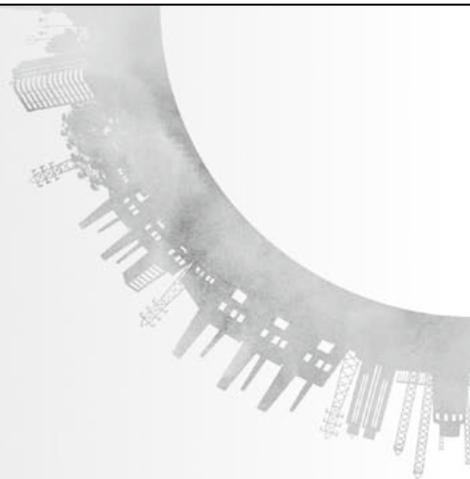


電気エネルギー技術

パワー半導体技術
 パワーエレクトロニクス技術
 安全・安心技術



展望

パワー半導体技術

電力不足の顕在化を受け、省エネルギー（省エネ）に対する要求がますます高まっている。富士電機は、特徴ある技術を適用した省エネに大きく貢献するパワー半導体の開発、製品化を進めている。

産業分野では、富士電機独自のデバイスである RB-IGBT (Reverse-Blocking Insulated Gate Bipolar Transistor: 逆阻止 IGBT) を中間スイッチに適用した高効率電力変換が可能となる AT-NPC (Advanced T-type Neutral-Point-Clamped) 3 レベル回路用モジュールにエネルギー・環境分野向け 1,200 V/50 A, 75 A, 100 A 12 in 1 製品を加え、系列を拡大した。また、高耐圧化として 1,700 V 系 RB-IGBT も開発した。

車載分野では、プラグインハイブリッド車 (PHEV) 向けに、二つのインバータと一つのコンバータを駆動するために 14 アームと制御基板を複合化したインテリジェントパワーモジュール (IPM: Intelligent Power Module) を開発した。低損失な第 6 世代 IGBT を採用し、アルミニウム製の直接水冷フィンと一体化して放熱性能を改善することでシステム電圧 700 V, 400 kVA 出力に対応する。

民生分野では、家庭用インバータエアコン用に、三相ブリッジ回路と制御回路を内蔵した小容量 IPM を開発した。エアコン用に最適化された低損失デバイスと高放熱アルミニウム絶縁基板の採用により、省エネ化に優れた製品になっている。IC 製品においては、民生機器や産業機器の電源用途向けに、第 6 世代 PWM (Pulse Width Modulation) 電源制御 IC を開発した。0.35 μm ルール微細プロセス技術を適用し、従来の外付け部品の機能を内蔵したほか、IC の消費電流低減と低待機電力化 (30 mW) を実現し、省エネに貢献している。

車載ディスクリット分野では、低燃費化を実現するエンジン制御向けに、短絡や負荷断線検出機能を備え CPU への状態出力を可能としたローサイド IPS (Intelligent Power Switch) の系列を拡大した。2 A 通電可能なチップを SOP-8 パッケージに 2 チャンネル搭載し、スイッチング特性を最適化することで、ステッピングモータを用いた

EGR (Exhaust Gas Recirculation: 排気再循環) システムへの適用を可能にした。

一方、次世代パワー半導体として注目されている SiC (炭化けい素) では、1,200 V 耐圧 SiC-MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) および SiC-SBD (Schottky Barrier Diode) を独立行政法人 産業技術総合研究所と共同で開発した。富士電機の素子の特徴は、より低い抵抗と高破壊耐量を同時に実現した点にある。さらに、SiC デバイスの特徴である低損失・高温動作を十分生かす新型パッケージを併せて開発した。この新型パッケージの特徴は、現在主流であるアルミニウムワイヤボンディング・はんだ接合・シリコンゲル封止構造を銅ピン接続・銀焼結材接合・エポキシ樹脂封止構造に置き換え、パワーモジュールの小型・低熱抵抗・高温駆動・高信頼性を実現した点にある。高効率インバータ用途に SiC-SBD を適用したハイブリッドモジュールの開発を完了し、量産を開始した。

パワーエレクトロニクス技術

東日本大震災以降、電力の安定供給や省エネに対する要求がよりいっそう高まっている。富士電機は、パワー半導体技術とパワーエレクトロニクス技術のシナジーにより、省エネに大きく貢献できる信頼性の高い製品を開発、製品化している。

可変速機器分野では、適用分野ごとの要求に対して積極的に応えてきた。高性能汎用インバータ「FRENIC-Ace シリーズ」を発売した。630 kW までの広い容量範囲で、用途に応じた最適なユニットの選定が可能になり、また、主要なアプリケーションに対応できるカスタマイズロジック機能を強化することで、よりきめ細かく用途ごとの要求に応えている。高性能ベクトル制御形インバータ「FRENIC-VG シリーズ」には、新たにスタックタイプを加えた。インバータのみならずダイオード整流や PWM コンバータも用意し、いずれも横幅 220 mm に統一することで、盤収納効率を向上した。ユニットタイプとスタックタイプの両方にダイレクトパラ接続機能を追加している。

結合リアクトルなしで、4台までのインバータの並列運転ができ、最大3,000kWまで対応範囲を拡大した。さらに、SiC搭載インバータ「FRENIC-MEGA GX-SiCシリーズ」を発売した。次世代半導体として有望視されているSiCを、産業用インバータとして国内で初めて採用した。発生損失を低減でき、インバータ効率を向上できた。PMモータとの組合せによって、いっそう省エネに寄与する。今後とも、新しい市場要求に応える製品を提供し続ける。

国内では、2012年7月から施行された再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）により、売電を目的とした大規模な太陽光発電所の建設が進められ、大容量パワーコンディショナの需要が増加している。

富士電機は、新たに大規模太陽光発電設備用のパワーコンディショナ「PVH1000シリーズ」を製品化した。PVH1000シリーズは、既に無停電電源装置で製品化している独自のRB-IGBTを用いた3レベル変換技術を適用して変換ロスを低減することで、太陽光パネルで発電したエネルギーを効率的に送電する。また、国内で適用されるパワーコンディショナの直流入力電圧範囲は、電気設備技術基準で低圧に分類されている直流電圧750V以下の仕様が多いが、海外への展開も考慮して、直流入力電圧を直流1,000Vまで許容している。国際規格の認証を取得することで、より広範囲な地域への展開を図っている。さらに、スイッチギア、変圧器など、基本となる機能をパッケージ化し、現地据付け工事や組立作業の短縮および工事・建設費用の削減が可能である。

無停電電源装置では、用途・設置環境・適用容量・使用電圧などニーズは多様化しており、製品系列を拡充し適切な製品の提供を求められている。

汎用ミニUPS「EX100シリーズ」では、従来の四つの容量系列に加え、新たに2.4kVAを製品化した。さらに、高力率負荷に対して出力有効電力（kW）を高めることで、市場のニーズに応えている。

変電分野では、安定して信頼性の高い電力供給を支えるために、国内外の基幹変電所向けに1,050MVA変圧器や765kV分路リアクトルを納入した。また、北陸新幹線新設工事向けには変電設備と電力補償装置を納入し、既設変電所の更新に対しては、環境、安全、省エネに配慮した各種機器を納入した。

鉄道車両では、海外はシンガポール地下鉄向けに電機品一式を継続納入し、国内は東海旅客鉄道株式会社の新形式N700A新幹線電車向けに主回路電機品の納入を開始した。

電力制御では、電力の需給逼迫（ひっばく）が問題視される中、大型蓄電池を用いて需要家のピーク時間帯における電力負荷をシフトする交直変換装置と最適運用制御システムを開発した。

駆動制御システムでは、1980年代から1990年代初頭に納入されたプラントシステムが更新時期を迎えているが、プラントの長期休止が不可能なケースが多いことから部分更新が求められた。PLC（Programmable Logic Control-

ler）の更新においては旧PLCと新PLCとで通信可能なレトロフィットボードを開発し、いくつかのプラントで部分更新を実施している。駆動装置では、ホットリバースミル用大容量水冷インバータ、棒鋼圧延主機用3レベルインバータならびにドライブマスタコントローラ（DMC）を使用したプロセスライン向け駆動制御システムを出荷した。

産業電源向けには世界最大設備となるアルミニウム精錬用整流設備の拡張設備を受注し、電気炉向けには新型自励式フリッカ補償装置の初号機を納入し、稼動を開始した。工業電熱分野では工業分野への適用を目的に、汎用IHを50kWまでラインアップした。施設電機分野では電源信頼性向上・環境・省エネを目指した製品の開発を進め、瞬低対策装置・植物油変圧器・ガスレス遮断器を納入した。

電気自動車（EV）が脚光を浴びる中、EVなどのインフラ整備となる地上急速充電器を市場投入している。2011年度の容量整備（25～50kW）に引き続き、通信機能付きや単独課金ユニットなどを製品化し、利用者のさまざまなニーズに合致した機能拡充を行った。自治体向けだけでなくコンビニエンスストアや道の駅などに設置事例が拡大している一方で、海外の地上急速充電器市場への参入も目指している。車載コンポーネントに関しては、駆動インバータや車載電源機器について積極的に開発を進めていく。

安全・安心技術

受配電機器・制御機器の国内市場では、東日本大震災からの復興の取組みにより加速したエネルギー構成の転換と、電気エネルギーをより安全かつ効率的に供給・蓄積する技術への期待が高まっている。一方、中国やアジアなどの新興国では、拡大・分化するそれぞれの市場ニーズに適合する仕様・価格の商品が求められている。このような市場環境の中で、富士電機は変化する市場要求へ敏感に対応し、顧客へのより大きな付加価値の提供に努めた。

