

規制緩和・電力自由化時代の電力系統・配電システム

Power Transmission and Distribution Systems under Deregulation Schemes

都築 辰夫
TSUZUKI Tatsuo

工藤 謹正
KUDO Yoshimasa

小林 武則
KOBAYASHI Takenori

海外において電力の規制緩和・自由化が進行するなど、電気事業を巡る状況は急速に変わってきており、わが国においても2000年3月21日から特別高圧需要家を対象とした小売部分自由化が開始された。今後、更に自由化の範囲は拡大されていくものと思われ、新規事業者の参入だけでなく、電力会社自身も各社それぞれ強みを生かしたサービスの差異化を図っていくものと考えられる。

当社は、このような状況にこたえるために、規制緩和・電力自由化時代の電力系統・配電システムの開発に着手しており、既に一部運用で実績を上げている。開発した主な製品・技術は、現状の部分自由化制度における系統信頼度への影響をチェックし、更に回避手段を示すもの、及び託送におけるルールを守るもの、更には需要家へのサービスによる差異化を図るものなどである。

Partial liberalization of power retailing was introduced in Japan on March 21, 2000 with retail wheeling schemes for eligible large-scale customers. In the near future, deregulation schemes will be expanded in the Japanese electricity supply industry and not only will new participants enter, but power utilities themselves will be promoting differentiation of services utilizing their individual strengths.

In response to these circumstances, Toshiba has developed products and a prototype to evaluate wheeling schemes which take power system security into consideration, fulfill the required responsibility between the power supplier and eligible customers, and provide advantageous services to distribution customers.

1 まえがき

2000年3月21日から、特高受電(2万V以上、契約電力2千kW以上)の需要家を対象とした電力の小売部分自由化が開始され、電力会社以外の事業者(特定規模電気事業者: Power Producer and Suppliers, 以下PPSと略記)による電力の小売りが可能になった。2001年4月9日時点で、9者のPPSが経済産業省への届出を済ませており、そのうちの5者が実際に電力小売事業を行っている。また、2003年には、自由化の対象となる需要家が高圧受電まで拡大されるとも言われている。

このような電力の規制緩和・自由化の流れのなかで、当社が電力会社及び新規事業者に対して提供できる製品・技術について以下に述べる。

2 電力小売自由化対応

2.1 託送条件評価支援システム

現行の電力小売市場の自由化では、PPSが所有若しくは買電契約を結んだ発電所から、電力会社の送電線を使用して需要家に電力を送る小売託送(以下、託送と略記)が行われる。PPSは、「いつ、どこからどこへ、何MWを送りたい」という託送条件を、系統運用者である電力会社に申請する

ことになる。一方、電力系統の安定運用、すなわち供給信頼度の維持は、従来どおり系統運用者である電力会社の責務である。したがって、今後自由化が浸透して託送の数と量が増大した場合の系統運用者の関心は、申請された託送条件に関して、次のような点を正確かつ迅速に評価することにある。

- (1) すべての託送を実行した場合でも、系統の供給信頼度を維持できるか。
- (2) 各託送は、系統の供給信頼度にどのような影響を与えるのか。
- (3) 供給信頼度を維持するためには、どのような系統操作が必要となるか。
- (4) それら系統操作によって、どれだけのコストが生ずるのか。

当社では、自由化環境下における系統運用者向け支援システムとして、このようなニーズにこたえるための“託送条件評価支援システム”をいち早く提案し、そのプロトタイプシステムを開発した。このシステムは、申請された託送条件から上記(1)~(4)の演算・評価を自動的に実行し、結果をビジュアルにわかりやすく提示することで、系統運用者の運用計画業務を支援することを目的としている。

このシステムは、GUI(Graphical User Interface)によるユーザー入出力機能、供給信頼度に基づく評価演算機能

(対策操作量やコスト評価も含む)、及び評価演算のためのデータベース機能から構成される。現在のプロトタイプシステムでは、供給信頼度として、過負荷、電圧異常、電圧安定度の三つの指標を扱い、あらかじめ指定したN-1想定事故までを対象に評価をしているが、対象系統の特徴に応じて定態安定度や過渡安定度といった指標も扱うことを想定している。プロトタイプシステムにおける画面表示例を図1に示す。

