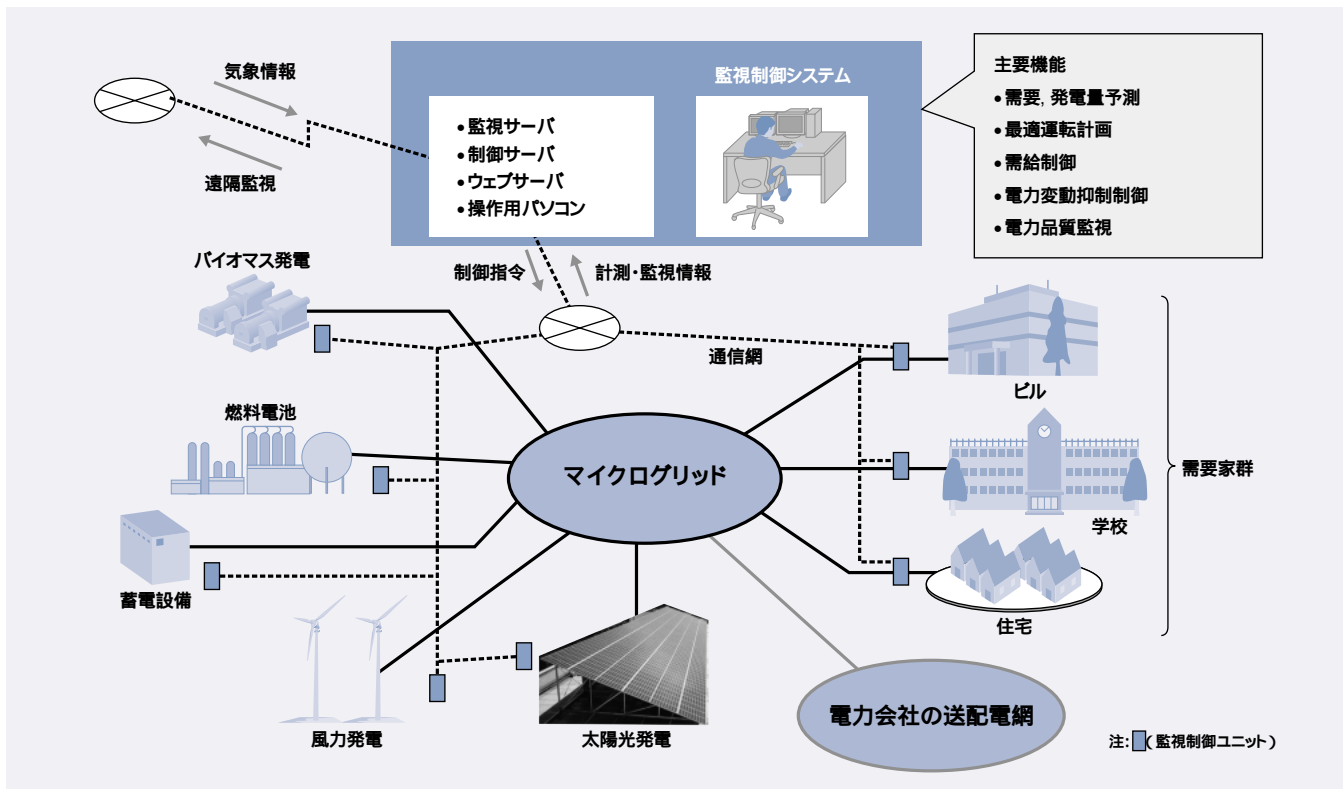


配電系統と分散型電源の共存を目指した電力供給システム

Electrical Power Systems for Coexistence of Distribution Systems and Distributed Resources

内山 倫行 *Noriyuki Uchiyama*
中村 知治 *Tomoharu Nakamura*

大野 康則 *Yasunori Ōno*
渡辺 雅浩 *Masahiro Watanabe*



マイクログリッドとその監視制御システムの概要

マイクログリッドは、特定地域内の複数の需要家および分散型電源、比較的小規模な電力ネットワークで構成された電力供給システムである。この監視制御システムを用いることで、電力系統への影響や環境負荷を低減させるマイクログリッドの運用、制御が可能となる。