工場の生産設備やオフィスビル、商業施設では、省スペース・省エネで信頼性の高い受配電設備や制御システムを構成することの重要性が増している。これに応える受配電・開閉機器として、機械装置や制御盤などの小電流回路の保護用に、外形幅を従来比70%にして設置面積を大幅に縮小した32～63AF小型低圧遮断器・漏電遮断器「G-TWIN Λ（ラムダ）シリーズ」を開発した。また、部品点数の削減や筐体（きょうたい）への熱可塑性材の適用、ヒータ設計の改善などで小型化を追求した小型サーマルリレーを開発した。端子配列の見直しにより、操作性・配線性も向上している。

受配電分野では、ZCT（零相変流器）を用いたシンプルな構成で設備の絶縁状態の常時監視を行い、低コストで高信頼な受配電システムを実現するIor絶縁監視ユニットを電力監視システム「F-MPCシリーズ」に追加した。

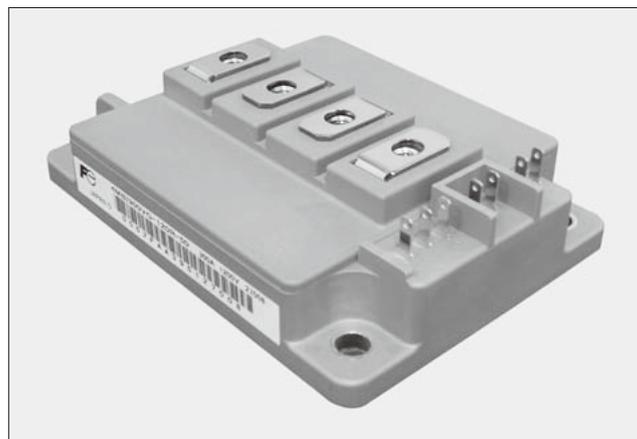
今後も、商品系列の拡充に加えて問題解決に貢献する技術・商品の強化とソリューション・サービスの提供に取り組み、顧客満足度を追求していく。

パワー半導体技術

① AT-NPC3 レベル回路用 IGBT モジュールの系列化

電源装置用途向けに AT-NPC (Advanced T-type Neutral-Point-Clamped) 3レベル回路用モジュールを開発した。中間スイッチに独自開発の双方向スイッチングが可能になる RB-IGBT を適用している。従来の NPC 3レベルインバータに比べて、全ての電流経路において導通する素子の数が半になり、導通損失が低減されるため高効率化が可能になる。また、従来の NPC 3レベル方式の発生損失に比べて約 15% 低減できる。主な特徴は、①メインのインバータ回路部は中間スイッチ部の 2 倍の耐圧の IGBT・FWD を適用、②中間スイッチとして RB-IGBT を逆並列に接続することにより、双方向スイッチングが可能、③ RB-IGBT のゲートにしきい値以上の順電圧を印加することにより、逆回復動作が可能、である。

図1 AT-NPC3レベル回路用IGBTモジュール



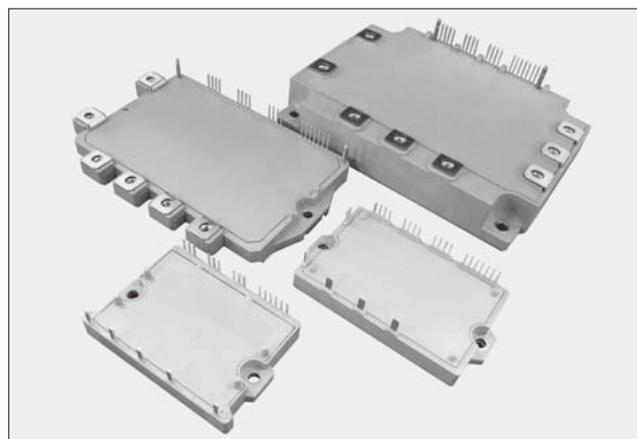
② 第6世代 IGBT-IPM [V シリーズ] IPM

近年、サーボやアンプなどの電力変換装置に使用される IPM には、小型化・高効率化・高信頼性・使いやすさが強く要求されている。富士電機では、IPM 用に最適化した「V シリーズ」IGBT チップとドライブ IC を適用した「V シリーズ」IPM (V-IPM) を開発し、フルラインアップを完了した。主な特徴は次のとおりである。

●関連論文：富士電機技報 2012, vol.85, no.6, p.418

図2 「Vシリーズ」IPM

- (1) 定格電圧/電流：600 V/20～400 A, 1,200 V/10～200 A
- (2) トータル発生損失の低減：17% 低減 (対 R-IPM3 比)
- (3) デッドタイムの短縮・アラーム要因識別機能の搭載
- (4) ΔT_c パワーサイクル耐量の向上：P631 パッケージは、対 P612 パッケージ比で 2 倍 ($\Delta T_c = 80^\circ\text{C}$ 時)
- (5) P630 パッケージの熱抵抗低減品の系列化を予定 (既存パッケージ比で熱抵抗の 30% 以上の低減見込み)

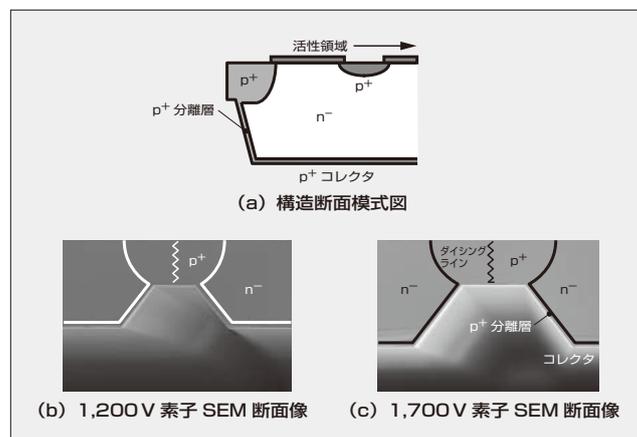


③ V 溝分離層を含む 1,200 ～ 1,700 V RB-IGBT

近年、RB (Reverse Blocking) -IGBT は高効率電力変換回路の中間点クランプに使用されるなど、需要が高まってきている。富士電機は、電力変換器の高効率化につながる RB-IGBT の開発に取り組んできた。表面の熱拡散と裏面の V 溝エッチングとを組み合わせるハイブリッド分離方式により、従来の熱拡散では形成が困難な貫通分離層を形成することで、1,200 V 素子に続き、1,700 V 素子の開発に成功した。風力発電や車両分野などの大容量分野に適用するためには 1,700 V 耐圧の RB-IGBT が必要である。

●関連論文：富士電機技報 2012, vol.85, no.6, p.398

図3 RB-IGBT構造と断面写真



今回のハイブリッド分離方式の高度化により、1,700 V RB-IGBT を安定して製造できるようになった。本素子を使用した AT-NPC 3レベル変換回路は、従来素子を使用する場合に比べて 18% の損失低減を達成している。

パワー半導体技術

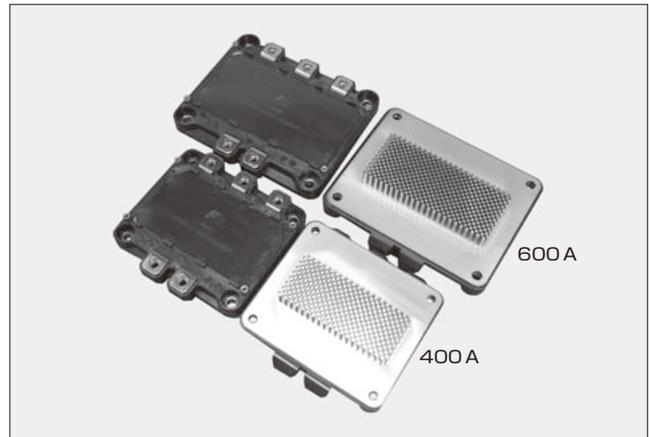
④ 車載用直接水冷 IGBT モジュール

ハイブリッド自動車や電気自動車に搭載されるインバータユニットの小型化に貢献するため、直接水冷方式を用いた IGBT モジュールを開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 定格電圧は 650 V であり、定格電流はさまざまなモータ容量や仕様に対応するため、400 A 品と 600 A 品の 2 種類をラインアップしている。
- (2) 400 A 品は 20 ~ 30 kW, 600 A 品は 40 ~ 50 kW クラスのモータ向けである。
- (3) 水冷フィンに角型ピン、絶縁基板に窒化けい素基板を採用し、従来品（間接水冷 IGBT モジュール、アルミナ基板）に比べて熱抵抗を 60% 低減している。

●関連論文：富士電機技報 2012, vol.85, no.6, p.435

図 4 車載用直接水冷 IGBT モジュール



⑤ 第 6 世代 PWM 電源制御 IC 「FA8A00 シリーズ」

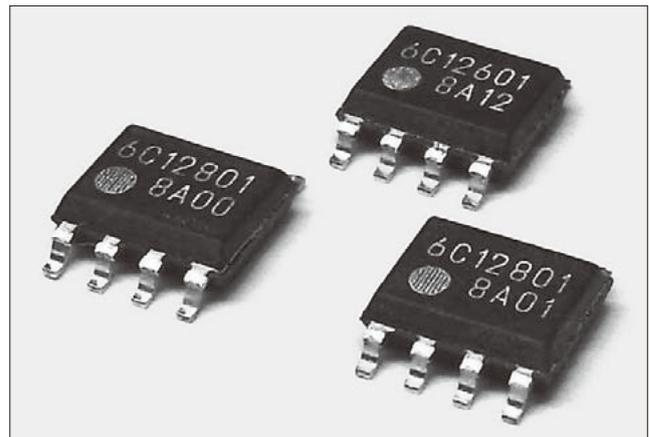
近年、家電製品やサーバなどの電子機器は、常時稼働システムが増え、待機電力の削減要求がますます強まってきている。さらに、電子機器の電源に対しては、動作の安定性と保護機能の高精度化が要求されている。

これらのニーズに応えるため、富士電機では第 6 世代 PWM 電源制御 IC 「FA8A00 シリーズ」を開発した。新開発の X キャパシタ放電機能と IC 消費電流の削減により、電源の待機電力を従来比で 66% 低減し、30 mW 以下にすることができる。主な特徴は次のとおりである。

