

電力安定供給と省エネルギーに貢献する 電源システムの現状と展望

Power Supply Systems Contributing to Stable Power Supply and Energy Saving: Current Status and Future Outlook

河野 正志 KAWANO, Masashi

松本 康 MATSUMOTO, Yasushi

① まえがき

変電所、データセンター（DC：Data Center）など社会・産業インフラへの投資は、国内をはじめ北米、欧州や中長期的に経済成長が期待される東南アジア、インド、中東を含む国外においても継続しており、電力の安定供給のため、変電設備や電機盤などの需要は堅調に推移している。とりわけ DC 市場では、情報システムのクラウド化や電子商取引、コンテンツ配信サービスの増加に加え、第 5 世代移動通信システム（5G：5th Generation）通信網の拡大に牽引される IoT（Internet of Things）を活用した技術の普及に伴い、大規模 DC の建設が増加している。これに伴い、電力安定供給に貢献する無停電電源装置（UPS：Uninterruptible Power System）は、大容量化とともに小型化、省エネルギー（省エネ）化が求められている。

国内市場では、1970～1980年代に鉄鋼や化学などの素材プラントならびに鉄道会社に納入した変圧器、開閉装置など変電設備の老朽化を背景に、事故の予防や遠隔操作を含めたメンテナンスの高効率化を目的とした設備更新への投資が継続している。

また、脱炭素化やエネルギーコスト抑制の観点から、CO₂ 排出量削減や省エネに向け、工場全体のエネルギーの見える化や最適化へのニーズが増大している。電力変換効率の高い製品の導入だけでなく、最適なエネルギー需給制御を実現するエネルギーマネジメントシステム（EMS：Energy Management System）を活用する機会が増加していくことが見込まれている。

本稿では、富士電機が取り組んでいる電力安定供給と省エネルギーに貢献する電源システムの現状と展望について述べる。

② データセンターの電力安定供給に貢献する電源システム

2.1 「電気設備まるごと提案」の推進

DC は、大規模化が進む一方、短納期での構築が要

求されている。また、効率的な将来の増設を考慮した初期設備構築、および運用開始後の短納期での増設など、システムの設計は多様化かつ高度化してきている。

それに伴い電源システム設備についても、高信頼で安定的なシステムが求められるだけでなく、大規模化や将来の増設も含めた工期短縮が強く望まれている。富士電機は上述のニーズに応えるため、個別機器の提供だけでなく、特高受変電設備、非常用発電設備、変電設備、UPS システムを含めた「電気設備まるごと提案」により、システムの最適化、設置面積の削減、工期の短縮を実現している。

図 1 に大規模 DC の一般的な電源システム構成を示す。受電所は、特高の商用電源を受電し、高圧に変換する設備であり、コストや信頼性を考慮しながら設備構成を決定する。一般的には「本線・予備線方式」と呼ばれる 2 回線で商用電源を受電し、高圧に変換する