環境問題への意識の高まりや制度整備により、新エネルギーを利用した分散型電源の導入が進んでいる。これに伴い、多数の分散型電源が電力系統に連系された場合に、電力の品質や供給信頼度に及ぼす影響が懸念されており、分散型電源の導入拡大と電力系統の安定運用を両立させる新たな電力供給システムの構築が望まれている。

日立製作所は、電力系統と分散型電源の共存を目指した次世代の電力供給システムの実現に貢献するための技術開発を進めている。電力系統向けには、財団

法人電力中央研究所と共同で配電系統の監視制御システムの開発に取り組んでおり、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO技術開発機構) の実証研究設備用のシステムを納入した。また、分散型電源の導入形態として注目されているマイクログリッドについては、運転スケジュールリング、需給制御、電力品質監視などの機能を持つシステムの開発に取り組んでおり、株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズの依頼を受けてNEDO技術開発機構の実証研究設備用システムを開発、製造した。

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ている。特に、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)の施行などにより、新エネルギーや

自然エネルギーを利用した分散型電源の導入が加速している。しかし、多数の分散型電源が電力系統に連系されると、系統への逆潮流による電圧上昇や、出力変動による電圧・周波数の変動といった電力品質・供給信頼度の問題が顕在化する可能性がある。

そのため、日立製作所は、電力系統の運用側の視点から電力品質の維持に必要な配電系統の監視制御システムの、また、分散型電源のユーザー側の視点からは、電力系統に優しい分散型電源の導入形態として注目されているマイクログリッド向けの監視制御システムの開発に取り組んでいる。

ここでは、電力系統と分散型電源の共存を目指した次世代の電力供給システムと、開発を進めている配電系統監視制御システム、およびマイクログリッド監視制御システムの特徴と適用事例について述べる。

束ねて小規模系統(マイクログリッド)を構成して連系される場合が考えられる。

分散型電源がそれぞれ独立して系統連系される場合には、電源からの逆潮流や出力変動あるいは瞬時電圧低下などによる電源の一斉解列などにより、電圧の上昇や変動が発生するおそれがある。電力系統の安定運用のためには、配電系統の電力品質を維持するための機器(SVR(Step Voltage Regulator:線路用電圧調整器)、SVC(Static Var Compensator:静止形無効電力補償装置)などを設置し、これらを協調して制御するという対策を講じることが必要と考えられる。

