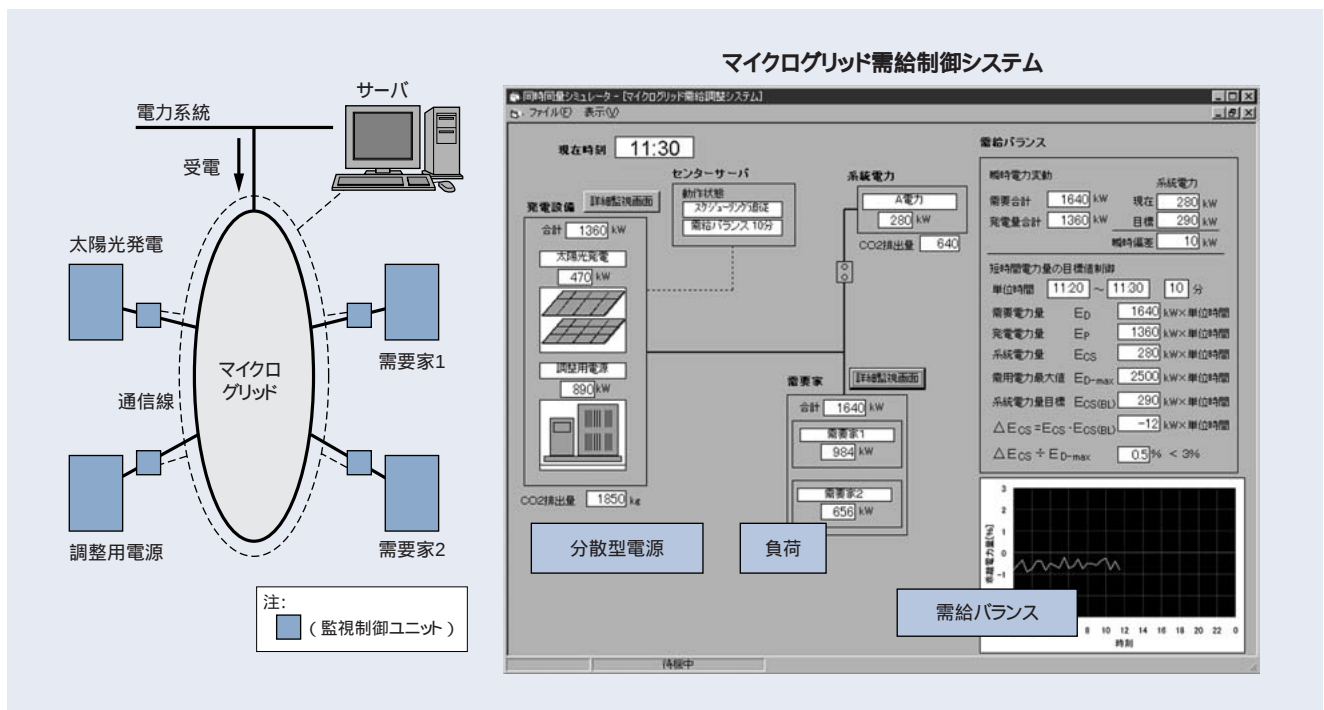


マイクログリッド対応の高追従型需給制御システム

Short-Time Balanced Demand and Supply Control System for Microgrids

大野 康則 Yasunori Ôno

中村 知治 Tomoharu Nakamura



マイクログリッド用高追従型需給制御システムの概略構成と画面例

監視制御ユニットで得られた計測値に基づき、高追従型需給制御システムが、短い時間間隔で需給のバランスを取ることができる出力指令値を算出し、制御対象となる分散型電源に送信する。これにより、電力系統への影響が少ないマイクログリッド運用が可能となる。

環境保護への意識の高まりや関連法の整備により、今後、新エネルギー電源の導入がますます加速することが予想される。一方、多数の分散型電源が電力系統に連係されると、電力の品質などへの影響が懸念される。そのため、電力系統への影響を少なくする運用形態の一つとして、マイクログリッドが注目されている。マイクログリッドは、対象エリアの分散型電源と負荷を組み合わせることで、自立的に運用するもので、グリッド内の需給制御が重要な課題となっている。