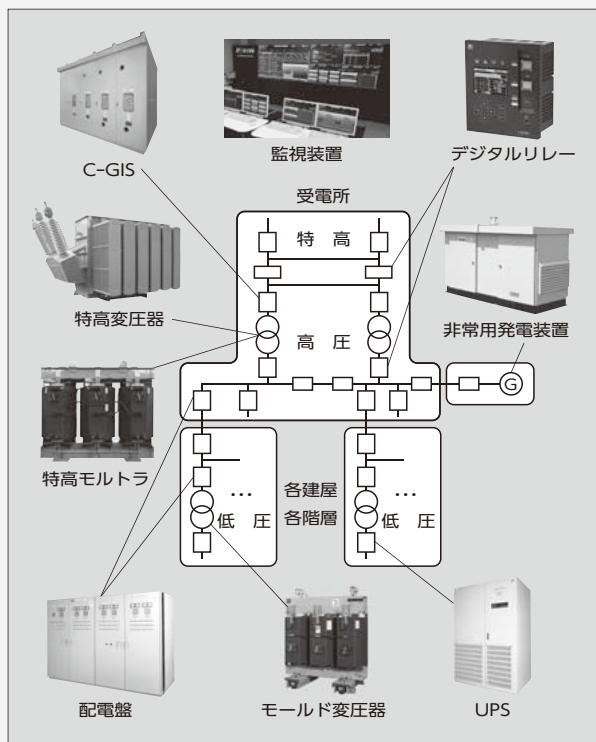


図 1 大規模 DC の一般的な電源システム構成

設備構成が多い。非常用発電装置は、商用電源の長時間停電時に負荷への給電を行うための設備である。そして、区画ごとに電力を供給するための変電設備が建屋や階層ごとにある。UPS システムは、停電時に非常用発電装置からの給電に切り換わるまでの間、給電を継続する設備である。それぞれの設備は、電力の安定供給を実現するために、機器の故障時や電源設備の保守時にも電力の供給を継続できるように冗長性を確保する設備構成となっている。

DC 向け電源システムの最も基本的な要求事項である信頼性の向上のためには、定常時の安定稼働や停電時のバックアップだけでなく、保守点検時や万が一の機器故障時の復旧対応も含めたシステム構築が重要である。富士電機は多くの DC 向け電源システムの納入経験を生かしたシステム構築技術を持っており、顧客要求に応じたさまざまな電源システムを提供している（“冗長性および保守性を高めた電源システムの構築技術”、14 ページ参照）。

大規模 DC の増加に伴い、DC の UPS の入力に使用する変圧器も大容量化している。これに対応するため、1,000 kVA 超過の大容量域において、従来品の設置面積を維持しつつ、標準的な変圧器盤に収まるように高さ寸法を縮小した矩形（くけい）大容量 5 脚モルトラ「V-ECO MOLTRA」を提供している（“省エネルギー・小型化のニーズに対応する矩形大容量 5 脚モルトラ”、25 ページ参照）。

2.2 電源システムを支える UPS 技術

大規模 DC における電力安定供給の中核機器である大容量 UPS は、大容量化、省エネ化とともに入力変圧器などの周辺機器を含めた UPS システムとしての小型化や設置工事期間の短縮などが求められている。

システムの省エネ化を実現する高効率化のため、UPS において、富士電機独自の技術である RB-IGBT（逆阻止 IGBT：Reverse-Blocking IGBT）モジュールを用いた 3 レベル変換回路を整流器およびインバータに採用することで、常時インバータ給電方式として業界トップクラスの高効率を実現している。また、低負荷率時にいくつかの電力モジュールを停止させる台数制御機能を備え、電力変換モジュールが最適な効率で運転できるようにしている。さらに、正常時は商用電源から給電することで電力損失を低減し、商用電源に異常が発生した場合は瞬時にバッテリーからの給電に切り換える高効率運転モード（HE モード：High Efficiency Mode）により、電圧や周波数の安定した電源環境下において 98.4% の高効率にて電力を供給できる。

これに加えて、背面合わせで設置が可能な構造や、入出力盤や変圧器盤間を内部配線することが可能な構



図2 「UPS7500WX」

造にすることで、UPS システムの設置面積の縮小と設置工事期間の短縮を実現している。

このような技術を適用した大規模 DC 向けの大容量 UPS 「UPS7500WX」を図 2 に示す（“データセンターの電力安定供給に貢献する大容量無停電電源システム”、9 ページ参照）。

DC において最も高信頼なシステム構成として、全体を二重化する 2N システムがある。この方式は高い信頼性を持つが、システムを切り換えるための電源切替盤が必要となり、その信頼性が全体の信頼性に大きく影響を及ぼす。これに対応するために、富士電機は高い信頼性を持つ電源切替盤を提供している。本切替盤は、切替機能の信頼性の向上だけでなく、UPS 同期機能により切替時間を短縮し、切替時の電圧安定度を向上させている（“電力の安定供給に貢献するデータセンター向け電源切替盤”、20 ページ参照）。