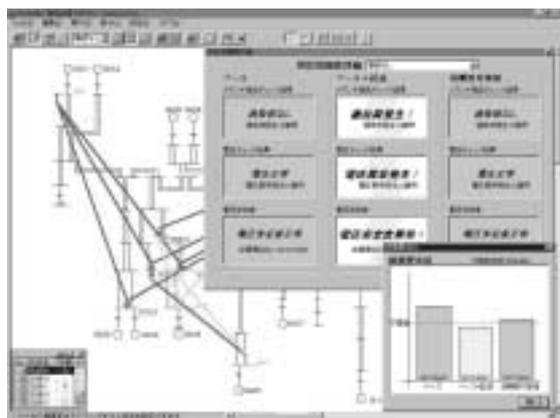


図1．託送条件評価支援システムの画面表示例 評価演算を行うことにより、申請された託送によって発生する供給信頼度の問題、並びにその回避策適用後の結果が表示される。
Results of wheeling evaluation considering power system security

託送ルールや料金設定といった制度的な問題は現状不確定な要素であるが、このシステムでは、供給信頼度に基づく託送条件評価という(制度に左右されない)技術的な問題を対象としている。汎用性が高く、自由化環境下における系統運用者にとって有用な支援システムになると考える。

2.2 託送エネルギー管理システム

2.2.1 開発の背景 電力の小売部分自由化においては、PPSは契約する電力会社との間で、「30分同時同量」というルールを守らなければならない。

30分同時同量とは、30分ごとの需要と発電の電力量のそれぞれの合計値を一致させなければならないというルールで、許容される誤差は、需要地点ごとに決められる契約電力の合計値の3%以内である。発電量が需要量を下回っても、この許容範囲内であれば負荷変動対応電力という形で電力会社からの補給を受けられるが、許容範囲を超えて発電量が下回る時間が2時間を超えると、事故扱いと見なされて、PPSは電力会社からの補給電力に対して、通常より高い単価の料金を支払わなければならない。また、この状況は電力会社にとっても計画外の発電増となり、好ましいとは言えない。

当社では、上記のような事故対応を回避するために、需要

量及び発電量を監視してアンバランスが発生した場合、それを解消する最適な発電制御を行うことで、30分同時同量のルールを守り、かつ経済的な運転を可能とする託送エネルギー管理システムを開発した。

2.2.2 システム構成 託送エネルギー管理システムのシステム構成を図2に示す。図中の小売事業者とはPPSを指し、発電事業者及び需要家との間はインターネットまで含めた汎用のネットワークで連携可能としている。発電量及び需要量は、発電事業者及び需要家に取り付けられている電力会社の取引用電力量計からパルスの供与を受け(パルスの数で電力量を表す)、これをNCT(Network Computing Terminal)で電力量に換算してサーバへ送信する。

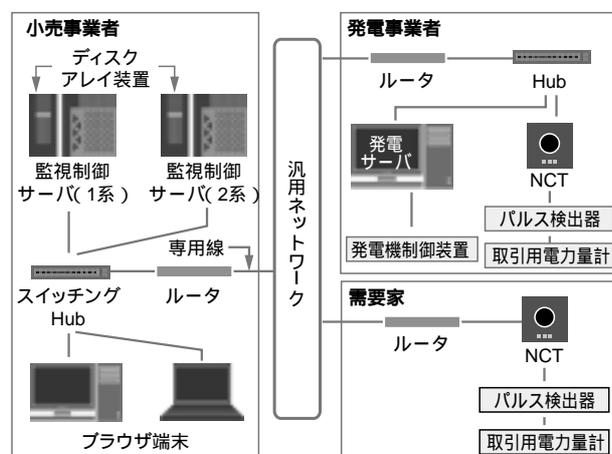


図2．託送エネルギー管理システムのシステム構成 PPSに設置の監視制御サーバと発電事業者、需要家を汎用ネットワーク経由で接続してデータの受渡しを行うことで、30分同時同量制御を実現する。
Configuration of wheeling scheme management system

2.2.3 システムの特長 託送エネルギー管理システムは、次のような特長を持っている。

- (1) 汎用ネットワークが利用可能 システム構成でも記したが、このシステムのために新たにネットワークを構築することなく、通信事業者がサービスを提供している汎用ネットワークを使用してシステム構築が可能である。
- (2) WebベースのHMI(Human Machine Interface)画面は、すべてWebベースとし操作性を統一した。
- (3) 発電機のオンライン制御が可能 発電事業者のプラント制御システムと連携して、オンラインで発電機出力が制御可能である。