- (1) X キャパシタ放電機能による低待機電力化
- (2) 500 V 耐圧の起動回路を搭載
- (3) 過負時出力電流の交流入力電圧補正機能を搭載
- (4) スイッチング周波数拡散機能による低ノイズ化

●関連論文：富士電機技報 2012, vol.85, no.6, p.452

図 5 「FA8A00 シリーズ」



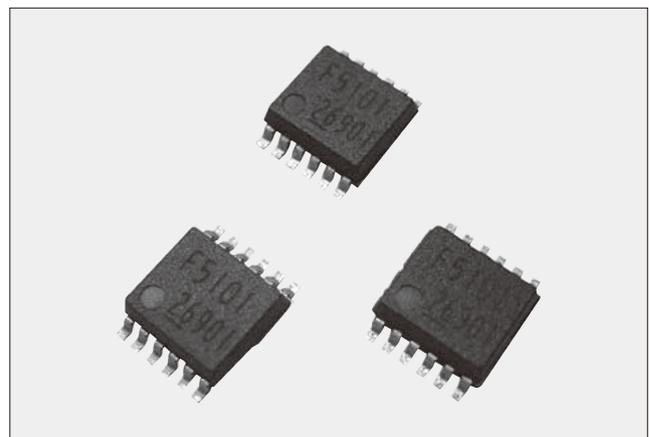
⑥ 車載用第 4 世代ハイサイド IPS 「F5101H」

自動車分野での小型・高信頼性化、低価格化の要求を受け、出力段パワー MOSFET をプレーナ型からトレンチ型にし、制御・保護回路の微細化や多層配線技術を用いた第 4 世代ハイサイド IPS 「F5101H」を開発した。従来の SOP-8 パッケージと同一サイズの SSOP-12 に 2 チャンネルの IPS を搭載し、実装効率を上げている。特徴を次に示す。

- (1) オン抵抗の最適化による 1 チャンネル品と同等の通電能力の確保
- (2) 過電流、過熱検出機能による負荷短絡保護
- (3) 低電圧 ($V_{cc} = 4.5 V$) 動作
- (4) 状態出力用 ST 端子を搭載
- (5) 逆起電圧クランプ回路の搭載によるインダクタンス負荷時高速ターンオフ

●関連論文：富士電機技報 2012, vol.85, no.6, p.440

図 6 「F5101H」



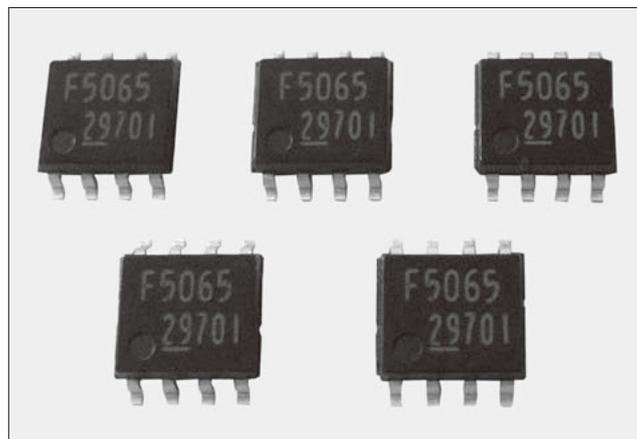
パワー半導体技術

7 車載用ローサイド IPS 「F5065L」

自動車の厳しい環境規制を背景として、電装システムが大規模化している。これに伴い、パワー半導体の小型化・高機能化が求められている。富士電機は、パワー半導体に周辺回路を内蔵した車載用ローサイド IPS 「F5065L」を開発した。

短絡保護（過電流・過熱）機能、負荷断線検出機能を持ち、状態出力端子を設けることで、半導体素子や負荷の状態を CPU へ出力することを可能にした。また、出力段パワー MOSFET の低 R_{on} 化により、1.9 A 通電可能なチップを SOP-8 パッケージに 2 チャンネル搭載した。さらに、スイッチング特性を最適化することで、ステップモータを用いた EGR（Exhaust Gas Recirculation：排気再循環）システムへの適用を可能にした。

図7 「F5065L」



8 絶対圧高圧センサ

自動車の環境・燃費規制を背景にエンジン制御システムはさらに高度になり、直噴エンジンや燃料ポンプに対応した高圧センサの需要が増加している。また、安全性や快適性の向上のため、ブレーキやトランスミッション、ステアリングなどの油圧制御にも高圧センサの需要が非常に高まっている。富士電機は、1 MPa 以下の低圧センサに特化してきたが、これらの需要に応じて、20 MPa まで対応可能な絶対圧センサの製品化を実現した。特徴を次に示す。

- (1) 圧力レンジ/出力電圧：1 ~ 20 MPa abs/0.5 ~ 4.5 V
- (2) 温度範囲：-40 ~ +135 °C
- (3) 出力電圧精度：1.5%FS (25 °C), 2.5%FS (-40 °C, 135 °C)
- (4) 最小外形寸法：φ14 mm

図8 絶対圧高圧センサ

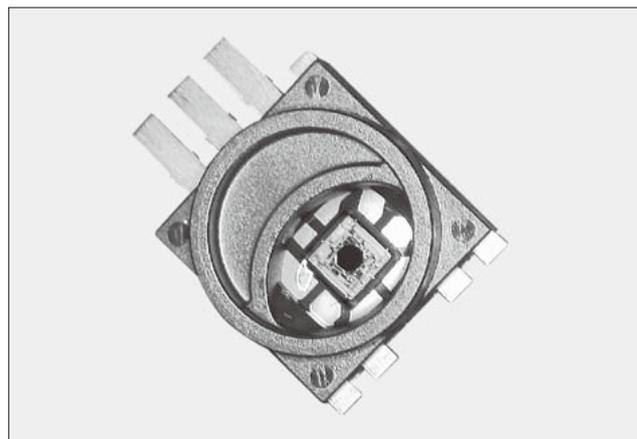


9 第6世代相対圧センサ

自動車の排ガス規制に対応した排ガス中の煤（すす）を除去するシステム（DPF）や燃料ガスの放出防止のための燃料供給システムに相対圧センサが用いられるようになってきた。第6世代小型圧力センサの技術を応用し、小型で軽量かつ排ガスや燃料などの圧力媒体に対する耐性を付加した相対圧センサを開発した。主な特徴は次のとおりである。

- ①圧力レンジ/出力電圧：-80 ~ +10 kPa gauge/0.5 ~ 4.5 V,
- ②温度範囲：-40 ~ +130 °C,
- ③出力電圧精度：1.5%FS (25 °C), 2.0%FS (-40 °C, 135 °C),
- ④外形寸法：L15.6×W11.5×H6.6 (mm),
- ⑤燃料耐性：ASTM fuel-B, E10, E85, M15,
- ⑥EMC仕様：チップコンデンサ内蔵, ISO7637, ISO11452-4 準拠

図9 第6世代相対圧センサ



パワー半導体技術

10 IGBT モジュール開発における連携シミュレーション

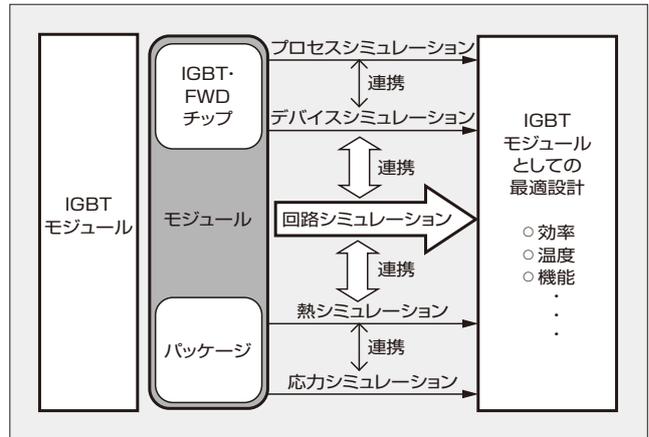
●関連論文：富士電機技報 2012, vol.85, no.6, p.413

IGBT モジュールの設計において、小型化、高効率化、低ノイズ化などの要求を総合的に満足するため、シミュレーションによる事前解析の重要性が増している。

富士電機では、従来、シミュレーションをデバイスや熱解析をベースに、半導体チップやパッケージなどのモジュール構成要素ごとに行っていたが、今回、回路シミュレーションをベースにしたモジュール全体の連携解析技術を確立した。これにより、従来に比べて、モジュール全体での電気特性の誤差を従来の1/4に、IGBTチップの熱特性の誤差を従来の1/2に低減することを可能にした。

小型化、高効率化、低ノイズ化といった顧客要求事項を総合的に満足した製品の早期開発に貢献していく。

図10 デバイス・回路・熱の連携シミュレーション

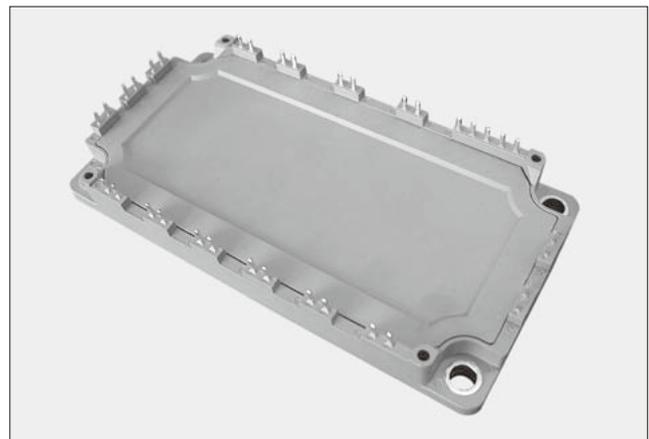


11 SiC-SBD 搭載ハイブリッドPIMの製品化

近年、電力変換機器などのさらなる低損失化の要求に応えるため、炭化けい素 (SiC) を適用したパワー半導体デバイスの製品化が急がれている。富士電機は、最新の「Vシリーズ」IGBTとSiCショットキーバリアダイオード (SBD) を混載した7in1のSiC-SBD搭載ハイブリッドPIMを製品化した。製品系列の定格電圧/電流は、1,200V/35A, 50A および 600V/50A, 75A, 100Aである。本製品の適用により、最新のVシリーズIGBTモジュールに対してさらに約25%の発生損失の低減が可能になる。