また、DC のみでなく一般の工場や放送・通信設備などは 200 V 系の中容量 UPS が必要とされており、UPS 単体に対して多種の容量のニーズがある。その容量のニーズに対応し、設置面積を削減することでリプレース対応を強化するとともに、設備の安定稼働性の向上のため、異常兆候検知機能による部品故障診断が可能な 200 V 系 UPS 「UPS6600FX」を開発した（“リプレース対応の強化と安定稼働性を向上した中容量無停電電源装置”、48 ページ参照）。

③ 設備安定稼働に貢献する電源システム

3.1 エネルギーマネジメントシステム

(1) 分散型グリッドによるエネルギー強靱（きょうじん）化の流れへの対応

(a) 市場の動向

SDGs（持続可能な開発目標：Sustainable Development Goals）や ESG（Environment・Social・Governance）投資など環境問題への対応

が国際的に問われている中、2020年10月、政府は2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、カーボンニュートラルを目指すことを宣言した。

市場では企業が使用電力の再生可能エネルギー（再エネ）への切り換えを急ピッチで検討しており、太陽光発電の自家消費や自己託送（自社発電所での発電電力を送配電ネットワークを通じて自社設備に送電）の他にPPA（電力販売契約：Power Purchase Agreement）^(※1)が注目されている。

このように、再エネの拡大は今後も継続することが期待されるが、再エネを受け入れる電力システムの強化が必須である。

一方、近年において集中豪雨や地震などの大規模災害によるエネルギー供給の長期断絶に対するレジリエンス強化も大きな課題となっている。

再エネ拡大やレジリエンス強化のため、法整備面では「強靱かつ持続可能な電気供給体制の確立を図るための電気事業法等の一部を改正する法律」（エネルギー供給強硬化法）が2020年6月に国会で可決・成立し、2022年4月に施行された。エネルギー供給強硬化法は、自然災害の頻発や広域化、再エネ主力電源化に対応する強靱かつ持続可能な電力供給体制を確保するための法改正である。改正ポイントとして、災害に強い分散型電力システムと再エネ導入拡大のための系統整備がある。地域において小型の分散型電源などを含む配電網を運営しつつ、緊急時には独立したネットワークとして運用可能となるよう、配電事業を法律上位置付けることが含まれている。

このような状況の中、地域の分散型電源を核とした分散型グリッドが各地で検討されている。今後、技術検証や事業採算性の検討が進むと考えられる。

(b) 富士電機の取組み

富士電機はこれまで、離島マイクログリッドや地域エネルギーマネジメントなどの実証事業にて、関連する技術開発や検証を行い、実運用可能なシステムを提供することで、再エネ拡大やレジリエンス強化に貢献してきた。富士電機が実現する地域マイクログリッドの全体像を図3に示す。

地域マイクログリッドには、地域のエネルギー最適化によるCO₂排出量削減、災害時のエネルギー供給維持、地域エネルギーリソースの有効活用という目的がある。これらの目的を実現するため、富士電機は次の開発を行い、展開してきた。

