

次世代送配電ネットワーク構築に向けた 対応技術

Power Stabilization Technologies for Next-generation Transmission and Distribution Networks

今家 和宏
Imaie Kazuhiro近藤 真一
Kondo Shinichi

太陽光発電・風力発電は、再生可能エネルギーを利用した発電システムである。気象条件による発電量の変動への対応が必要だが、化石燃料を代替するエネルギーとして期待されている。また、政府レベルでの制度化により、積極的な導入への期待が高まっている。日立グループは、太陽光発電・風力発電といった新エネルギー発電システムの大量導入時代の課題を踏まえ、太陽光発電システム、風力発電システムの系統連系対応技術、またこれらの需給バランスをコントロールするシステムなど、次世代送配電ネットワーク構築に向けた対応技術の開発に幅広く取り組んでいる。

1. はじめに

環境負荷の低減、化石燃料への依存度の低減のため、風力発電、太陽光発電といった新エネルギーへの関心が高まっている。経済産業省に設置された総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会は、2010年度に一次エネルギー総供給に占める新エネルギーの割合を3%程度まで引き上げる目標を掲げた。欧州では、EREC (European Renewable Energy Council) が2008年3月に、2020年のEU域内での再生エネルギーによる発電量を、EU電力需要の20%とすることを目標とするロードマップを示した。また、EWEA (European Wind Energy Association) は2009年3月に、2020年のEU域内での風力発電総導入量目標を、それまでの180 GWから230 GW (EU電力需要の14~16%) へと上方修正した。一方、米国でも National RPS (Renewable Portfolio Standard) として、再生エネルギーによる発電量を2025年に電力需要の25%とする目標を発表するなど、今後、全世界的に新エネルギーの大量導入が見込まれている。

日立グループは、新エネルギー機器や電力システムシステムの構築、系統安定化技術、そして電力インフラ技術と情報通信システム技術の融合など、それぞれに強みがあり、これらの技術を長年にわたり開発してきた。

ここでは、新エネルギーの大量導入による課題と、風力発電システムや太陽光発電システムを安定して供給するための系統連系対応技術について述べる。

2. 新エネルギーの大量導入による課題

これまで、新エネルギーによる発電容量は、全電力システムの規模に対してきわめて小さかったため、系統に与える影響は限られていた。しかし近年、欧米では数百メガワット級の大規模なウィンドファームが導入され、太陽光発電システムにおいても同レベルのシステムが認可されるとともに導入が進められるなど、系統に与える影響は無視できないレベルになってきている。

新エネルギーによる発電は、気象条件などによってその出力が大きく変動し、また電力需要地から離れた場所にある傾向が多く見られ、導入が進むにつれて電力システムが不安定になるといった課題がある。また送電系統で地絡事故などが発生して不安定な状態となった場合、新エネルギーによる発電設備が一斉に解列し、さらに安定度が低下、やがては停電に陥るなどの問題も実際に生じている。こうした現象を防ぐために、FRT (Fault Ride Through : 系統安定確保機能) など系統からの解列を規定するコードが各国で整えられつつある。

日立グループは、このような系統連系に関する課題への対応技術を開発し、さまざまなアプリケーションに対応している。

3. 系統連系対応技術

新エネルギーに対応した系統連系技術として、電力システムの安定化のため、発電供給と負荷需要のバランスを、ITによって管理する構想が注目されている。まず、電力システムと新エネルギーのネットワーク融合が地域単位で進み、や