このような課題に対応するため、日立製作所は、高追従型需給制御システムを開発した。このシステムでは、負荷変動に対する高い追従性を実現するため、高精度の短期需要予測に基づく発電目標の設定や、分散型電源の出力応答が遅れることなどによって生じる累積偏差を補正する方法を採用している。リアルタイムシミュレータで分散型電源を模擬した検証試験でも、マイクログリッド内の分散型電源と負荷に対し、短い時間間隔で需給バランスが取れることを確認した。

1 はじめに

近年、電力自由化の進展や分散型電源の普及など、電力システムを取り巻く環境は急速に変化しつつある。RPS法

(電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法)も施行され、新エネルギー電源の導入がますます加速すると予想される。このように多数の分散型電源が電力系統に連係されることにより、電力系統が電力品質などへの影響を与える可能性が大きくなり、新しい電力システムの構築が

課題となっている。

そのため、分散型電源と負荷を組み合わせることで自立的に運用するマイクログリッドが注目されている。現在、国内外で研究開発が推進されているこのマイクログリッドでは、電力系統への影響を低減するためのグリッド内の需給制御が課題の一つとなっている。日立製作所は、分散型電源の最適運用システムに遠隔制御技術を組み合わせた需給制御システムを試作し、マイクログリッド用の制御技術の開発を進めている。

ここでは、日立製作所が開発した需給制御技術の概要と、この技術を用いた需給制御システムの検証結果について述べる。

2 マイクログリッドの技術課題

マイクログリッドは、複数の需要家が存在する特定地域を対象としたもので、コージェネレーション（熱電併給）システムや太陽光発電などの分散型電源や電力貯蔵装置と比較的小規模な電力供給ネットワークで構成する、電力会社の電力系統から独立して運転が可能なオンサイト型の電力供給システムである。古くは送配電基盤が不十分であった離島などでの電力供給手段であった。最近では基盤が整備されている地域でも、エネルギー利用効率の向上や、供給信頼度・電力品質の向上、分散型電源の商用系統への影響の低減といった用途、効果が期待されている。マイクログリッドの制御上の技術的課題としては、以下の点があげられる。

- (1) 需給バランスの調整
- (2) 設備の運転計画
- (3) 電力品質確保

3 高追従型の需給制御手法

連係される電力系統への影響を低減してマイクログリッドを運転するためには、短時間で需給バランスを取ることが必要になる。需給制御のフローを図1に示す。

開発した制御システムでは、制御周期ごとに、設備の運転計画にグリッド内の需要と発電量の計測・予測を加えて発電目標を設定し、これを各電源に配分して出力指令を送る。負荷変動に対する高い追従性を実現するため、ニューラルネットワーク（神経回路網）を用いた短期予測による発電目標設定と、電源の制御時間間隔や出力応答遅れによって生じる需給バランスの累積偏差補正を採用した。

3.1 短期需要予測

一般に需要家の電力需要は、曜日や季節によるばらつきが大きく、時間変動もある。多様な需要家が多数集まれば相

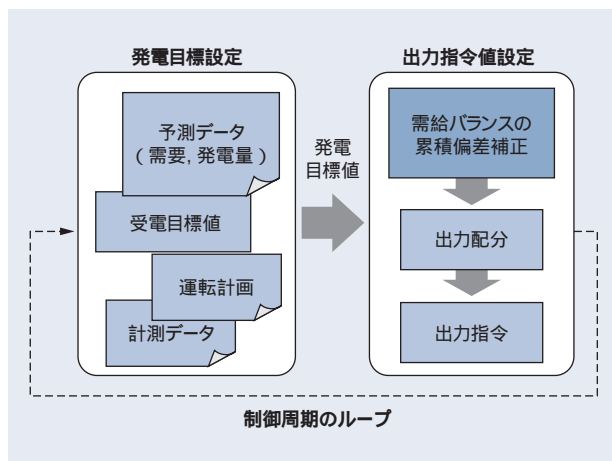


図1 高追従需給制御のフロー

需要・発電予測と計測データを組み合わせた発電目標設定と、需給バランスの累積偏差を考慮した出力指令値設定で構成する。

殺効果によって平均化されるので、広域の需要予測では、ある程度精度の高い予測が可能となる。しかし、需要家の数や種類（負荷パターン）が限られているマイクログリッドでは、ばらつきの平均化の効果は小さく、事前に1日分の予測を行い、これに基づいて需給制御を行うのでは誤差が大きい。