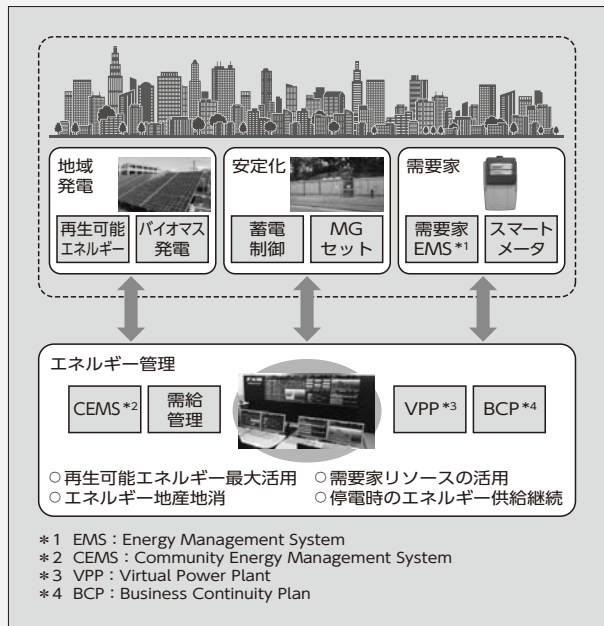


図3 富士電機が実現する地域マイクログリッドの全体像

① CEMS（Community Energy Management System）

CEMSは、地域のエネルギー需要や再エネによる発電量を予測し、最適な発電計画を立案し、制御する。さらに、デマンドレスポンスにより需要調整を行う。

② VPP（Virtual Power Plant）リソースアグリゲータ

VPPリソースアグリゲータは、需要家のリソース（大型蓄電池）を一括管理し、さまざまな要求に応じて、蓄電池システムを制御する。

③ 需給管理

需給管理は、需要を予測し、発電計画を立案する。そして、立案した発電計画に基づき必要な電力を電力卸売市場で取引する。さらに、需要実績を取得し、需要と供給のバランス状況を管理する。

④ 蓄電池制御

蓄電池制御は、蓄電池の充放電を制御することで、再エネ発電の安定化や発電機の効率的な運転を実現する。また、緊急時の独立システムの周波数の安定化を行う。

⑤ 蓄電池駆動MGセット

蓄電池駆動MGセットは、蓄電池駆動のモータと発電機を組み合わせた電源装置で、再エネの変動抑制や、独立システムの安定化などに貢献する。

図4に蓄電池制御技術を適用した、国立研究開発

(※1) PPAモデル

電力需要家がPPA（電力販売契約：Power Purchase

Agreement）事業者が発電設備設置用地を提供し、PPA事業者が発電設備の無償設置と運用・保守を行

う。い、発電電力料金を電力需要家に請求するモデルをいう。



図4 蓄電池制御システムの屋外設備の外観

法人 宇宙航空研究開発機構（JAXA）種子島宇宙センターの蓄電池制御システムの屋外設備の外観を示す（“JAXA 種子島宇宙センターの電力安定供給に貢献する大型蓄電池制御システム”、30 ページ参照）。

(2) 電力管理システムの機能向上

安定的に電力を供給するためには、システムによる管理が不可欠となる。富士電機では、最新のネットワーク技術などを適用し、信頼性、操作性、保守性を向上させた電力管理システムを展開し、更新需要などにも対応している（“鉄道の安全・安定輸送に貢献する電力管理システム”、36 ページ参照）。

(3) 今後の開発

(a) 地域マイクログリッドシミュレータ

再エネを含む分散型電源を中核としたマイクログリッドでは、需要想定に基づく再エネやコージェネレーションシステムなどの主要発電設備、蓄電設備などの容量設計が必要である。通常時の他に、基幹系統停電時の運用を考慮する場合、これらは複雑に影響し合うため、最適解を求めることが難しい。富士電機では、これまで培ってきた電力シミュレーション技術をベースに、この課題を解決するためのマイクログリッドの設計支援シミュレーションシステムを開発中である。これにより、設計者の負担を軽減し、実運用可能なマイクログリッドの最適設計を支援する。

(b) 事業継続計画（BCP：Business Continuity Plan）対応 EMS

災害などによる長期停電に備え、地域マイクログリッドでは、分散型電源により、重要施設（避難所、病院など）への電力供給を確保することが求められる。

単独の施設や隣接施設への供給など小規模な範囲では、決められた手順による電源復旧が可能だが、広範囲になった場合、再エネ発電を活用して電源復旧するためには、需要と供給のバランスを取りなが

ら復旧範囲を徐々に広げていくなど、高度な運用が必要となる。富士電機は、電力シミュレーション技術を活用した復旧支援機能を CEMS に搭載できるよう、開発を進めている。

3.2 電源システムを支える受変電機器技術

変圧器や開閉装置などの受変電機器は、電源システムを支える電力系統の中核を成す機器であり、その技術の発展には、絶え間ない努力が払われてきた。近年の技術開発の主流は、小型化、高効率化、高信頼性化、メンテナンスフリー化に加え、デジタル化と環境負荷低減の比重が増加しつつある。受変電機器の監視・制御・保護装置には、国際的な通信規格である IEC 61850 の適用が広がりを見せており、変圧器の油中ガス分析、開閉装置の部分放電やガス密度などの監視システムの適用例も増えてきている。