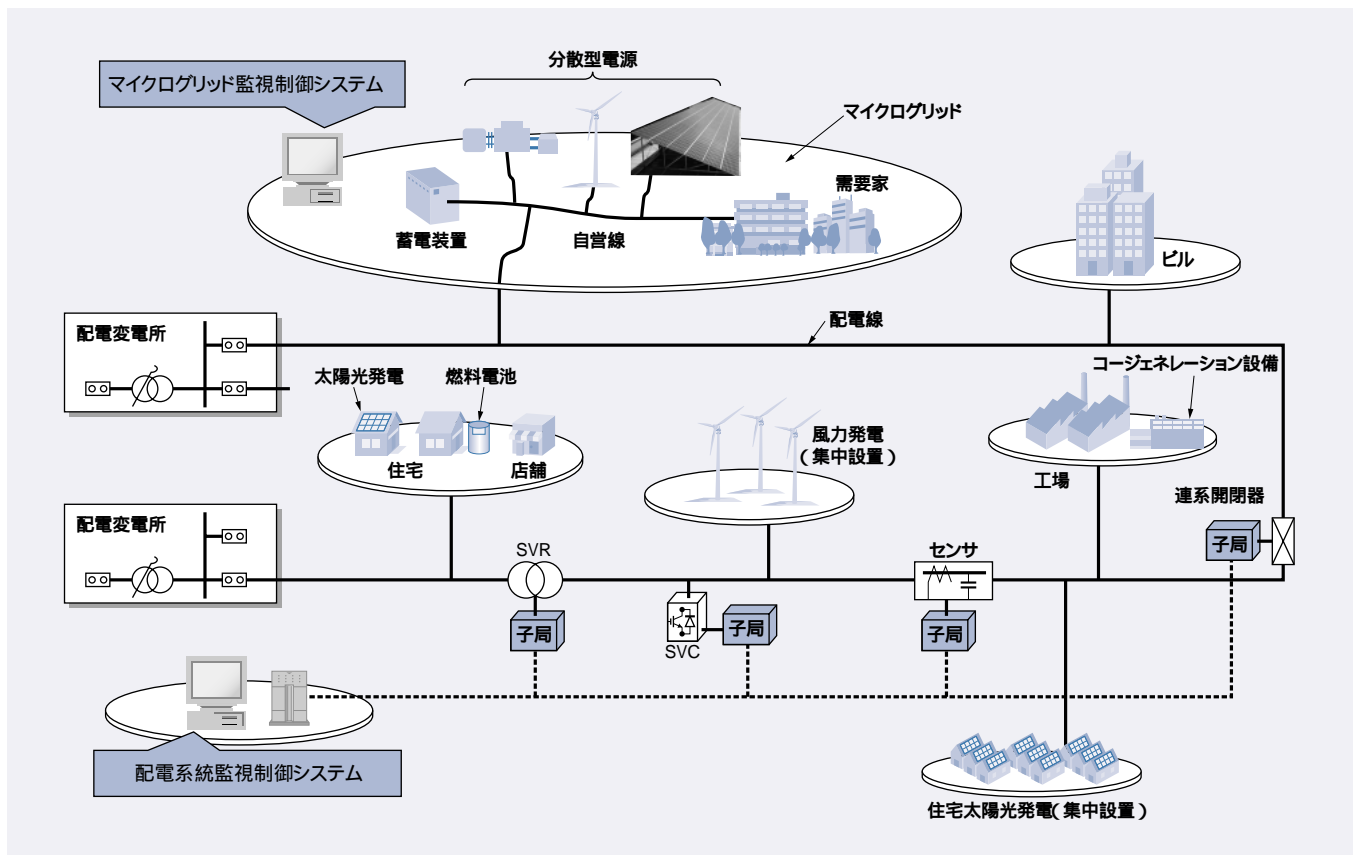
一方、マイクログリッドでは、電力系統側にこのような問題を発生させないように、分散型電源や電力貯蔵装置などを制御して、グリッド内で電力変動を吸収し、需給バランスを維持する技術が重要となる。また、負荷の平準化などにより、需要家の利点にも配慮した運用が必要である。

2 次世代の電力供給システム

電力系統への分散型電源の大量導入に対応した次世代の電力供給システムを図1に示す。分散型電源が電力系統に連系する形態としては、個々の分散型電源が配電系統に分散あるいは集中してそれぞれ独立に連系される場合と、複数の分散型電源と需要家を

3 配電系統の監視制御技術¹⁾

状態推定と予測解析を組み合わせた配電系統の監視制御の概念を図2に示す。まず、系統、負荷および分散型電源の設備情報と、電圧・電流などのオンラインモニ



注: 略語説明 SVR(Step Voltage Regulator;線路用電圧調整器), SVC(Static Var Compensator;静止形無効電力補償装置)

図1 電力系統と分散型電源の共存を目指した次世代の電力供給システムの構成例

分散型電源の導入形態としては、電源設備ごとに個別に連系される場合と、複数の電源と負荷を束ねたマイクログリッドとして連系される場合が想定される。電力品質維持のためには、配電系統機器と、マイクログリッドの監視制御システムが必要となる。