今後、大幅に発生損失の低減が可能なSiC-SBD搭載ハイブリッドモジュールの2in1や6in1モジュールへ展開するとともに大容量化を行い、製品系列を拡大していく。

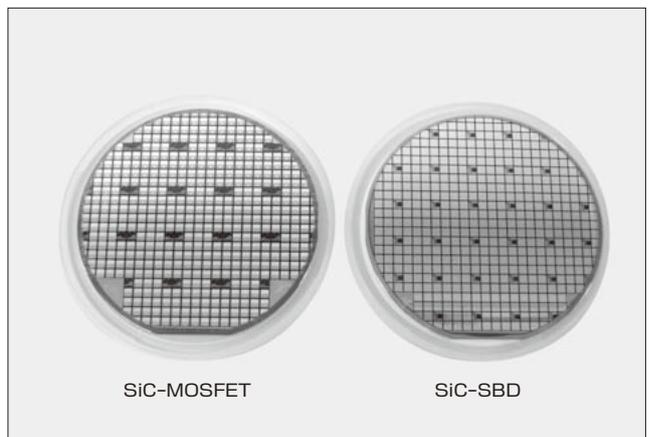
図11 SiC-SBD搭載ハイブリッドPIM



12 SiC デバイス開発 (SiC-MOSFET, SiC-SBD)

富士電機は、独立行政法人 産業技術総合研究所と共同で1,200V耐圧SiC-MOSFETおよびSiC-SBDを開発した。これらの素子は、他社と比べて、より低い抵抗と高い破壊耐量を同時に実現し、特にSiC-MOSFETは、高温でのゲート電圧印加後のしきい値電圧変動がほとんどないなど、高信頼性特性を持つことが特徴である。この開発は、Siデバイスでは実現できない小型・高効率のパワーエレクトロニクス装置の実現を目指すものである。SiCデバイスの特徴である低損失・高温動作を十分に生かすため、新型のパッケージに搭載し、その優れた性能・動作を確認した。

図12 開発したSiCデバイス



パワー半導体技術

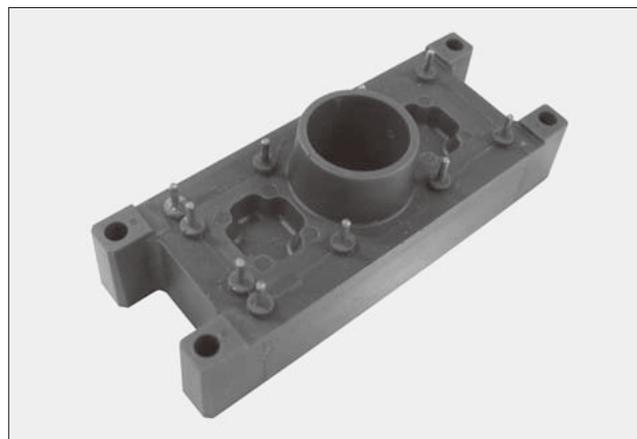
13 SiC パワーモジュールパッケージ

SiC デバイスの低損失、高周波・高温で動作可能という特徴を引き出すパッケージ構造を開発し、All-SiC パワーモジュールに適用した。このパッケージは、従来のアルミニウムワイヤボンディングに代わり、銅ピン搭載プリント基板により、複数の SiC-MOSFET および SiC-SBD チップを一括で接続する構造である。また、厚銅貼り低熱抵抗絶縁基板およびエポキシ樹脂封止の採用、電気配線パターンの最適化などにより、次の特徴を持っている。

- (1) 小型・高パワー密度（フットプリント：従来比 1/2 以下）
- (2) 高耐熱（最大動作温度 T_{jmax} : 200℃）
- (3) 高信頼性（パワーサイクル耐量： ΔT_j 150℃で従来比 30 倍以上）
- (4) 低インダクタンス（従来 Si モジュール比 約 1/4）

●関連論文：富士電機技報 2012, vol.85, no.6, p.403

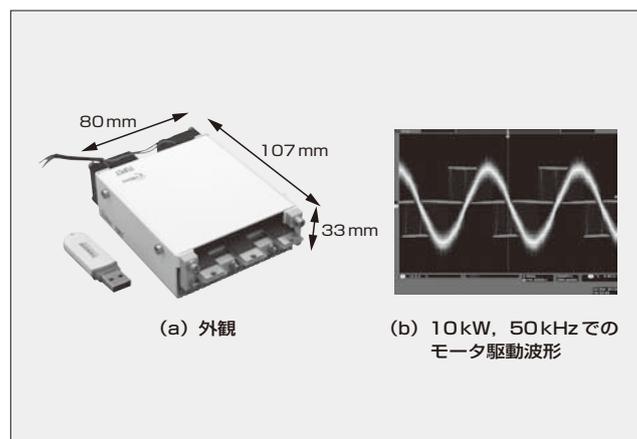
図 13 SiC パワーモジュールパッケージ



14 次世代 SiC 低抵抗技術・超高耐圧 SiC デバイス技術および超高パワー密度 All-SiC インバータ

次世代トレンチ型 MOSFET の要素技術、高速エピタキシャル技術、All-SiC インバータ、超高耐圧 SiC-IGBT に関して、技術研究組合 次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構および独立行政法人 産業技術総合研究所と共同研究を行っている。All-SiC インバータでは、5 nH の低インダクタンス二層セラミック基板モジュールを用いて、従来の Si インバータの 10 倍以上の 40 kW/L の高パワー密度を実現し、10 kW、50 kHz での三相モータ駆動試験を実証した。今後、次世代低抵抗技術であるトレンチ型 MOSFET の要素技術、ゲート酸化膜形成技術、高速エピタキシャル技術についても検討を進めるとともに、スマートグリッド用コンポーネントの中核デバイスとして期待される超高耐圧 SiC デバイスについても試作を進めていく。

図 14 All-SiC インバータ



15 SiC 製品

富士電機は、SiC 製品の開発をデバイス、パッケージ、回路間で連携して進めている。デバイスは、独立行政法人 産業技術総合研究所と共同で低抵抗 MOSFET と高信頼性 SBD を開発し、これを搭載するパッケージは、高電流密度、高温化を実現した SiC 専用の新構造を開発した。機器の開発では、SiC 専用モジュールを搭載した太陽光発電用パワーコンディショナで、富士電機独自の AT-NPC (Advanced T-type Neutral-Point-Clamped) 3 レベル回路を用いて 99% の高変換効率を実現した。さらに、体積を従来の 1/5 にすることで、低コスト化も実現した。SiC-SBD を搭載した機器では、2011 年度に高効率インバータを商品化し、2012 年度はデータサーバ用に高効率かつ小型の新コンセプト DC-UPS を開発中である。

図 15 太陽光発電用パワーコンディショナ



パワーエレクトロニクス技術

① SiC 半導体適用「FRENIC-MEGA GX-SiC シリーズ」

●関連論文：富士時報 2012, vol.85, no.3, p.255

空調機器や工場の生産設備で使用される同期モータ駆動用インバータのさらなる高効率化を図るため、次世代パワー半導体デバイス SiC-SBD を適用した「FRENIC-MEGA GX-SiC シリーズ」を開発した。特徴を次に示す。

- (1) 容量系列：三相 200 V 系列 5.5, 7.5, 11 kW
 三相 400 V 系列 5.5, 7.5, 11 kW の 6 機種
- (2) インバータの発生損失：SiC-SBD の搭載による従来比 20% 以上の低減
- (3) 超高効率ドライブシステムの構築：同期モータ（「GNP シリーズ」「GNS シリーズ」）との組合せ運転
- (4) 制御方式：速度センサ付きベクトル制御，速度センサレスベクトル制御，誘導モータ用 V/f 制御

図 16 「FRENIC-MEGA GX-SiC シリーズ」

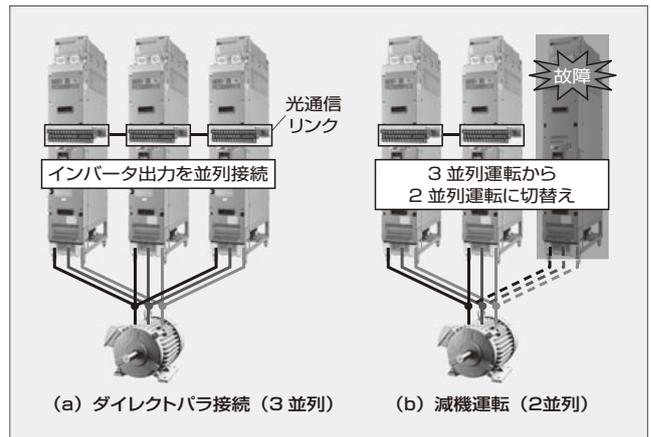


② 「FRENIC-VG シリーズ」におけるダイレクトパラ接続技術

電動機制御用途で展開中の高性能ベクトル制御形インバータ「FRENIC-VG シリーズ」のスタックタイプにおいて、ダイレクトパラ接続技術を開発した。インバータを複数並列接続して大容量出力のインバータが構築できる。

- (1) 専用端子台をインバータに取り付け、光通信リンクを構成することでダイレクトパラ接続が可能である。
- (2) 同一容量のインバータを最大 3 並列で運転できる。800 kW のインバータを 3 並列し、最大 2,400 kW（過負荷耐量 150%）または 3,000 kW（同 110%）まで容量を拡張できる。
- (3) ダイレクトパラ接続での運転時に、一部のインバータが故障した場合、正常なインバータのみで運転を継続させる減機運転が可能である。