2.2.4 システム機能 このシステムの機能ダイアグラムを図3に示す。主な機能の概要は次のとおりである。

- (1) 需要予測 需要家ごとに天気予報や予想気温などから、翌日の需要を予想する。

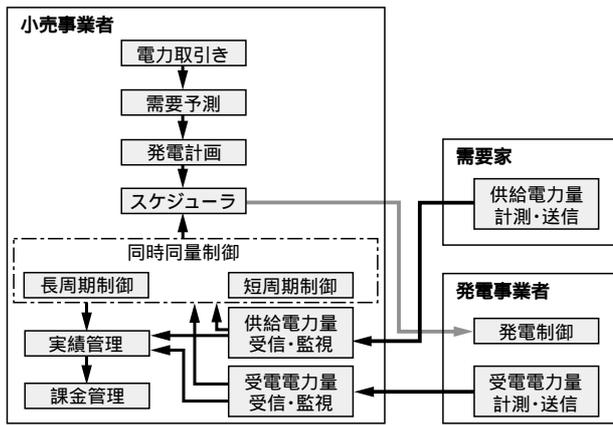


図3 機能ダイアグラム 託送エネルギー管理システムを構成する機能とその流れを示す。

Functional diagram

- (2) 発電計画 需要予測に基づき、もっとも経済的な発電機の運転スケジュールを作成する。
- (3) 同時同量制御(短周期制御) 発電量と需要量のアンバランスを計算し、そのアンバランスを解消するために必要な最適な発電機の制御量を求める。
- (4) 同時同量制御(長周期制御) 需要予測値と実際の需要実績のずれから需要予測を修正し、発電に掛かるコストが最小となるように再配分する。なお、この機能のアルゴリズムには、次章に述べる最適化手法が適用される。
- (5) 実績管理 発電量、需要量、発電機制御指令値、30分同時同量違反履歴、などの実績データを記録管理する。
- (6) 課金管理 実績管理データを基に、電力会社、PPS、発電事業者、需要家各々の間に発生する料金の算出を

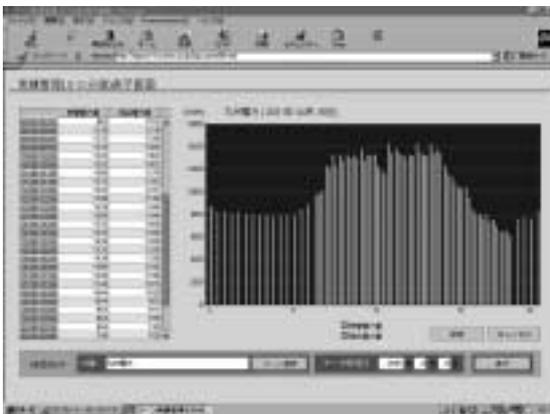


図4 同時同量制御状況 同時同量制御を行うことで、需要量に見合う発電が行われ、30分ごとの需給バランスが保たれる。

Results of 30-minute power balancing control

行う。

2.2.5 適用事例 このシステムは、2001年4月1日からイーレックス(株)で実運用に入っており、安定して稼働している。

このケースでは、8時～22時までが同時同量制御対象であり、その時間帯は需要の変化に応じて算出した発電機制御指令値を使用して、発電事業者の発電機をオンライン制御している。同時同量制御状況を図4に示す。

3 電力自由化における最適化手法

現在、電力会社の自動給電システムでは、需給バランスをとりながら発電機の燃料コストが最小となるような需給制御が行われている。この機能は経済負荷配分(Economic Load Dispatch: ELD)と呼ばれ、等増分燃料費則^(注1)という手法によって各発電機の最適な出力が計算されている。ここで、発電機の燃料コストは一般に発電出力の凸関数で近似され、この場合は等増分燃料費則が常に成り立つため、ほとんどの需給制御システムでは等増分燃料費則に基づいたアルゴリズムが採用されている。

一方、PPSが電力供給を行う際には、自身の発電機のほかに、買電契約を結んだ発電所の電力を組み合わせる場合も多い。このような余剰電力の買取コストは、次の点で従来のELDにおける燃料コストの考え方とは異なってくる(図5)。

- (1) 電気料金と同じように電力量に対して課金される。
- (2) 発電事業者は設備コストを回収したいため、買取電力量が少ないところでは単価が高く、買取量が多くなるほど単価が安く設定される。

当社では、このような買取電力を含んだ多様な電源に対

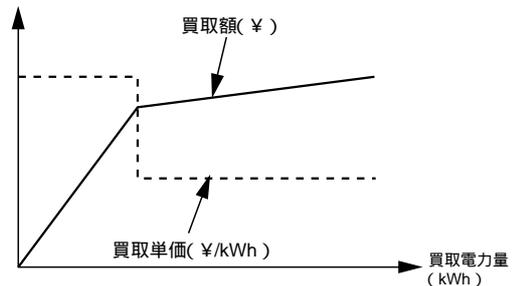


図5 電力買取りの場合のコスト関数 買取電力のコストは、従来の発電機の燃料コストのような下に凸な関数ではなく、凹関数となる。

Procurement cost of outsourced energy

(注1) 火力発電所の発電費用が最小になるように、各発電機の出力配分値を求める場合に使用される法則。発電機の出力を変化させたときの燃料費の変化量(増分燃料費)が、全発電機等しくなるように各発電機の出力を配分すると、発電費用の合計が最小になることから等増分燃料費則と言われている。