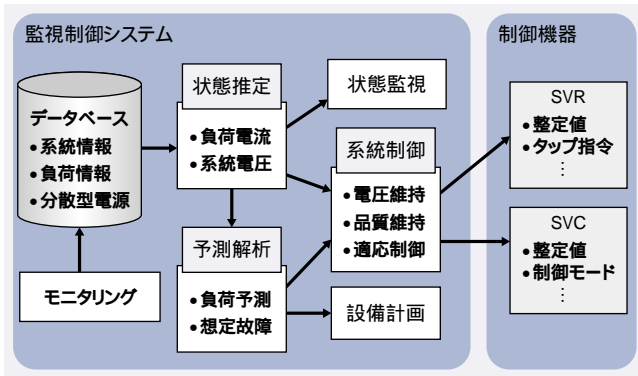


図2 配電系統監視制御の概念
系統監視、状態推定、予測解析、および系統制御技術によってSVRなどの系統制御機器に指令を与え、系統の電圧を適切に維持する。

タリング情報を用いて配電系統の現在の状態を推定する。さらに、負荷予測や想定故障計算によって系統の状態変化を予測し、供給信頼度や電力品質を維持するようにSVRやSVCなどの系統機器を統合的に制御する。

一般に、配電系統では電圧・電流の計測情報が不足していたり、需要家の負荷電力情報が不明であったりする場合がある。開発した状態推定手法¹⁾では、限られた計測データと負荷電力情報を基に最適化計算を行うことによって、センサの設置数を極力抑え、配電線、負荷、分散型電源の電圧、電流、有効・無効電力などを推定することを可能とした。

状態推定の処理手順は以下のとおりである。

(1) 系統状態の初期設定

線路潮流、負荷パターン、分散型電源の発電パターンから潮流計算によって各部のノード電圧、線路電流を計算する。

(2) モニタリング情報と初期設定値の偏差を評価

(3) 負荷、発電量の修正

負荷、発電電力の変化に対する系統の線路潮流および電圧の感度を用いて、(2)で求めた偏差を最小化するように負荷と発電電力を修正する。

(4) 系統状態を推定

修正した負荷と発電電力を用いて、潮流計算によって系統状態を推定する。

4 マイクログリッドの監視制御技術^{2),3)}

マイクログリッド監視制御システムの機能の概要を図3に示す。このシステムは、負荷設備や発電設備に設置した監視制御ユニットから伝送される電力需要や発電出力などの計測データや設備の状態監視データを保存、管理するデータベース機能と、分散型電源の運転計画を作成する運転スケジューリング機能、電力需要と発電量の需給バランスを制御する需給制御機能、および電