図 17 ダイレクトパラ接続の構成



③ 「FRENIC-HVAC/AQUA」の容量拡大とオプションカードの拡充

空調および水処理に適した「FRENIC-HVAC/AQUA シリーズ」のフルラインアップ化とオプションカードの拡充を行った。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 従来の 0.75 ~ 37 kW に、45 ~ 90 kW（IP21/IP55）と 110 ~ 710 kW（IP00）をラインアップに加え、空調・水処理分野のほとんどの用途をカバーする。
- (2) 制御オプション（リレー出力カード、测温抵抗体カードなどの 4 種類）と通信オプション（Ethernet 通信カード、LonWorks 通信カードなどの 6 種類）を製品化し、システム対応が容易である。
- (3) PC アプリケーションとしてローダを用意し、各種機能設定が容易であり、運転時のモニタリングも可能である。

図 18 「FRENIC-HVAC/AQUA」とオプションカード



パワーエレクトロニクス技術

④ コンパクトインバータ「FRENIC-Mini (C2) シリーズ」

コンパクトインバータ「FRENIC-Mini (C1) シリーズ」の後継機種として「FRENIC-Mini (C2) シリーズ」を開発した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 三相 200 V (0.1 ~ 3.7 kW) 入力をラインアップし、三相 400 V 入力、単相 200 V 入力も拡充予定である。
- (2) ダイナミックトルクベクトル制御機能を搭載し、3 Hz で 200% の高始動トルクを出力する。
- (3) 2 台分のモータ定数を記憶し、切換運転ができる。
- (4) RS-485 通信インタフェースを標準で搭載し、PC からの通信で制御可能である。オプションのタッチパネルで、USB 経由の通信ができる。
- (5) ポンプの圧力制御に適した少量水停止機能を持った PID 制御機能を搭載している。

図 19 「FRENIC-Mini (C2) シリーズ」



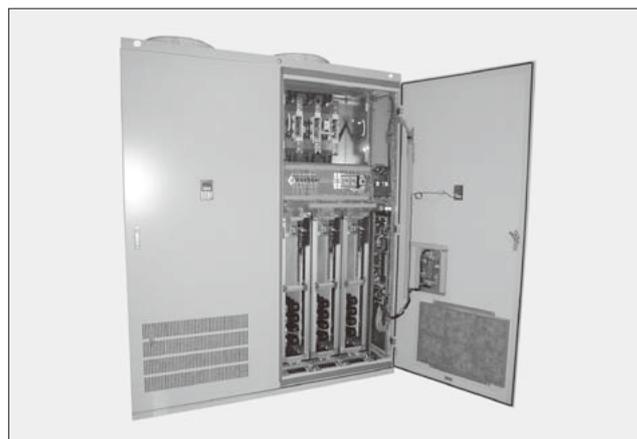
⑤ 3レベルインバータ「FRENIC4400」1,300 kVA

3レベルインバータ「FRENIC4400」は、中容量の交流電動機駆動装置として好評を得てきた。このシリーズの新たな品ぞろえとして、1,300 kVA を開発した。鉄鋼圧延設備をはじめとする各種プラントで、より適用しやすいものである。国内・海外の条鋼圧延設備などに導入し、稼動している。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) これまでの高機能・高精度を継承した。
- (2) 3レベル PWM 制御に最適な IGBT を使用した新設計のスタックと、初期充電回路およびスナバ回路の最適化により、小型化（寸法 40% 減、質量 35% 減）を実現した。
- (3) 内部信号の光化と保護機能の充実により、高信頼性化を実現した。

図 20 「FRENIC4400」1,300 kVA



⑥ 高圧インバータ「FRENIC4600FM5e シリーズ」の CE マーク適合

ファン・ポンプなどの省エネルギー運転のために、高圧電動機を直接可変速駆動可能な高圧インバータの適用運転が進んでいる。ヨーロッパ市場向けに CE マークに適合した高圧インバータ「FRENIC4600FM5e シリーズ」を製品化し、納入した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 欧州 EC 指令：EN61800-5-1, EN61800-3 に準拠
- (2) 電圧系列：6 kV, 6.6 kV
- (3) 容量系列：470 ~ 7,000 kVA (6.6 kV 換算容量)
- (4) 駆動方式：直接可変速駆動
- (5) 装置効率：約 97%
- (6) 電源力率：0.95 以上

3 kV, 3.3 kV などの電圧系列を順次拡充中である。

図 21 「FRENIC4600FM5e」



パワーエレクトロニクス技術

7) メガソーラー用 PCS の IEC 第三者認証取得

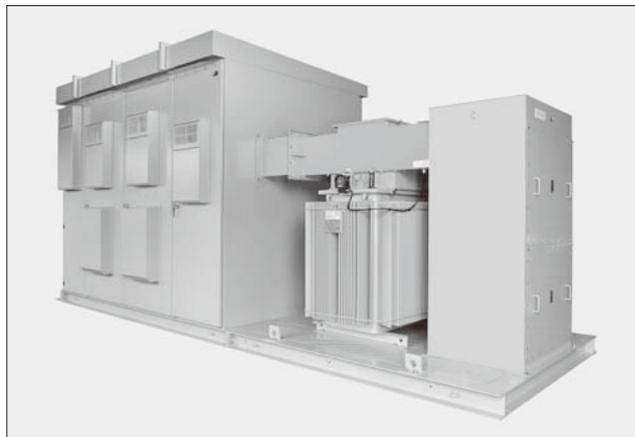
富士電機は、国内外で市場が急拡大している大規模太陽光発電（メガソーラー）向けのパワーコンディショナ（PCS）の開発・市場展開を行っている。

サブステーション PCS「PVI1000-3/1000」（DC1,000 V 1,000 kW）は、単機容量 1,000 kW、最高効率 98.5% を達成した屋外専用タイプの PCS である。海外市場への本格展開を図るため、IEC の第三者認証を取得した。

取得した規格は次のとおりである。

- (1) 安全規格：IEC62109-1
- (2) EMC 規格：EN55011, IEC61000-6-2

図 22 「PVI1000-3/1000」



8) 「EX100 シリーズ」のラインアップ拡大（2.4 kVA 機）

省エネルギーと給電品質の両立を実現した、自動運転切換モード（高効率運転/オンライン運転の切換え）搭載のミニ UPS「EX100 シリーズ」を商品化している。今回、容量系列を拡大してユーザの製品選択の幅を広げるため、2.4 kVA の EX100 をリリースした。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 更新需要にも応える、従来機と同一の入出力インターフェース
- (2) 出力有効電力：2,200 W（従来機の 1.3 倍）
質量：31.6 kg（同 17% 減）
- (3) 自動運転切換機能によるパフォーマンスの向上

図 23 「PEN302J1RT/30」



9) CATV 用柱上 UPS

富士電機は、CATV システムの中継器に同軸ケーブルを介して電源を供給するための無停電電源装置（UPS）を開発し、製造している。屋外用の防雨構造で、電柱などに装着設置されるものである。バックアップ時間は、定格負荷・常温環境下で約 2 時間である。常時商用給電方式で、通常は商用 100 V を受電し、内蔵トランスで AC60 V に降圧して負荷に電力を供給する。自然空冷方式とすることで、屋外設置における塵埃（じんあい）対策やファン交換といった保守管理の低減を実現している。

また、構造面においても機能ごとにトランスユニット・インバータユニット・バッテリー部をモジュール化し、それぞれをコネクタで接続とすることで、保守性の向上を達成している。

図 24 CATV用柱上UPS



パワーエレクトロニクス技術

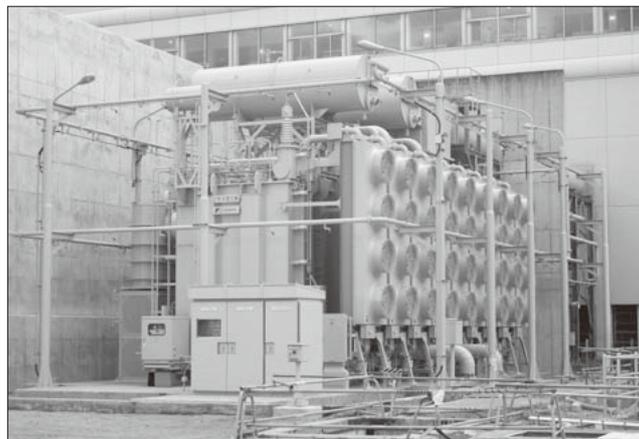
10 東北電力株式会社 原町火力発電所 2号主要変圧器の据付け完了

東日本大震災で被災した東北電力株式会社 原町火力発電所に2号主要変圧器を納入し、据付けを完了した。定格容量1,050 MVAであり、富士電機製の変圧器としては最大クラスの容量、寸法および質量である。

現在、東北電力株式会社は厳しい電力需給状況にあり、本発電所の早期運転再開が望まれている。富士電機は社内特別体制の下、従来18か月以上必要であった製作期間を大幅に短縮し、12か月弱で出荷した。現地の工程も可能な限り短縮し、顧客要望の2012年10月末に据付けを完了した。

試運転を経て、2013年3月末に営業運転の開始が予定されている。

図 25 1,050 MVA主要変圧器



11 Eskom 社 Kappa 変電所向け 765 kV 400 Mvar 分路リアクトルの据付け完了

富士電機は、1986年以降、南アフリカの国営電力会社 Eskom 社に多数の765 kV 400 Mvar 分路リアクトルを納入してきた。2012年11月には同社 Kappa 変電所向けに1バンク（単相3台）の分路リアクトルの据付けを完了し、累計納入実績が45台になった。

