

電力の安定供給を支える回転機システムへの期待



横浜国立大学
大学院工学研究院
准教授

辻 隆男 Takao Tsuji

パリ協定に代表される気候変動問題への対応や、福島第一原子力発電所事故の影響により、太陽光発電や風力発電など（以下、再生可能エネルギー電源と呼ぶ。本稿では水力発電は除くものとする）の普及は、近年世界的に飛躍的な進展を遂げてきた。ドイツでは太陽光発電と風力発電の累積導入量を合計すると、既に電力需要のピークを上回る容量が導入されており、中国における普及拡大も目覚ましいものがある。日本でも2016年末で3600万kWほどの太陽光発電が接続されると共に、今後さらなる導入拡大が見込まれている。再生可能エネルギー電源の多くは、パワーコンディショナで連系する太陽光発電に代表されるように非同期電源であり、また出力が気象条件に依存して変化する不確実性を有するため、大量の再生可能エネルギー電源が接続された電力系統では技術および政策の両面から多岐にわたる課題が存在する。配電系統では、逆潮流の発生に伴う電圧変動が顕在化し、基幹系統レベルでも需給バランスの調整が一層重要な課題となっている。より複雑化する問題に適切に対処するために、ネットワークをより高度に運用する、いわゆるスマートグリッドに関わる各種技術開発が進められると共に、電力供給側と需要側が一体となって効率的に問題解決ができるよう、デマンドレスポンスやバーチャルパワープラントの枠組みなど、様々な政策面の改革も進められている。日本においても海外諸国で既に実施されているように、経済産業省や電力広域的運営推進機関の主導により、調整力を取り扱う需給調整市場など、各種市場を新しく創設する準備が進められている。

再生可能エネルギー電源の普及が進展するにつれ、電力の安定供給を議論する上で一層重要となるキーワードの一つに、「慣性力の低下」が挙げられる。アイルランドの電力系統で見られるように、交流連系系統としての容量が小さい系統に大量の再生可能エネルギー電源が接続すると、電力供給に占める非同期電源の比率が非常に高まることで相対的に慣性力が低下し、最大規模の電源脱落などの事象が生じた際には急激な周波数低下が生じ、系統崩壊を招きかねないことが懸念されている。2016年9月にオーストラリアで発生した大規模停電においても、風力発電比率が高い電力系統において風

車の一斉停止が発生したことにより、同期発電機比率の低い自立系統が発生し、慣性力の不足により早期の内に大きな周波数低下が生じ系統崩壊に至ったと指摘されている（AEMO, South Australian Blackout, Final Report より）。この対策として、風力発電の出力を周波数低下時に一時的に増加させる慣性応答制御や、蓄電池などを同期発電機を模擬して制御する仮想同期発電の概念が研究されるなど、多様な議論を呼んでいる。この問題に象徴されるように、交流系統における電力供給ならびに電気利用の両面は、長く同期発電機や産業用モータなどの回転機に支えられ、十分な慣性力の下で電力の安定供給が実現されてきた。再生可能エネルギー電源の大量普及の時代に入っても、様々な議論はあるものの、回転機が交流連系系統の安定運用を支える重要性に変わりはない。

以上のように、重要な役割を担う回転機であるが、古くから高効率化が重要な課題であり、長い年月をかけて一層の効率向上が達成されてきた。近年では一層の高効率化に加え、安全・安心な設備運用を支える運用保守、ならびに設備診断技術などが非常に重要となっている。特に再生可能エネルギー電源の普及に対処するために、海外諸国でも風力発電を含む小規模分散型電源の有効電力や無効電力を電力系統の状況に応じて制御することで、系統の安定化に寄与する方式が採用される事例も増えてきた。分散電源をより多様に活用することで、回転機にかかる負荷も増大し、安全・安心を支える保守・保全は一層重要な課題となろう。また、分散電源技術の進展に伴い発電機の種類や容量も多様化し、洋上風力発電所のように、メンテナンスが容易ではない事例も今後大きく増加する可能性がある。このように質および量の両面から設備の運用や管理が複雑化する中、IoT (Internet of Things) の概念のように、回転機を含む一連の機器を有機的に結合し、遠隔からも効果的に運用制御や保守・保全も可能とするシステムの開発も進展している。さらに設備診断においては、劣化や故障の予兆把握をより高度化するために、近年進化しつつあるAIや機械学習などの知的システムの活用も期待される。分野横断的な技術開発が強く求められると言えよう。

ICTの発展とも相まって、安全・安心な電力供給を支える回転機システムが、今後さらなる発展を遂げることに大いに期待したい。