されつつある。

### 2.3 配電自動化システム

配電自動化システムの導入は、1990年ごろから各電力会

社で加速的に進められてきたが、その導入形態は基本的に停電時間短縮を主な目的とした営業所単位でのシステム導入であり、個々のシステムの最適性を追求するものであった。

現在は、さらなる供給信頼度、電力品質の向上をめざして、IP技術やITの導入拡大、計算機技術の進展により、上位の制御所システムとの垂直連係技術、下位の営業所単位の配電自動化システム間での水平連係技術が導入され、系統運用面でのシームレス化が図られている。

従来、配電自動化システムと制御所システムは電話連絡などの手段によって個別に協調して操作する必要があったのに対し、垂直連係技術により、変電所の操作と配電系統操作が、あたかも一つの操作手順を実行するかのごとく、自動操作できるようになっている。また、隣接する複数の配電自動化システムが独立した単独のシステムとして導入されていたのに対し、水平連係技術により、営業所間境界点から相手先のデータベースを相互に連係することによって営業所間で連係した系統操作が可能となり、広域にまたがる系統操作の自動化を実現している(図3参照)。

その実現方式としては、配電自動化システムの当該個所所管の保守運用範囲での系統データベースをメンテナンスするだけで、当該個所範囲外のデータが必要なときには、連係個所からそのデータを取得し、系統の監視制御を実行する方式が採用されている。

これらの技術を導入した効果の主要点として以下の項目が挙げられる。

(1) 垂直連係効果として、上位の制御所システムとの計算

機間連係により、配電用変電所機器操作を伴う作業時系統切り替え操作、事故停電復旧操作の自動操作化が可能となる。

(2) 水平連係効果として、隣接する営業所の配電自動化システムとの計算機間連係により、広域停電事故時に営業所間の融通切り替え操作が可能となり、供給信頼度のさらなる向上を図る。

### 3. 直流送電システムおよび系統安定化システム

広域に連系された電力系統において、遠隔地への長距離送電による電力安定供給に直流送電システム(HVDC:High Voltage Direct Current)は欠かせないものとなっている。さらに、電力自由化に伴う電力会社間融通(BTB:Back to Back)の重要性が増していることや、電力品質向上を目的としたフリッカ抑制制御、および広域の電圧安定化制御などのニーズから、パワーエレクトロニクス技術を適用した直流送電システムがますます期待されている。

また、電力系統にいったん事故が発生すると、広域に連系された電力系統に大きな影響を及ぼすことから、広域安定化を目的とした系統安定化システムのニーズも高まりつつある。

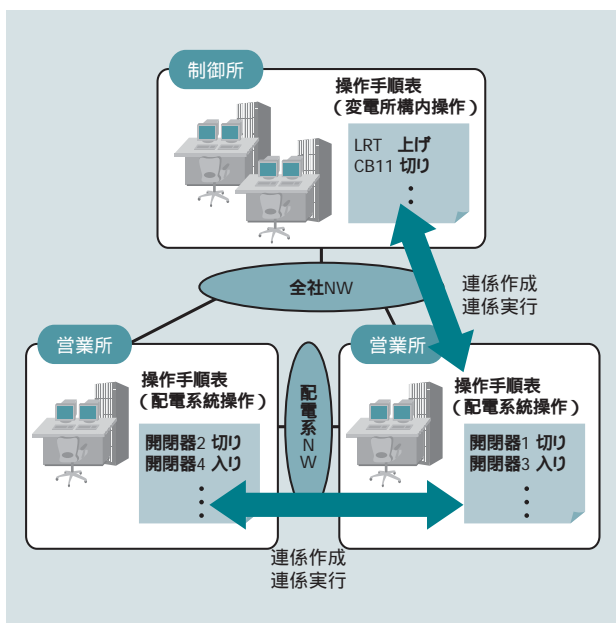
最新の直流送電システムおよび系統安定化システムについて以下に述べる。

#### 3.1 直流送電システム

直流送電システムは、サイリスタ、GTO(Gate Turn-off Thyristor)、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)などのパワー半導体素子を用いて、交流をいったん直流に変換することで、長距離送電や電力会社間融通、50 Hzと60 Hzの周波数変換(FC:Frequency Converter)などを行うシステムである。また、類似の技術を用いて系統の電圧、無効電力を制御するSVC(Static Var Compensator)システムなどがある<sup>2)</sup>。

これらのパワーエレクトロニクス機器を高速かつ安全に運用するため、制御保護システムには高速サンプリング(100 μs間隔でのサンプリング)、高性能・高機能、高信頼性、保守性を実現するデジタル形ヒューマンインタフェースが要求される。