Kappa 変電所は、電力需給が逼迫（ひっぱく）するケープタウンなど南部地域の電力系統増強を目的とした変電所である。直近の約20 kmは未舗装路であり、重量物の輸送には細心の注意を要した。電気・水道のインフラも無く携帯電話の電波も届かない悪条件に加え、真冬の悪天候による作業の一時中断も乗り越えて据付けを完了した。

今後も、複数の変電所で同分路リアクトルの据付けの計画があり、電力の安定供給に貢献していく。

図 26 765 kV 400 Mvar分路リアクトル



12 北陸新幹線（長野・金沢間）新設変電所向け電力補償装置

北陸新幹線延伸区間（長野・金沢間）の新設変電所に電力補償装置（Railway Static Power Conditioner）を納入した。

本変電所は、スコット結線変圧器を用いて三相交流を単相（M座・T座）に変換し、単相負荷の列車にき電する。列車走行に伴う負荷変動とM座・T座の負荷アンバランスにより、受電側の電圧変動が大きくなる。この対策として、電力補償装置をM座とT座の各単相間に接続し、有効電力を両座間で相互に融通することにより、三相不平衡補償と電圧変動補償を行う。また、無効電力補償も同時に行っている。

本装置は大容量IGBTと新冷却方式の採用により、従来装置比68%減の設置面積を実現した。

図 27 独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構電力補償装置



パワーエレクトロニクス技術

13 北総鉄道株式会社 白井変電所向け 66 kV 受電直流変電設備

北総鉄道株式会社 白井変電所の移転新設工事に伴い、66 kV 2 回線受電の直流変電設備を納入した。

設備構成は次のとおりである。

- (1) 66 kV SF₆ ガス絶縁開閉装置 (C-GIS)
- (2) 整流設備 (変圧器 + 整流器) 3,000 kW × 2 バンク
- (3) き電 (直流遮断器) 4 フィーダ + 予備 1 フィーダ
- (4) 高配用変圧器 2,000 kVA × 1 バンク
- (5) 高配 (交流遮断器) 4 フィーダ
- (6) 主制御用制御盤

整流器用変圧器は、エコマークを取得している絶縁油を使用したパーム・ヤシ脂肪酸エステル変圧器である。この絶縁油は、生分解性が高く、地球温暖化の抑制につながり、冷却性・絶縁性が高く、環境性能に優れている。

図 28 66 kV 受電直流変電設備



14 某国立大学向け 1 MWh 級大型鉛蓄電池用交直変換装置および監視制御システム

大型蓄電池の導入は、電力需給バランス安定化対策の一つとして期待されている。また、需要家にとってはピークシフトによる電力コストの削減が可能であるため、昨今の電力事情を背景に設置が増加している。

富士電機は、某国立大学向け 1 MWh 級大型鉛蓄電池用交直変換装置とその監視制御システムを納入した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 時間帯別スケジュール設定によるピークシフト制御
4 種類の運用パターンを監視制御システムに登録し、自動制御を行うことで運用者の負担を軽減している。
- (2) 交流直流変換 (放電 125 kW, 充電 200 kW)
- (3) 鉛蓄電池の充電特性を考慮した制御

図 29 交直変換装置と監視制御盤



15 東海旅客鉄道株式会社向け N700A 新幹線電車用電機品

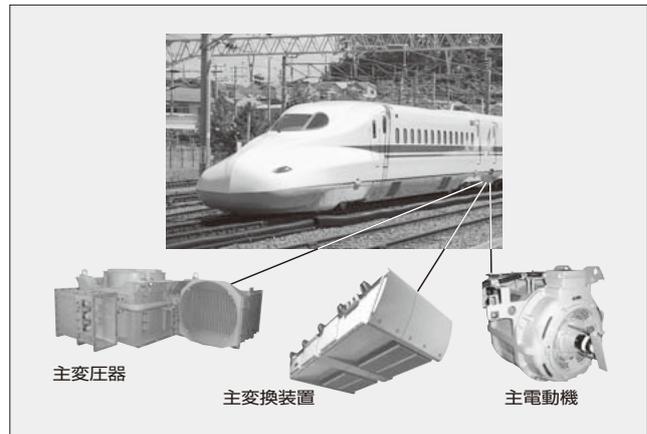
東海旅客鉄道株式会社は N700A 新幹線電車を新製し、2013 年 2 月から営業投入の予定である。

富士電機は、N700A 新幹線電車用の電気品としてパワーエレクトロニクス技術とシステムコントロール技術をベースに、駆動システム (主変圧器・主変換装置・主電動機) を製作し、2012 年 4 月から納入を開始した。

駆動システムの特徴は次のとおりである。

- (1) 全ての主変換装置に装置冷却用のプロアを使わない走行風冷却方式を採用することにより、低騒音化と高効率化を実現し、さらに小型・軽量化することで、環境・省エネルギーに貢献している。
- (2) パワーユニットなどの主要部品は、N700 系と共通化を図ることにより、低価格化を推進している。

図 30 N700A 新幹線電車用電機品



パワーエレクトロニクス技術

16 シンガポール地下鉄向け C151A 増備車用電機品

シンガポール地下鉄向け C151A 増備車（13 編成，78 両）用電機品として，駆動システムおよび補助電源システムを受注した。2013 年 1 月から 8 月にかけて順次納入する予定である。増備車は，シンガポール東西線および南北線で運用される。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 同地下鉄向け C151A 既存車両用に納入したシステムと同一仕様であり，実績を生かして高い信頼性を確保した。
- (2) 出荷時の試験内容および条件には，顧客要望を取り入れて高信頼性を確保するとともに，顧客の作業性の向上を図った。

図 31 C151A 車両（既存車両）



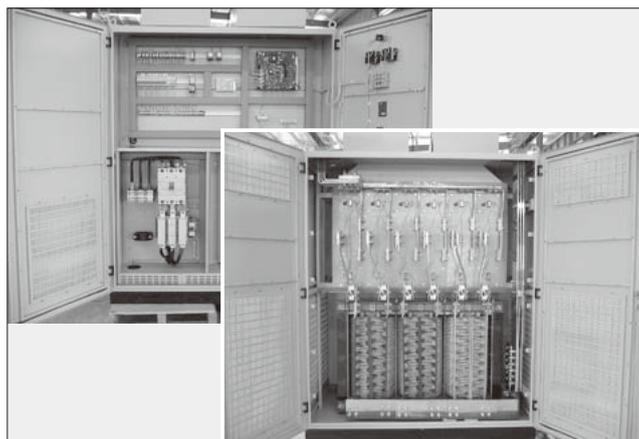
17 電気めっき設備用整流器の完成（中国メーカー OEM）

中国・某社向け電気めっき設備（2 ライン合計 68 台）用整流器を，中国メーカーの OEM で完成させた。これにより $\pm 2,000 \sim \pm 8,000$ A のシリーズ化を完了した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 制御装置「LEONIC-M700P」を搭載し，産業プラント用インバータとのネットワークおよびメンテナンスツールを共用化できるようにした。制御プログラムブルロジックコントローラとのインターフェースは，PROFIBUS-DP を採用した。
- (2) 主回路に六相半波サイリスタ整流方式を採用して，出力 $\pm 8,000$ A までを空冷方式で実現し，メンテナンス性の向上を図った。

図 32 電気めっき設備用整流器



18 自励式周波数変換装置

水冷式 3 レベル単相インバータを適用した自励式周波数変換装置（20 MVA）を開発した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 自励式インバータにより，有効・無効電力の制御が可能である。
- (2) 高性能デジタル制御装置により，周波数一定制御，電力一定制御，自立運転の高速制御・切替が可能である。
- (3) 4.5 kV 1.2 kA の IGBT モジュールを適用したコンパクトな水冷式インバータユニットを開発し，容量 3.3 MVA の単相ブリッジを 1 ユニットで構成した。
- (4) 縦・薄型のインバータユニットを横に並べる盤内収納設計により，インバータ盤の高さを抑えた。

図 33 自励式周波数変換装置



パワーエレクトロニクス技術

19 株式会社城南製鋼所向け自励式フリッカ補償装置

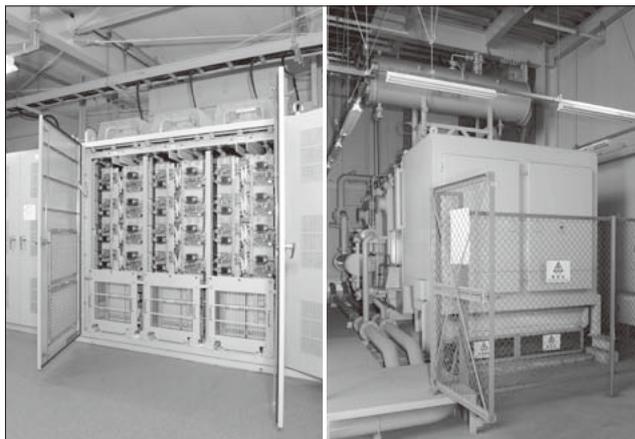
2012年5月に、株式会社城南製鋼所向けに自励式フリッカ補償装置の初号機を納入した。多重変圧器とインバータからなる20MVA自励式フリッカ補償装置である。

フリッカとは人が照明の明るさの継続変化（電圧の変動）によって感じる不快感であり、フリッカ補償装置とはその根源である系統の電圧変動を改善する装置である。

本装置の主な特徴は次のとおりである。

- (1) 3レベル水冷式インバータの採用
- (2) 装置の大幅な小型化（設備設置面積：約40%減）
- (3) インバータ用変圧器の小型・低騒音化
- (4) 新型制御装置の採用によるフリッカ補償性能の向上と高信頼性化
- (5) 既設の他励式フリッカ補償装置との併用運転

図34 自励式フリッカ補償装置（インバータと多重変圧器）



20 IHインバータユニット（50kW）

従来の厨房（ちゅうぼう）用・工業用のIHインバータユニットのラインアップ（2.5～20kW）に50kW品を追加した。本製品は工業用に特化した仕様にするとともに、冷却方式を空冷にすることで、適用用途の拡大を図っている。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 定格は、電力50kW、出力周波数21～50kHz、3相200V系入力とし、従来の20kW品では適用できなかった用途に対応した。
- (2) 冷却方式を空冷とすることで、水が使用できない用途にも適用できる。
- (3) 複数台の並列化システムにより、さらに大容量の用途への展開が容易である。