富士電機は、変圧器の高電圧・大容量化のための技術開発の後、小型化のための技術開発を継続して実施している。2018 年に最新の解析技術を駆使し、鉄心・巻線・冷却器構造などの最適化により、図5に示す世界最小クラスの容積・質量・油量を実現したグローバル対応 115 kV、50 MVA 変圧器を開発した。また、同技術をさらに高電圧・大容量クラスの変圧器に適用できるよう、開発を継続中である。

一方、環境負荷低減のため、植物由来の絶縁・冷却媒体を用いたパームヤシ脂肪酸エステル変圧器を開発し、発売している（“環境負荷低減に貢献するパームヤシ脂肪酸エステル変圧器”、53 ページ参照）。また、環境負荷低減に加え、引火点の高い大豆由来の天然エステルを用いて、防災性を高めた変圧器を開発し、発売した。

開閉装置については、定格電圧 300 kV までのガス絶縁開閉装置（GIS：Gas-Insulated Switchgear）を製品ラインアップしている。このたび、開閉装置関連の国際規格である IEC 62271 シリーズにおける試

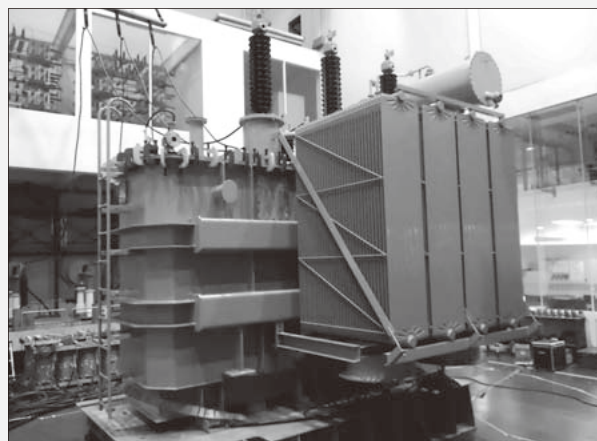


図5 グローバル対応 115 kV、50 MVA 変圧器



図6 グローバル対応 145kV GIS

験基準などの改定に対応するために、最新の遮断・解析技術を駆使して図6に示すグローバル対応 145kV GISを開発した。この技術をさらに高電圧クラスのGISに適用できるよう、開発を進めている。

GISにおいては従来、その絶縁体、消弧媒体として地球温暖化係数が非常に大きな六ふっ化硫黄 (SF₆) ガスを使用することが一般的であったが、環境負荷低減のため、SF₆ 代替ガスを使用したGISの適用が、SF₆ ガス規制の進む欧州、米国、韓国などで先行している。国際的な動向も見据え、富士電機もSF₆ 代替ガスを使用したGISの開発を進めている。

3.3 電力の安定供給を支える産業用電源機器

非鉄金属、鉄鋼、ケミカル素材やグリーン水素などの素材製造分野への設備投資は、世界的に拡大を続けている。富士電機では、これら素材製品の製造におけ

る電解、溶融、製錬などの設備の電源に用いられる産業用変圧整流装置を提供している。産業用変圧整流装置には電源品質の確保はもちろん、系統に流出する高調波の対策、設備の小型化・冗長性、機器の省エネ・高効率化、事故時における安全性の確保などさまざまな要求がある。これらの要求に対して、高調波系統解析、各種シミュレーション解析などを駆使することにより、機器単体のみでなく電源システムとしての解決に取り組んでいる（“素材製造設備の安定稼働に貢献する産業用電源”、42 ページ参照）。

4 あとがき

富士電機が取り組んでいる電力安定供給と省エネルギーに貢献する電源システムの現状と展望を述べた。これからも、電力の安定供給と最適化に寄与することで社会に貢献していく所存である。



河野 正志

富士電機株式会社執行役員常務、パワエレ エネルギー事業本部長。



松本 康

パワエレシステムの研究開発に従事。現在、富士電機株式会社パワエレ インダストリー事業本部開発統括部長兼パワエレ エネルギー事業本部開発統括部長。博士(工学)。IEEE 会員、電気学会フェロー。





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。