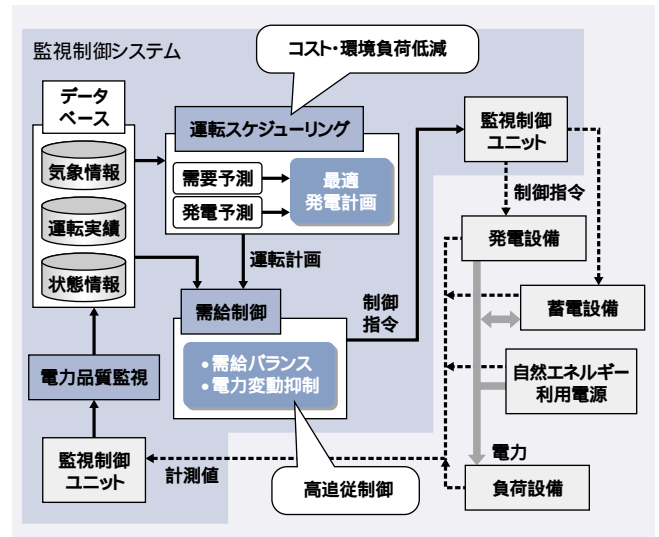


図3 マイクログリッド監視制御システムの機能の概要
主としてデータベース機能、運転スケジューリング機能、需給制御機能、電力品質監視機能とで構成している。

力品質監視機能とで構成している。

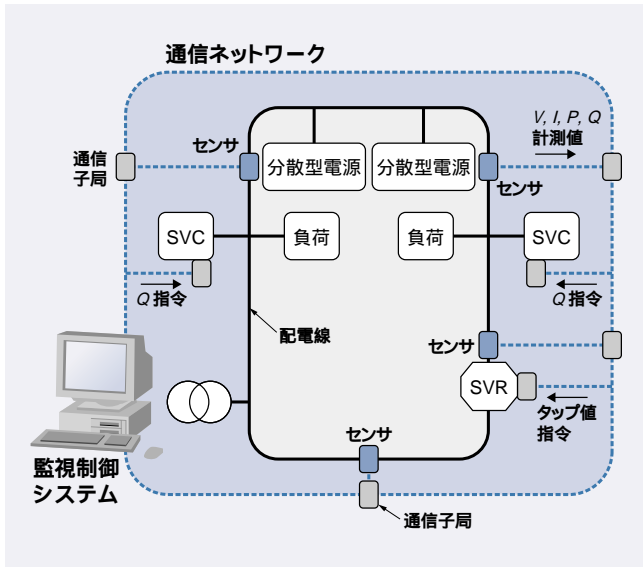
運転スケジューリングでは、需要や分散型電源の発電量の予測²⁾に基づき、運転コストやCO₂排出量低減などの運用目的に応じた最適運転計画を作成することが可能である。また、自然エネルギー利用電源の出力変動特性や需要・発電量の予測誤差を考慮して、電力会社からの購入電力を自動決定する機能も持つ。

高追従型の需給制御では、単位時間の需要電力量と発電電力量の差を所定の範囲に抑える同時同量制御と、数秒程度の電力変動を抑制する制御を可能とした。ニューラルネットワークを用いた短期需要予測と、需給バランスの累積偏差補正を組み合わせることによって、高い負荷追従性を実現する点が特徴である。

5 適用事例

前述した技術を、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO技術開発機構)の実証研究設備向けの監視制御システムに適用した。配電系統の監視制御技術については「新電力ネットワークシステム実証研究」向けとして、財団法人電力中央研究所の赤城試験センターに監視制御システムを納入した。ここでは、複数の電圧制御機器を協調させて配電系統の最適な電圧制御を行うシステムの開発と実証が目的とされている(図4参照)。

マイクログリッドに関しては、同じくNEDO技術開発機構による「新エネルギー等地域集中実証研究」向けの運転スケジューリングシステムおよび電力品質計測・評価システムを、株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズの依頼を受けて開発、製造した。この実証研究では、愛知万



注:略語説明 V(電圧),I(電流),P(有効電力),Q(無効電力)

図4 「新電力ネットワーク実証研究」設備向け監視制御システムの概略構成
光通信子局から親局に電圧・電流センサの計測値を送信する。親局では、データ監視に加えて、SVRなどの制御装置に通信子局を介して遠隔指令を与える。



注:略語説明 MCFC(Molten Carbonate Fuel Cell),SOFC(Solid Oxide Fuel Cell)
PAFC(Phosphoric Acid Fuel Cell)

図5 愛知万博の「新エネルギー等地域集中実証研究」設備(NEDO技術開発機構連携実証研究プラント)の概要
エネルギー需給制御システムに発電計画機能と電力品質計測・評価機能を適用した。

博の会場内に太陽光発電,各種の燃料電池,NaS電池を設置し,新エネルギー電源を組み合わせた新しいエネルギー供給システムの開発と実証を目的に試験を進めた(図5参照)。

6 おわりに

ここでは,電力系統と分散型電源の共存を目指した次世代の電力供給システムと,現在開発に取り組んでい

る配電系統監視制御システム,およびマイクログリッド監視制御システムの特徴と適用事例について述べた。

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,今後も配電系統の監視制御技術と,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。

なお,実証研究設備向けシステムの開発では財団法人電力中央研究所,ならびに株式会社エヌ・ティ・ティファシリティーズの関係各位から多大なるご指導とご協力をいただいた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 渡辺,外:限られた観測情報に基づく配電系統状態推定手法の検討,平成16年電気学会電力技術・電力系統技術合同研究会資料,PE-04-91,PSE-04-91(2004.9)
- 2) 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(2003.3)
- 3) 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(2004.3)

執筆者紹介



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 送变电プロジェクト 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.uchiyamasj@hitachi.com



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.vm@hitachi.com



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 送变电プロジェクト 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.ono.hu@hitachi.com



渡辺 雅浩

1991年日立製作所入社,日立研究所 情報制御第二研究部 電力情報制御ユニット 所属
現在,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
E-mail:mwata@gm.hr.hitachi.co.jp