そのため、モニタリングした電力需要をリアルタイムで処理し、分散型電源などの制御に必要な至近（数分後）の需要を予測するようにした（図2参照）。予測にはニューラルネットワークを用いた。需要予測の基になるデータには、直近の過去および現在の需要と、気温や曜日などの情報を用いる。

3.2 需給バランス累積偏差補正

累積偏差補正の概念を図3に示す。わかりやすくするため、同図では電源の出力は制御指令に対して応答遅れがなく、制御周期内で一定とした。地域系統内の総需要電力と

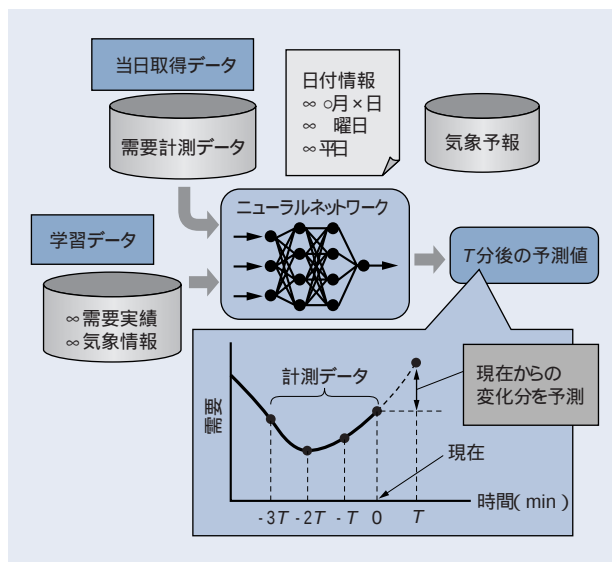


図2 ニューラルネットワークを用いた短期需要予測の概要

需要電力のリアルタイム計測とニューラルネットワークの併用により、至近の需要を予測する。

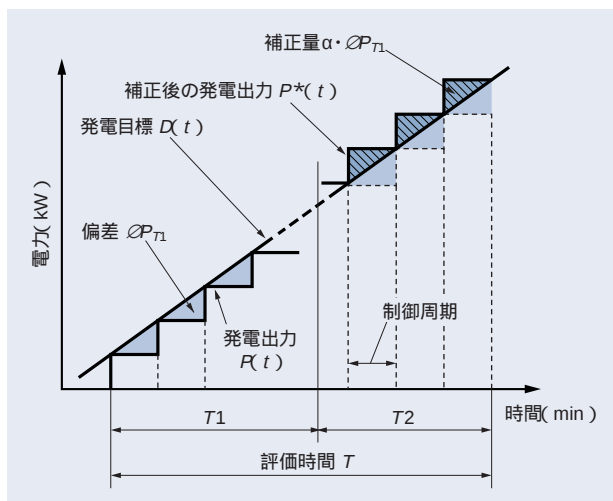


図3 累積偏差補正の概念

電源の制御時間間隔や出力応答遅れによって生じる需給バランスの累積偏差の補正により、追従性を向上させる。

受電電力(電力系統からの購入電力)の差を $D(t)$ 、総発電電力を $R(t)$ とすると、同時同量の評価時間 T における電力量偏差 ΔP_T は(1)式で与えられる。

$$\Delta P_T = \int_T (D(t) - R(t)) dt \quad (\text{kWh}) \quad (1)$$

評価時間 T を時間区間 T_1, T_2 に分け、 T_1 での電力量偏差 ΔP_{T1} を(1)式で計算を用いて(2)式のように T_2 での出力指令を補正し、 T_1 で生じる偏差を T_2 で相殺するようにした。