図35 IHインバータユニット（50kW）



21 山梨工場向けリチウムイオンキャパシタ適用高圧瞬停対策装置

半導体などの生産ラインは、瞬時電圧低下（瞬低）により多大な被害が発生する。従来の低圧UPSでは個別の負荷のバックアップしかできない。工場全体をバックアップするためには、瞬低対策装置が必要である。

高圧2,000kVA瞬低対策装置を富士電機山梨工場に導入し、生産ラインを一括してバックアップできるようにした。

リチウムイオンキャパシタ（LiC）を採用し、従来の鉛蓄電池に対して大きさを半分以下にして、装置の小型化を実現した。また、LiCは15年間交換が不要であり、細かい温度管理が不要なことから空調電力の削減にもつながり、ランニングコストおよび環境負荷の低減に寄与する。

図36 リチウムイオンキャパシタ適用高圧瞬停対策装置



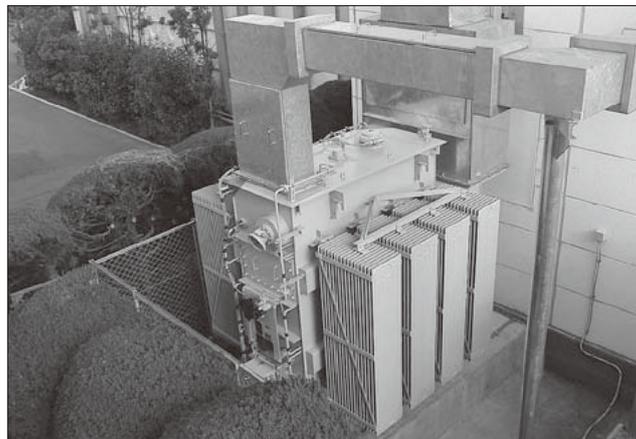
パワーエレクトロニクス技術

22 エコレトランス（パーム・ヤシ脂肪酸エステル変圧器）

パーム・ヤシ脂肪酸エステル（PFAE）は、地球環境保全ならびに冷却や絶縁特性など従来の鉱油や植物油より優れた特性を持っている。これを絶縁油に適用したエコレトランス（11～77kV）は、環境性能と高性能化を両立させた変圧器である。販売開始から鉄道分野の顧客を中心に順調に数量を伸ばしている。近く、民需向け製品もラインアップ（6.6kV）し、販売予定である。PFAEの特徴を示す。

- (1) 植物系絶縁油において、初めて飽和脂肪酸分子構造を採用することで、熱的ストレスに安定な特性を持つ。
- (2) 変圧器絶縁油として従来の約1/6の低粘度化に成功し、冷却に優れ、コンパクトな変圧器設計が可能である。
- (3) 廃棄処理時は、そのままディーゼル燃料として利用（リユース）が可能である。

図 37 エコレトランス（22kV-6,000kVA）



23 急速充電器用コイン課金装置

電気自動車（EV）の普及に伴い、既に1,500台を超える急速充電器が設置され、その多くは無料で開放されている。複数のIT企業がICカード認証によって充電器の利用を制限し、有料化する充電インフラを構築しつつある。しかし、インフラの互換性がないため、EVユーザは複数のICカードを持つことを余儀なくされ、利便性が大きく損なわれているのが現状である。

富士電機は、自動販売機の技術を応用し、充電器用のコイン課金装置を開発した。現金で充電サービスを受けられる仕組みをいち早く世の中にリリースし、EVユーザの利便性を高めた。今後も、グループのシナジー効果を発揮した商品開発を通して、EVの普及やさらなる低炭素化社会の実現に貢献していく。

図 38 コイン課金装置と急速充電器



24 大型プレス設備向け電力回生サーボクッション用電気品

自動車鋼板用大型プレス設備向けに電力回生サーボクッション用電気品を製作し、納入した。この設備では、複数のクッション軸を高速・高精度に同期制御する必要があり、これを実現した。主な特徴は次のとおりである。

- (1) 大容量低慣性サーボモータ（開発品）
 - 定格：110kW・1,600r/min
 - 過負荷耐量：300%–10s以上
 - 慣性モーメント：0.19kgm²
- (2) サーボモータ8台の高速・高精度同期制御
 - ドライブ装置：「MICREX-SX SPH3000MM」、高性能ベクトル制御形インバータ「FRENIC-VG」
 - I/Oリフレッシュ性能：最速250μs
 - 同期精度：±1μs以下

図 39 大容量低慣性サーボモータ



パワーエレクトロニクス技術

25 中慣性サーボモータ「GYBシリーズ」

高性能や使いやすさなどのサーボシステム市場のニーズに応えるため、中慣性サーボモータ「GYBシリーズ」を開発し、200～750Wの3機種を製品化した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 従来の「GYSシリーズ」に対して、モータ慣性モーメントを2倍に拡大した。これにより負荷慣性モーメント比（負荷慣性モーメント/モータ慣性モーメント）を低減し、制御安定性の向上と整定時間の短縮を実現した。
- (2) 永久磁石性能の向上とシミュレーションの活用により、磁気回路改善やスキュー構造最適化を図り、コギングトルク低減（従来比50%）やトルク領域拡大を達成した。
- (3) シミュレーションの活用による構造配置の最適化により、冷却特性と耐振動特性を向上した。

図40 「GYBシリーズ」



26 旭化成ケミカルズ株式会社 水島製造所向けコンプレッサ用大容量同期電動機の更新

旭化成ケミカルズ株式会社 水島製造所向けに、コンプレッサ設備用大型同期電動機を納入し、更新した。

電動機の仕様は、全閉内冷他力通風安全増防爆形ブラシレス三相同期電動機で、出力7,700kW、電圧6,600V、周波数60Hz、極数34P、回転速度212r/minである。

更新に当たり、既設機では二分割構造であった固定子を一体構造とし、現地更新期間の短縮化と品質向上を図った。また、転がり軸受をすべり軸受に替え、回転子の長手方向の自由性を持たせた。更新機は、既設機に比べて効率が良い、省エネ効果を出している。

図41 工場試験中の7,700kW・34P同期電動機



27 JX 日鉱日石エネルギー株式会社 知多製造所向け1号発電機固定子の更新

納入設備の予防保全・長寿命化の観点から、火力用発電機を長期にわたって運転している自家発電顧客に対し、顧客の保全・メンテナンス計画に沿うよう、主要構成機器の部分更新を推奨・提案している。

2012年6月、JX 日鉱日石エネルギー株式会社 知多製造所向け1号発電機の新固定子を製作し、顧客の定期点検工事期間内に現地取替工事を完了した。

本機は1973年に運転開始した経年機で、2000年の回転子更新に続く設備リニューアルである。今回の固定子更新に当たっては、固定子巻線を真空全含浸絶縁として高品質化を図るとともに、固定子巻線の絶縁劣化状態を運転中に診断できるオンライン型部分放電検出素子を設置している。

図42 旧発電機固定子の搬出状況と新発電機固定子の設置状況



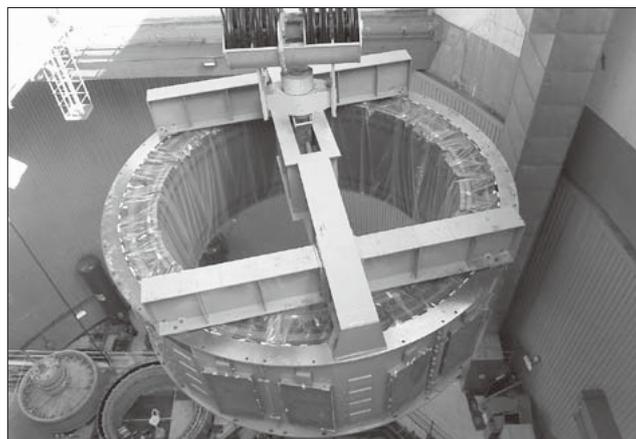
パワーエレクトロニクス技術

28 フィリピン・カラヤン揚水発電所向け発電電動機固定子の更新

フィリピン・シービーケーパワー社のカラヤン揚水発電所の既設1, 2号機(183MVA/159MW)発電電動機固定子更新工事を2010年10月に受注した。設計, 製作, 現地組立据付け, 試験を行い2012年8月に全ての作業が完了した。

本工事は, 他社製発電電動機の固定子単独更新工事であったが, 既設機器との取合い箇所について事前に十分な現地調査および検討を実施し, 問題なく完了することができた。また, 最新のコロナ防止システムを採用した真空加圧含浸絶縁方式により, 高いレベルの品質基準(破壊試験試験保証値57kV), 発電電動機性能を達成することができた。

図43 183MVA/159MW 発電電動機固定子(つり込み中)



29 常陽の非常用発電設備の更新

富士電機は, 独立行政法人 日本原子力研究開発機構向け高速実験炉“常陽”非常用発電設備2号機(2,500kVA)の巻線交換と制御装置の更新を進めている。本設備は, 納入後約40年が経過したものであり, 絶縁劣化対策として2009年に実施した1号機の巻線交換に続くものである。

2011年の東日本大震災に伴う大洗変電所の被災時には, 本設備の非常用発電機が自動起動するとともに, 変電所仮復旧までの8日間にわたり機能を維持し, 常陽の安定運転に大きく貢献した。

今回, 震災時の運転実績が高く評価されるとともに, 今後の機能維持の重要性が再認識され, 2号機の巻線交換に加え, 制御装置の更新も早期に実施することになった。現在, 早期立上げを目指して取り組んでいる。