日立グループは、デジタル演算形の制御装置の進歩と、高速な電力制御が可能である直流送電システムの特徴を最大限に生かして、電力系統の周波数制御、融通制御や長周期の電力動揺を抑制する電力動揺抑制制御などに適用し、電力融通だけでなく電力系統の安定化の一翼を担う直流送電システムを開発している。また、日立グループは、国内の直流送電システム(HVDC, FC, BTB)計6か所8設備すべてにシステムを納入しており、今後も豊かな経験と技術力を生かして、ますます高まる直流送電技術へのニーズに応じてソリューション技術を提供していく考えである<sup>3)</sup>。



注:略語説明 LRT(Load Ratio Control Transformer), CB(Circuit Breaker), NW(Network)

図3 システム間連係操作の概要

各システムが連係することにより、自管轄系統内の操作手順を自動作成し、システム間連係で目的とする系統操作を自動実行する。



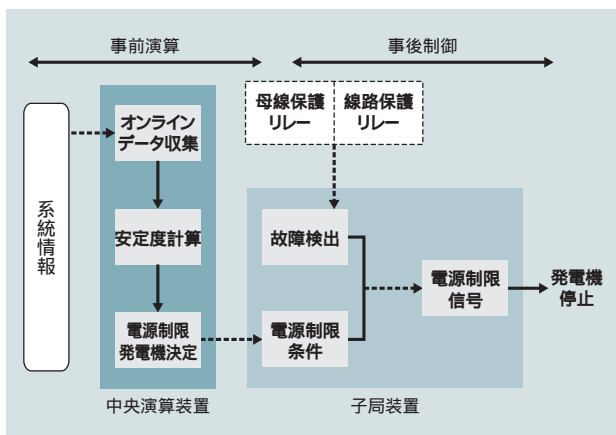


図4 オンラインTSC(Transient Stability Control)システムの処理の概要

中央演算装置での事前演算によって電源制限発電機を決定し、その結果を子局装置に送信し、故障発生時に電源制限信号を出力する。

### 3.2 系統安定化システム

電源の容量増大、遠隔化、偏在化および送電線の長距離化や重潮流化は、いっそう進む傾向にある。これらは系統の安定度特性を厳しくする方向に作用するため、系統故障時に発電機脱調による大規模電源脱落や広域停電への拡大が懸念される。この問題を解決する方策として、日立グループは、系統故障発生時に発電機の一部を解列する電源制限などにより、系統故障発生後の発電機加速を抑制し、発電機脱調を未然に防止することを目的とする系統安定化システムを開発している。

系統安定化システムの一つであるオンラインTSC(Transient Stability Control)システムは、広域協調分散システムであり、

システムは中央演算装置と子局装置から成る(図4参照)。中央演算装置では、想定される系統故障に対し、周期的に電源制限の遮断テーブルを作成し、遮断テーブルを子局装置にダウンロードする<sup>4)</sup>。実際に系統故障が発生すると、子局装置が各種保護リレーの故障発生情報と遮断テーブルにより、自律的に制御を実施する。

従来、子局装置の遮断テーブルが固定であったのに対し、オンラインTSCシステムでは遮断テーブルをリアルタイムで決定できるため、より正確な安定化制御が実施され、電力の安定供給に寄与している。

## 4. おわりに

ここでは、さらなる電力安定供給や電力品質向上のニーズに応える、日立グループの新しい電力流通システムの概要とその適用例について述べた。

日立グループは、今後も、IP技術やITを駆使し、電力系統技術をシームレスに融合させ、電力安定供給、電力品質向上、そして業務効率化に貢献する広域協調分散システムの開発を推進していく考えである。

### 参考文献

- 1) 久保, 外: 火力・揚水発電所経済運用支援システムの開発, 平成20年電気学会全国大会(2008.3)
- 2) 加藤, 外: フリッカ抑制機能付き自動式無効電力補償装置の開発, 日立評論, 89, 2, 204~207(2007.2)
- 3) 相原, 外: 電力系統解析のためのシミュレーション技術, 計測自動制御学会, 45, 1(2006.1)
- 4) 竹内, 外: 簡略安定度計算を用いた過渡安定度ランキング手法の開発, 電気学会論文誌B, 128, 1(2008)

### 執筆者紹介



田村 滋  
1983年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 電力システム設計部 所属  
現在, 電力系統監視制御システムの開発に従事  
工学博士  
電気学会会員, IEEE会員



大森 隆宏  
1993年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 送変電システム設計部 所属  
現在, 直流送電システムの設計に従事  
電気学会会員



松崎 崇夫  
1984年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 電力システム設計部 所属  
現在, 配電自動化システムの開発に従事



渡辺 雅浩  
1991年日立製作所入社, 日立研究所 情報制御研究センタ 情報制御第二研究部 電力情報制御ユニット 所属  
現在, 送配電系統の解析制御技術の研究に従事  
電気学会会員, IEEE会員



小松 親司  
1991年日立製作所入社, 情報・通信グループ 情報制御システム事業部 送変電システム設計部 所属  
現在, 電力系統保護システムの設計に従事  
電気学会会員