$$P^*(t) = R(t) + \alpha \cdot \Delta P_{T1} \quad (\text{kW}) \quad (2)$$

ここで、 $P^*(t)$ は補正後の総発電電力、 α は補正量を調整する係数である。

4 需給制御システム

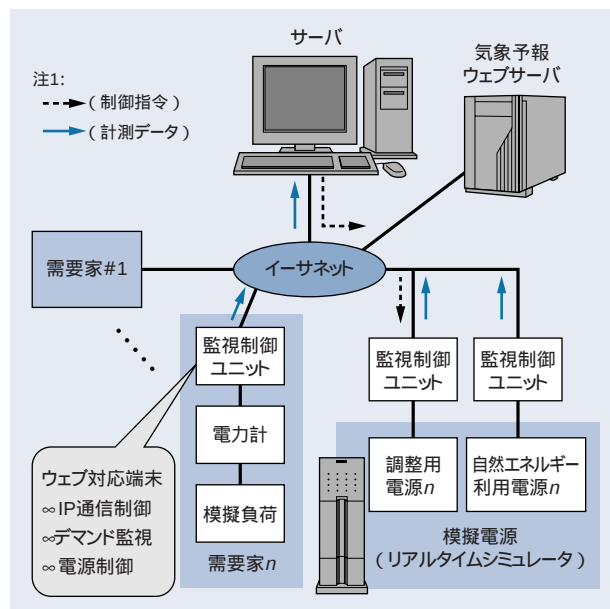
4.1 基本機能と検証試験装置

需給制御システムは、需給制御ソフトウェアを動作させるサーバと監視制御ユニットから成る。需給制御ソフトウェアの主な機能は以下のとおりである。

- (1) 高追従型需給制御
- (2) 需給制御結果の表示、需給バランスの評価
- (3) 制御が可能な電源の最適運転

監視制御ユニットとしては、ウェブ対応端末を用いた。

検証に用いた試験装置の構成を図4に示す。このシステムは、高追従型需給制御機能を持つサーバ(制御センター)を模擬し、模擬負荷とその電力および電力量の計測装置、模擬発電装置で構成しており、これらが計測・制御データの通信を行う監視制御ユニットを介してイーサネット[®]で接続されている。サーバでは、計測された需要と発電出力データを基



注2: 略語説明 IP(Internet Protocol)

図4 需給制御システムの検証の概要

サーバ、模擬負荷、模擬発電装置、および計測装置は、計測・制御データの通信を行う監視制御ユニットを介して接続され、リアルタイムでの動作確認が可能である。

に、模擬発電装置への出力指令値を演算し、所定の時間間隔で伝送する。なお、発電装置の動作は、リアルタイムシミュレータで模擬した。

4.2 検証試験

前述の試験装置を用いて、開発した需給制御手法の制御効果を検証した(図5参照)。地域系統内には、発電設備としてPV(Photo Voltaic:太陽光発電)システム(定格700 kW)、および需給制御用電源(定格1,500 kW)が設置されているものとした。また、マイクログリッド系統内の負荷は合計で最大2,500 kWとした。需要とPVの出力には、同図に示したようなパターンを設定した。マイクログリッドの受電(購入)電力は300 kWで一定とした。このような条件で、同図中に示す負荷とPVの発電出力が、比較的大きく変化する時間帯を評価対象として検討した。ここでは、需給バランス(同時同量)の評価時間 T を10分(T_1, T_2 は各5分)、需給制御用電源の出力制御間隔を1分とした。

検証結果を図5に示す。同図は発電電力の目標値に相当する総需要電力と受電電力の差 $D(t)$ 、および総発電電力 $R(t)$ の時間変化と、このときの電力量偏差率 α (%)を表したものである。同図において、例えば20~30分の時間区間の $D(t)$ と $R(t)$ に着目すると、区間 T_1 では両者の値に差が生じているものの、区間 T_2 では補正の効果によって両者の差が減少していることがわかる。他の時間区間にも同様な傾向が現れている。