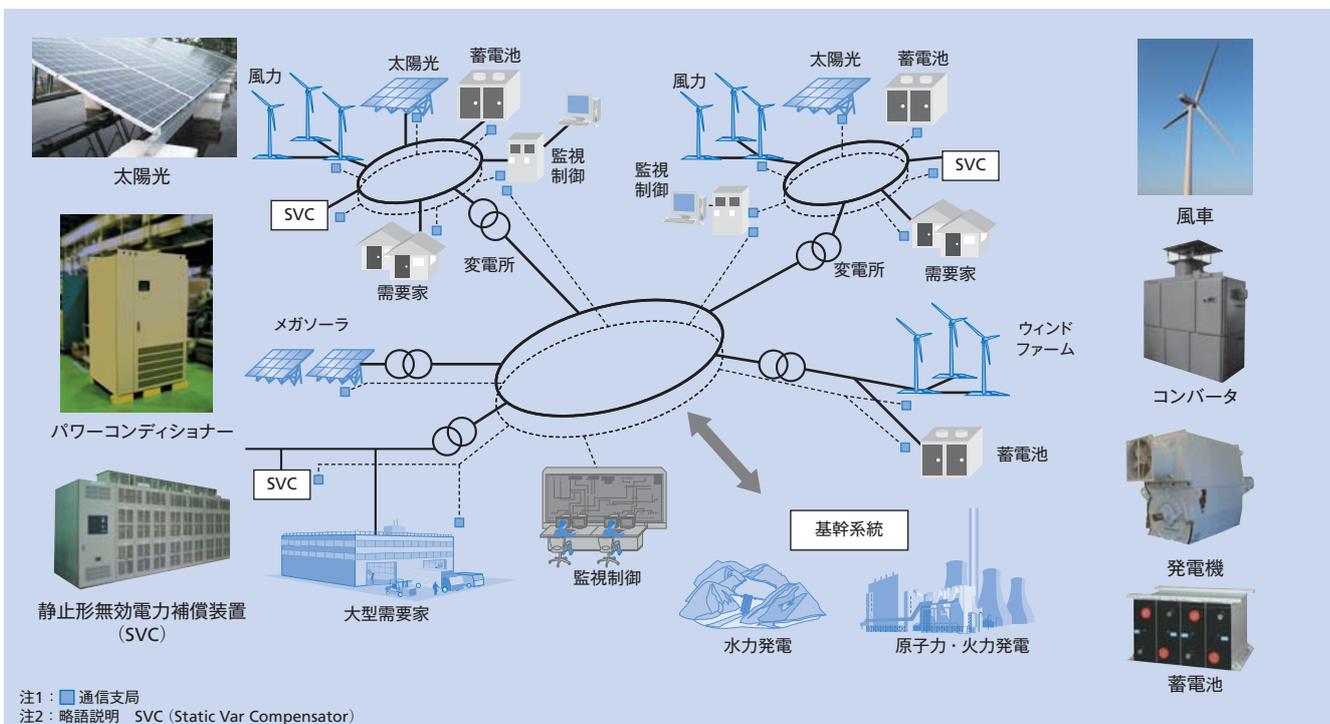


図1 | 電力システムシステムの通信ネットワーク／監視制御装置／SVC／蓄電池

新エネルギー対応システム技術として、マイクログリッドなどローカルに接続する新エネルギー発電と安定化のための蓄電池システム、SVCなどを、ITを利用して監視制御装置に取り込み需給バランス指令を各機器に与えることで、高品質の電力を提供することができる。

がて全システムに普及していくと考えられる。例えば、マイクログリッドなどローカルに接続する新エネルギー発電と安定化のための蓄電池システム、SVC (Static Var Compensator: 静止形無効電力補償装置) などを、監視制御装置に取り込んで需給バランス指令を各機器に与えることにより、高品質の電力を提供することができる(図1参照)。

以下に、新エネルギーによる発電システムの系統連系に関する課題への対応技術として、平準化の技術と系統連系に関するシステムについて述べる。

3.1 ウィンドファーム制御

前述のように、近年ではウィンドファームに、数百メガワット級の設備が設置されている。台数が少ないファームでは気象による影響が直接出力変動として現れるが、数百メガワット級のウィンドファームでは、設置面積も広大になり、各風車(WG: Wind Turbine Generator)の出力が同等とは限らない。

日立グループのウィンドファーム制御手法は、各WGの出力上限値を指令して出力を制限することで変動を抑制し、出力を安定化するものである。制御対象としたウィンドファームの構成と制御コンセプトを図2に示す¹⁾。各WG_nおよび系統連系点での有効電力(P_n , P_{WF}), 無効電力(Q_n , Q_{WF}), 電圧(V_n , V_{WF})を制御装置に取り込み、出力上限値(P^*_{ULi})を各WG_nに対して指令する。このとき、風向やWGの配置によってはウィンドファームの合成出

力(P_{WF})がウィンドファーム出力上限値よりも低下する可能性がある。そのため、この手法では各WGの出力状態を考慮して出力上限値を配分することにより、不要な出力低下を防止する。なお、連系点の電圧(V_{WF})については系統インピーダンスに応じた適切な無効電力を指令することによって連系点の電圧変動を抑制する。これらの制御により、不要な出力低下を防止しつつ、出力変動を抑制することができる。

3.2 蓄電池による平準化システム

新エネルギーによる発電システムでは、それぞれのシステムが平準化などの対策を講じたとしても、長時間出力が得られないと、その変動を吸収することが困難なケースがある。また、同時に系統周波数維持のような系統全体の安

