

次世代配電系統（スマートグリッド）に適用されるパワーエレクトロニクス技術

次世代配電系統に適用される
パワーエレクトロニクス技術調査専門委員会編

目 次

1. はじめに	3	5. 配電系統制御パワーエレクトロニクス	34
2. 配電用パワーエレクトロニクス機器の要素技術と実用化動向	4	5.1 配電制御用パワーエレクトロニクス機器	34
2.1 変換回路トポロジー	4	5.2 配電系統用 STATCOM	36
2.2 パワーデバイス	5	5.3 ループバランスコントローラ	40
2.3 冷却技術	7	6. 電力貯蔵パワーエレクトロニクス技術	42
2.4 系統制御用エネルギー貯蔵装置の動向	9	6.1 変換回路トポロジー	42
2.5 PLL	11	6.2 蓄電装置・システム制御技術	45
2.6 FPGA を用いた制御装置	13	6.3 電力貯蔵装置活用事例	52
3. 新エネルギー電源を多数導入した配電システムにおけるパワーエレクトロニクス技術の役割	15	7. 新エネルギー電源パワーエレクトロニクス技術	55
3.1 新エネルギー電源の配電への影響	15	7.1 回路トポロジー	55
3.2 国内外の系統連系規程（Grid Code）の動向	18	7.2 制御技術	57
3.3 新エネルギー電源を含む電力系統の新システム技術	19	7.3 メガソーラ実証事業の成果	61
4. パワーエレクトロニクス機器を活用した配電システムの設計・解析技術	25	7.4 その他の新技術	64
4.1 配電系統設計技術	25	8. おわりに	68
4.2 実証評価環境の例	26	付録：略語集	69
4.3 海外の実証例	30		

次世代配電系統に適用される パワーエレクトロニクス技術調査専門委員会委員

委員長 川上紀子(東芝三菱電機産業システム)
幹事 植田喜延(明電舎)
北條昌秀(徳島大学)
幹事補佐 狼智久(東芝三菱電機産業システム)
委員 赤木泰文(東京工業大学)
伊瀬敏史(大阪大学)
伊東淳一(長岡技術科学大学)
岡田有功(電力中央研究所)
進士誉夫(東京ガス)
千住智信(琉球大学)
高野富裕(三菱電機)
竹下隆晴(名古屋工業大学)
田中俊彦(山口大学)

委員 馬場旬平(東京大学)
原亮一(北海道大学)
廣瀬圭一(NTTファシリティーズ)
藤井幹介(富士電機)
舟橋俊久(明電舎)
松下晃久(東芝)
目黒光(日立製作所)
八切好司(大阪ガス)
山村直紀(三重大学)
途中退 加藤哲也(日立製作所)
任委員 辻田伸介(東京ガス)
主な参 萩原誠(東京工業大学)
加者

1. はじめに

地球温暖化問題、エネルギー問題を解決するために再生可能エネルギー発電の大量導入の目標が掲げられ、普及促進が図られている。日本では、太陽光発電の導入量を、2020年に2005年の20倍である2800万kWに増大する計画が示されている。また東日本大震災以降の原子力発電を取り巻く世論からも自然エネルギーへの期待は増す一方であり、2012年7月から「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」により、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」が始まり、太陽光発電を中心とする再生可能エネルギーの導入が加速している。配電系統への太陽光発電など発電設備の大量導入は、逆潮流や配電線電圧上昇などの新たな問題を引き起こすことが予想されている。また、自然エネルギー発電は発電量の変動が大きく、系統全体の周波数制御への影響も懸念されている。そのような状況の解決策のひとつとして、配電系統全体の発電・蓄電・負荷設備を通信ネットワークで結合して制御する新しい配電系統の概念が提唱され、国内外で実証研究が行われている。こうした技術開発はいわゆる「スマートグリッド」においても重要な要素技術に位置すると考えられる。このような次世代の配電系統において、新エネルギー発電設備や蓄電設備の系統連系、および配電系統の電力品質維持のための電力変換技術としてのパワーエレクトロニクス技術はキーテクノロジーのひとつであり、最新動向および今後の課題を体系的に整理することが期待されている。

配電系統に適用されるパワーエレクトロニクス技術動向の調査は、電気学会産業応用部門半導体電力変換技術委員会でも過去に2回行われ、成果を上げている。第1回目は、2004年～2006年にかけて「配電系統に適用されるパワーエレクトロニクス技術の最新動向調査専門委員会」により実施され、配電系統へ適用が増加しているアクティブフィルタ、瞬低補償装置などの電力品質改善用パワーエレクトロニクス機器、分散電源を配電系統に連系するパワーエレクトロニクス機器について体系的に調査し、2007年7月に電気学会技術報告第1093号を発行した。第2回目は、2007年～2009年にかけて「新しい配電システムを構築するパワーエレクトロニクス技術調査専門委員会」により実施され、高周波配電・方形波配電・直流配電などの新概念配電システム、航空機・船舶などの移動体配電システム、分散電源多数導入に適した配電システム、再生可能エネルギーに適用されるパワーエレクトロニクス技術を調査して2010年7月に電気学会技術報告第1197号を発行した。配電系統へのパワーエレクトロニクス技術の適用は前述した背景からますます活発になることが予想された。

上記のような情勢を受けて、配電系統で予想される問題に対するパワーエレクトロニクス機器に期待される機能、およびそれを実現するパワーエレクトロニクス技術動向、実用化に必要な要素技術開発動向、配電系統内でのパワー

エレクトロニクス機器の機能解析・設計手法技術について調査して整理し、技術課題を示し、今後のパワーエレクトロニクス機器の技術開発に貢献すること目的に「次世代配電系統に適用されるパワーエレクトロニクス技術調査専門委員会」が2年間の活動予定で発足し活動した。本報告書はその活動成果をまとめたものである。

第2章では要素技術と実用化動向として、変換器トポロジ、パワーデバイス、蓄電デバイス、冷却部品、制御部品などの最新動向をまとめた。第3章では自然エネルギー電源を大量導入した配電システムで懸念される課題を整理し、系統連系規程の動向、課題解決に期待されるパワーエレクトロニクス技術の役割や実証例をまとめた。第4章では、パワーエレクトロニクス技術を活用した配電システムの設計・解析技術として、配電系統シミュレータや国内外の実証研究例をまとめた。第5章では、配電系統への適用が期待される具体的なパワーエレクトロニクス機器としてSTATCOM (STATic synchronous COMpensator: 自励式無効電力補償装置), SVC (Static Var Compensator: 無効電力補償装置), LBC (Loop Balance Controller) 無効電力補償装置, TVR (Thyristor Voltage Regulator: サイリスタ式電圧調整器) などの技術動向をまとめた。第6章では、自然エネルギーの変動抑制の手段の一つとして期待される電力貯蔵システムに適用されるパワーエレクトロニクス技術の動向をまとめた。第7章では、風力発電、太陽光発電、燃料電池などの新エネルギー電源に適用される回路トポロジーの具体例、および単独運転検出やFRT (Fault Ride Through: 系統事故時運転継続性能) などの保護制御技術とその実証事業の成果をまとめた。

再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度による太陽電池や風力発電等の大量導入や、リチウムイオン電池等の二次電池の電気自動車からの再利用による定置用蓄電システムの導入、経済産業省の「次世代エネルギー・社会システム実証地域」プロジェクトなど、再生可能エネルギー・蓄電池・情報通信を融合した新しい配電システムに関する研究はさらに盛んとなっている。本報告書が、新エネルギー電源の一層の普及と、パワーエレクトロニクス技術による課題解決検討の一助となることを祈念する。