[®]イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の商品名称である。

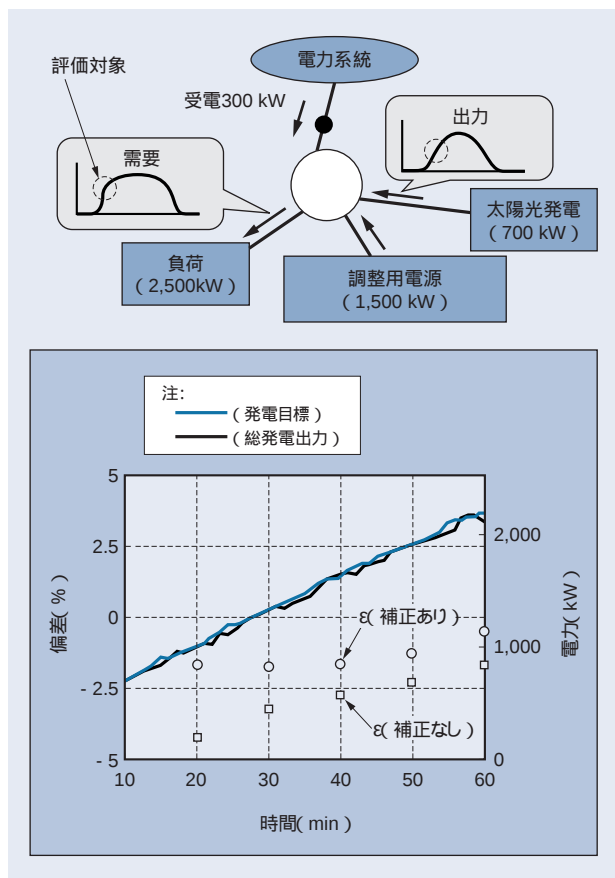


図5 検証結果の例

開発手法によって出力補正を行った結果(図中○印),補正を行わない場合(図中□印)に比べて需給制御の精度を向上させることが可能である。

また,電力量の偏差率 ε については,この手法によって補正を行った結果(図中の○印),補正を行わない場合(図中の□印)の約 $\frac{1}{2}$ に低減することができた。以上の結果から,この手法によって電力量の偏差で補正を行うことで,需給制御の精度が向上することが確認できた。

5 おわりに

ここでは,マイクログリッドのための高追従型需給制御システムと,リアルタイムシミュレータを用いた検証結果について述べた。

日立製作所は,環境負荷の軽減やエネルギー利用効率向上に寄与する分散型電源の利用拡大を支援するため,今後もマイクログリッドの実用化に向けた運用・制御技術の開発に取り組んでいく考えである。

参考文献

- 1)大野,外:需要家データに基づく予測制御を用いた分散型電源最適運用の検討,平成15年電気学会全国大会, No.6-177(2003)
- 2)内山,外:分散型電源を含む地域配電系統の需給制御手法,平成16年電気学会全国大会, No.416(2004)

執筆者紹介



大野 康則

1979年日立製作所入社,電力グループ 電力・電機開発研究所 送変電プロジェクト 所属
現在,分散型電源の運用・制御技術の研究に従事
電気学会会員
E-mail: yasunori_oono @ pis. hitachi. co. jp



中村 知治

1978年日立製作所入社,電力グループ 電機システム事業部 電機ソリューション本部 所属
現在,分散型電源の運用・制御に関するソリューションの企画に従事
電気学会会員, IEEE会員
E-mail: tomoharu_nakamura @ pis. hitachi. co. jp



内山 倫行

1990年日立製作所入社,電力グループ 電力・電機開発研究所 送変電プロジェクト 所属
現在,分散型電源の運用・制御技術の研究に従事
電気学会会員
E-mail: noriyuki_uchiyaama @ pis. hitachi. co. jp



藤田 康信

1971年日立製作所入社,電力グループ 国分事業所 受変制御設計部 所属
現在,分散型電源の運用・制御システムの開発に従事
電気学会会員
E-mail: yasunobu_fujita @ pis. hitachi. co. jp