応した、新たな負荷配分のアルゴリズムを開発した。上記(1)に対しては、単位変換により電力ベースのコストとして扱えるようにした。また、(2)はコスト関数が凹関数(あるいは上に凸な関数)となることを意味しており、最適化理論において大域的最適化(非凸最適化)と呼ばれるクラスの問題となる。この場合、凹関数の数が少なれば分枝限定法などの適用により、現実的な計算時間で大域的最適解を求めることが可能である。しかし、託送エネルギー管理システムでは、オンラインで短時間に計算しなければならないこと、電源の数が多い場合でも確実に解を求めなければならないこと、の二つの理由から、この問題に対して次の二つのステップから成るアルゴリズムを採用した。

- (1) 凹関数を線形近似した凸最適化問題を解き、初期解とする。
- (2) 元問題に対して、初期解の近傍で局所最適解を求める。

このアルゴリズムは、幾つかのテスト問題に対して良好に動作しており、託送エネルギー管理システムの負荷配分アルゴリズムとして有効である。

4 お客さまサービス

規制緩和により、特高受電の需要家を対象とした電力の小売部分自由化が開始されたことは既に述べたが、需要家がどこの事業者から電気を購入するかの重要な判断基準は、当然のことながら電気料金である。しかしながら、電気料金だけでは計れないサービスによるトータルのコストダウンというファクターも重要な役割を持つてくる。

そこで、当社では、需要家のニーズを独自に調査し、次のサービスを実現するお客さま情報提供システムを関西電力(株)と共同で開発した。

- (1) 需要家設備のオンライン監視
- (2) 事故復旧支援
- (3) 事故模擬訓練

上記機能は、電気主任技術者の業務を支援する機能が主体となっており、業務の効率化に寄与できると考えている。各機能の概要を以下に簡単に説明する。

- (1) 需要家設備のオンライン監視 需要家の受変電設備のオンライン情報を取り込み、設備事故の監視、並びに復旧の支援を遠方からも実現可能とするサービス
- (2) 事故復旧支援 需要家設備に事故が発生した場合に、自動的に復旧手順を作成し、設備管理者の負担を軽減するサービス
- (3) 事故模擬訓練 設備管理者の教育として、設備に事故が発生した場合の模擬訓練を提供して、万一の事故対応の能力向上を図るサービス

上記を実現する具体的なシステム構成を図6に示す。上

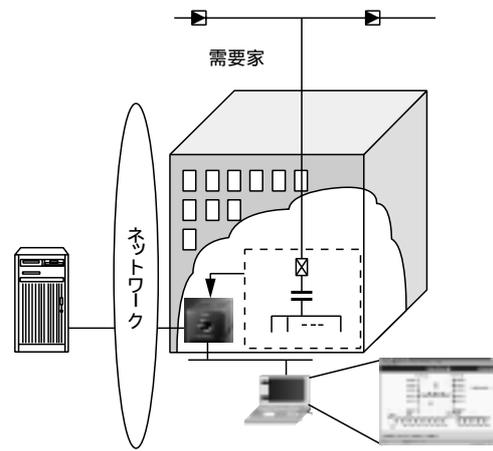


図6. お客さま情報提供システムの構成 特高/高压需要家に対して、ネットワーク経由で電気主任技術者業務を支援する各種サービスを提供する。

Configuration of customer service system

記機能以外にも需要家が望むコンテンツ(サービス)を今後充実していく予定である。

5 あとがき

規制緩和・電力自由化時代へ対応するものとして、現在の電力小売部分自由化に対応したシステム需要家へのサービス差異化を図るシステムを開発し、一部運用での実績を上げることができた。

なお、わが国の規制緩和・電力自由化は始まったばかりであり、今後その範囲が拡大されていくものと思われ、当社はそれにこたえる最適なソリューションを常に提案していく。



都築 辰夫 TSUZUKI Tatsuo

電力システム社 電力事業部 電力システムソリューションセンター主査。電力系統用監視制御システムのシステム設計及び開発業務に従事。電気学会会員。
Power Systems & Services Div.



工藤 謹正 KUDO Yoshimasa

電力システム社 電力事業部 電力システムソリューションセンターグループ長。配電自動化システムのシステム設計及び開発業務に従事。電気学会会員。
Power Systems & Services Div.



小林 武則 KOBAYASHI Takenori, D.Eng.

電力システム社 電力・産業システム技術開発センター 電力システム開発部主務, 工博。電力システムに関する研究・開発に従事。電気学会, IEEE会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center