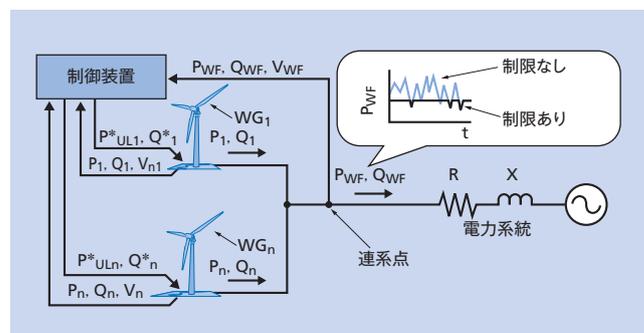


図2 | ウィンドファーム制御

各風車の出力上限値を指令して出力を制限することによって変動を抑制し、出力を安定化する。

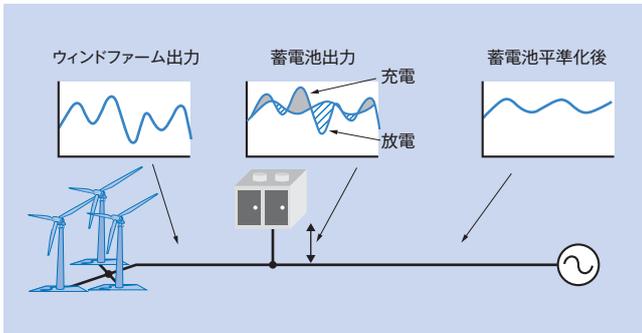


図3 | ウィンドファームと蓄電池システム

ウィンドファームの出力に対して、蓄電池により充放電を繰り返し、平準化を図る。

定運用に関する課題に対して、設置の容易さ、静止形である点などを考慮すると、電力貯蔵システムの活用が有望である。

電力貯蔵システムの一例として、バッテリーによる電力貯蔵システムが挙げられる。近年、系統連系用バッテリーは、3,000~4,000回の充放電サイクルが可能となり、電力用機器として十分な寿命を有するようになってきた。しかし、まだ普及が進んでおらず、大量導入するには高価な機器である。そこで、ウィンドファームの出力に対して、蓄電池によって充放電を繰り返し、平準化を図る際に、系統が許容できる変動量に応じて、ある程度変動を許容する方法が考えられる(図3参照)。一例として、比較的蓄電池容量を確保できる場合には、ある一定期間(例えば30分間)は一定出力し、次の期間では過去の出力履歴からの推測に

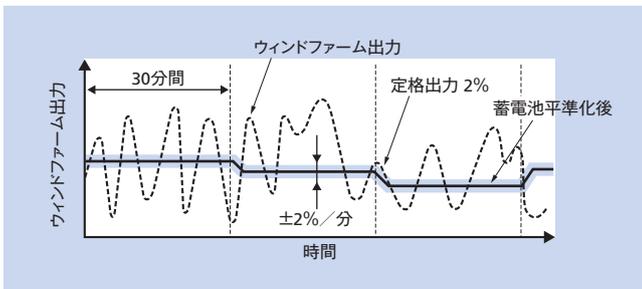
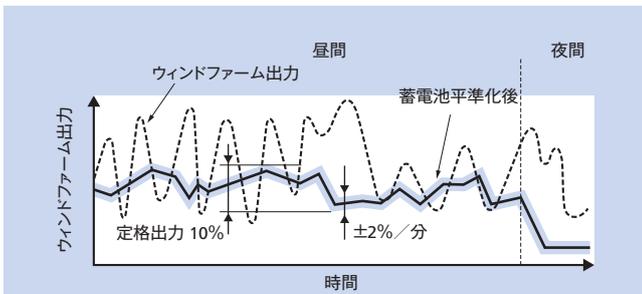


図4 | 出力一定型蓄電池平準化システム

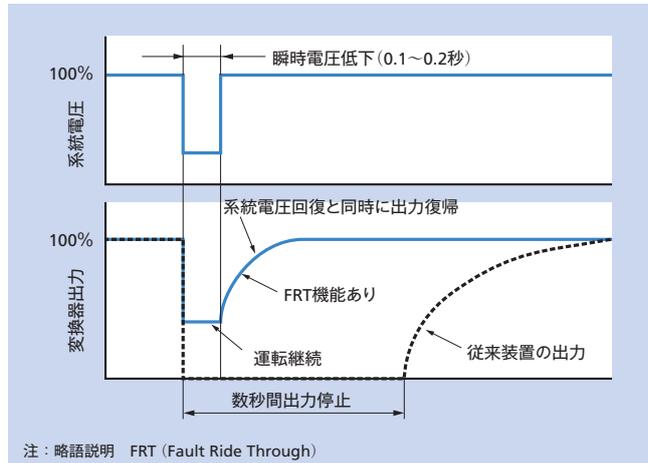
一定期間一定出力し、次の期間では過去の出力履歴からの推測に従い、定格出力の数パーセントの変動を許容する方法である。



注：略語説明 LFC (Load Frequency Control)

図5 | 出力変動緩和型蓄電池平準化システム

LFC調整余力があり、変動幅を許容できる系統の場合、蓄電池容量を低減し、出力変動緩和型蓄電池平準化システムを構築することができる。



注：略語説明 FRT (Fault Ride Through)

図6 | 変換器運転範囲

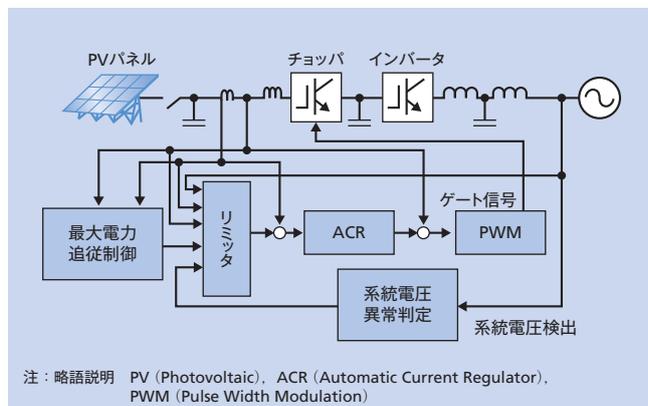
系統電圧の低電圧検出時の変換器出力(従来装置の出力とFRT機能ありの場合の出力)を示す。

従って定格出力の数% (2%程度) の変動を許容する方法が考えられる(図4参照)。また、さらにLFC (Load Frequency Control) の調整余力²⁾があり、出力変動 (dp/dt) の緩和を行うことで、変動幅を許容できる場合 (10%程度) は蓄電池容量をさらに低減し構築することができる。出力変動緩和型蓄電池平準化システムの出力を図5に示す。

3.3 瞬時電圧低下時の運転継続機能

送電系統で地絡事故などが発生すると、広範囲で電圧低下が起こり、太陽光発電などの新エネルギーによる発電設備が一斉に解列するような状態が発生する可能性がある。このため、電圧低下時であっても、系統からの解列機会を低減するため、FRTなど電圧変動・周波数変動に関する規定^{3), 4)}が各国で整えられつつある。

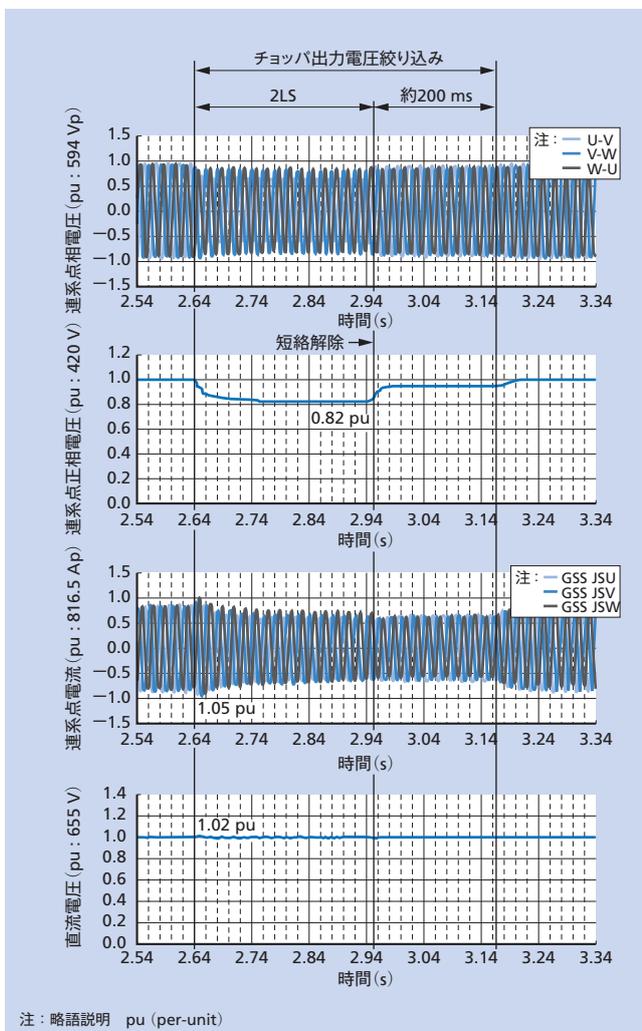
例えば、低電圧に関する規定では、従来は低電圧を検出した場合、一定時間(数秒間)出力を停止し、その後出力を再開していた(図6参照)。近年では、200 ms程度の瞬時電圧低下では、解列することなく出力を続け、系統電圧の回復とともに出力を追従させる必要がある。太陽光向け



注：略語説明 PV (Photovoltaic), ACR (Automatic Current Regulator), PWM (Pulse Width Modulation)

図7 | 変換器制御ブロック

系統電圧を検出し、リミッタによって出力制限を行う。



注：略語説明 pu (per-unit)

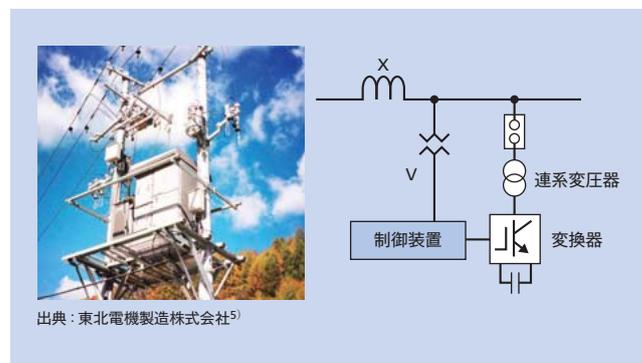
図8 | 二相短絡事故の工場試験結果（実機）

変換器制御ブロックに従い出力制限を行った2線短絡（2LS）が生じた場合の動作波形を示す。

パワーコンディショナーにおいてもこれらの機能が求められる機会が増えている。系統電圧を検出し、リミッタによって出力制限を実現する変換器制御ブロックを図7に示す。系統連系点で、2線短絡（2LS）が生じた場合の動作波形を図8に示す。この場合、連系点での正相電圧は、0.82 puとなっている。連系点では、出力電流が過電流になることなく、出力を続けていることがわかる。また、短絡の解除後、約200 ms程度で系統電圧レベルに追従していることがわかる。

3.4 SVC（静止形無効電力補償装置）

誘導発電機を用いた風力発電システムは、比較的小型で、早くから採用されてきた。そのため、コストパフォーマンスもよく、立地上・輸送上の制約がある場合にも適しており、現在でも広く用いられている。しかし、誘導発電機は、系統に対して無効電力を発生させ、さらに出力変動がある場合、それに応じて無効電力も変化させてしまう。そのため、ファームの系統連系点にSVC（図9参照）を設置し、



出典：東北電機製造株式会社⁵⁾

図9 | SVC構成図（±300 kVar（瞬時400 kVar））

小型軽量化を図ることにより、柱上設置が可能になった。

電圧の変動を安定させるなどの用途がある。また、このような状況に限らず、(1) 新エネルギーによる変動を伴う発電システムが系統に多く接続する、(2) 系統容量が小さい、(3) 近くに変動負荷がある、といった場合には、系統の電力の品質改善・維持のために使用することができる。

4. おわりに

ここでは、新エネルギーの大量導入による課題と、風力発電システムや太陽光発電システムを安定して供給するための系統連系対応技術について述べた。

風力や太陽光などの新エネルギーは環境負荷の低減、化石燃料への依存度の低減のために重要なシステムである。日立グループは、これまでさまざまな電力システムを手がけており、新エネルギーに対応する機器やシステム構築の技術においても豊富な経験とノウハウを持っている。こうした独自の強みを基に、新エネルギー普及に貢献していく考えである。

参考文献など

- 1) 近藤、外：ウィンドファームの出力制御手法の検討、平成22年電気学会全国大会、No.6-159 (2010.3)
- 2) 横山：電力系統からみた大容量風力発電、電気学会誌、Vol.129、p.299～302 (2009.5)
- 3) 田村：風力発電機群の安定度制御、電気学会誌、Vol.129、p.295～298 (2009.5)
- 4) E.ON Netz GmbH、<http://www.eon-netz.com/>
- 5) 東北電機製造株式会社、<http://www.tem.co.jp/>

執筆者紹介



今家 和宏

1990年日立製作所入社、電力システム社 電機システム事業部 発電機システム技術部 所属
現在、自然エネルギーを利用した発電システムのシステム開発・事業計画作成、遂行に従事
工学博士



近藤 真一

1993年日立製作所入社、電力システム社 エネルギー・環境システム研究所 電力流通プロジェクト 所属
現在、自然エネルギー電源の運用制御技術の研究に従事
電気学会会員