図44 常陽の非常用発電機



安全・安心技術

1 小型サーマルリレー

制御盤や機械装置における電気給電・開閉回路の保護機器であるサーマルリレーは, 安全・保護機能の高度化が要求されるだけでなく, これらの装置の省エネルギー化・省スペース化に対応するために, 低消費電力化・小型化が強く求められている。

富士電機はこれらの要求に応えるため, 26A以下の定格において小型化・経済性・安全性を追求した, グローバル対応の小型サーマルリレーを開発した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 欠相保護機能の標準装備による電動機保護機能の強化
- (2) 端子配列の見直しによる操作性と配線性の向上
- (3) 「新SCシリーズ」サーマルリレーとの互換性があり, 既設電磁接触器への換装が可能

▶関連論文：富士時報 2012, vol.85, no.2, p.119

図45 小型サーマルリレー



安全・安心技術

② 配線用遮断器「BWOシリーズ」400 AF

中国や東南アジアなどの新興国市場に向けた配線用遮断器「BWOシリーズ」400 AF を開発し、従来の 100 ～ 250 AF と合わせてシリーズのラインアップを拡充した。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 「G-TWINシリーズ」400 AF と外形、取付け寸法を同一にし、外観色（ホワイトグレー）も統一
- (2) 定格電流：250 ～ 400 A
- (3) 定格遮断容量（代表値）：AC440 V/36 kA
AC230 V/85 kA
- (4) 適合規格：IEC, JIS, GB
- (5) 付属品：補助・警報スイッチ、電圧引外装置、端子カバー、外部操作ハンドルなど、G-TWIN シリーズ 400 AF と共用が可能

図 46 「BWOシリーズ」400AF



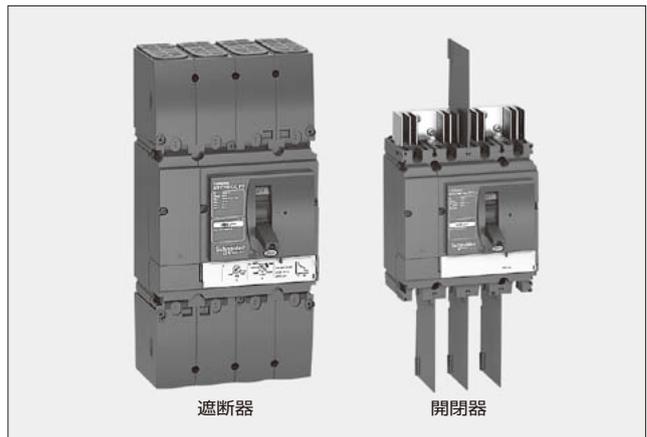
③ 無極性直流ブレーカ「Compact NSX DC シリーズ」

再生可能エネルギーの利用が注目されていることから、太陽光発電システムの高電圧化に対応し、DC1,000 V で使用可能な無極性の遮断器、開閉器を発売した。本製品の使用により送電ロスの削減、集電箱の集約が可能となる。

主な特徴は次のとおりである。

- (1) 定格絶縁電圧：DC1,000 V
- (2) 定格電流：遮断器 80 ～ 200 A, 開閉器 100 ～ 500 A
- (3) 外形：標準 Compact NSX シリーズと同一
- (4) 付属品：標準 Compact NSX シリーズと共通
本製品に合わせて、DC750 V 定格の遮断器（16 ～ 550 A）も発売した。

図 47 「Compact NSX DCシリーズ」DC1,000 V定格品



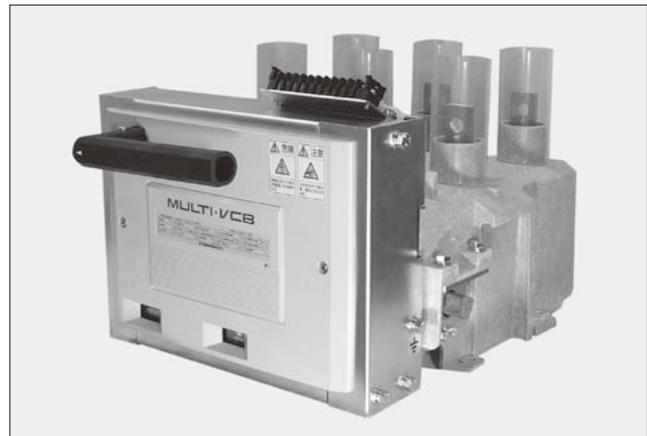
④ 固定形マルチ VCB

高圧需要家では、主遮断装置として高圧真空遮断器が広く使用されており、JIS で規定するキュービクル式高圧受電設備のほとんどがパネル固定形のを搭載している。

富士電機は、設備のメンテナンスや導入・更新を含めたライフサイクルコストを抑え、多様化する使用環境に対する高い安全性を確保した高圧真空遮断器として、パネル固定形のマルチ VCB を開発した。主な特徴を次に示す。

- (1) 注油箇所の低減や点検周期の延長による点検作業の省力化
- (2) 主回路構造と材料の見直しによる絶縁性能の向上
- (3) パネルカットの簡略化による取付け作業性の向上
- (4) 現行品と同一の取付寸法により、更新が容易
- (5) RoHS 指令・リサイクル表示による環境への配慮

図 48 固定形マルチ VCB



安全・安心技術

⑤ 1回路形電力監視ユニット「F-MPC04E」SDカード形

1回路形電力監視ユニット「F-MPC04E」に、SDカードが使用できる新製品を開発した。従来のRS-485通信形に対して、ネットワークを必要としないオフライン連携での使用を目的とする。主な特徴を次に示す。

- (1) 各種電力監視データをSDカードに記録可能
- (2) メモリ容量 32GB 以下のSDHCカードが使用可能
- (3) 内蔵時計による1時間周期と設定周期(1~30分)の2種類の記録が可能
- (4) 電流、電圧の最大値・最小値・平均値の記録が可能
- (5) 電気二重層キャパシタによる時計機能の停電バックアップにより、電池交換が不要(停電保持7日間)
- (6) 記録データをCSV形式で保存し、データの解析に使用するグラフ化サポートツールを提供

図 49 「F-MPC04E」SDカード形



⑥ Ior方式「F-MPC Ior」絶縁監視ユニット

配電設備の絶縁状態を常時監視するニーズに応じて、Igr絶縁監視装置(2011年度開発品)の技術をベースに「F-MPC Ior」絶縁監視ユニットを開発した。システムに標準となる電圧信号を重畳させるIgr方式に比べて、Ior方式の絶縁監視は、適用可能な相線式に制限があるが、電路の対地電圧を基準とするためZCTと組み合わせるシンプルなシステム構成で低コストの導入が可能である。

- (1) 動力、電灯など独立した2系統の監視が可能
- (2) 対地静電容量のアンバランスを補正演算
- (3) 組み合わせるZCTは「G-TWIN」プレーカ内蔵形、および汎用形「EWシリーズ」に対応
- (4) RS-485通信を標準搭載し、「F-MPCシリーズ」との共通のプロトコルで電力監視と設備監視を一括で実現

図 50 「F-MPC Ior」



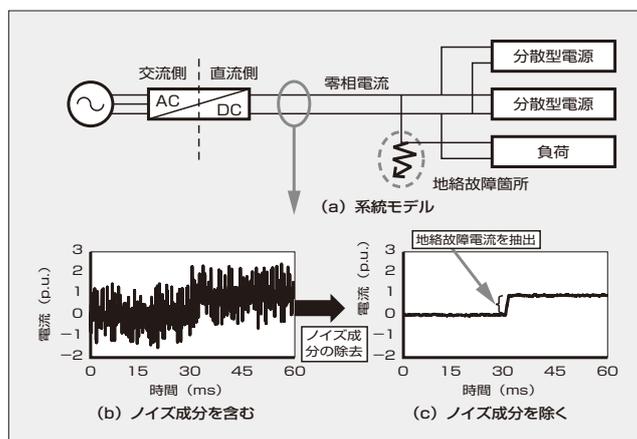
⑦ 直流配電システムにおける故障解析技術

分散型電源において、太陽光発電や蓄電池を含む直流配電システムが普及しつつある。今後の普及拡大に伴い、直流配電システムにおける地絡故障電流の検出など、系統保護技術の開発が必要である。地絡故障電流は、接地方式や地絡時の抵抗、パワーコンディショナから発生するノイズなどの影響を受けるため、電流値を正確に検出することは困難である。

富士電機では、これらの影響を考慮した直流配電システムの故障解析技術を開発し、解析を実施した。この解析結果からノイズ成分を除去することにより、地絡故障電流を正確に抽出することが可能になる。

今後、本技術を直流配電システム保護に適用する予定である。

図 51 故障解析結果



その他

① リビア電力庁ベンガジ発電所およびミスラタ発電所の現地工事再開

韓国のエンジニアリング会社経由リビア電力庁ベンガジおよびミスラタのコンバインドサイクル発電所向け2×245MW 蒸気タービン・発電機設備の据付け・試運転試験は、リビア国政変のため2011年3月に中断された。2012年6月にベンガジ、ミスラタへの指導員派遣前現地訪問調査にて、空港、交通手段、発電所および宿泊について、安全上問題がないことを確認した。発電設備はほとんど被害を受けておらず、保管要領に基づいて保管されており、作業者を確保できれば再開できる状況にあった。そこで、ベンガジに2012年10月に指導員を派遣し、試運転試験を再開した。また、ミスラタは2013年上半期に再開する予定である。

図 52 リビア電力庁ベンガジ発電所



② 韓国水力原子力会社 ゲサン発電所の完成

韓国水力原子力会社 (KHNP) ゲサン発電所 (2台×1.4MW 立軸プロペラ水車) が運転を開始した。本発電所は、1957年に運転を開始した既設水車のケーシング、ステーベンおよび吸出し管などの埋設品を流用し、流れ解析によりランナおよびガイドベン形状の最適化を行うことにより、水車性能の向上を図ったものである。さらに、発電機一式を更新することにより、発電所出力が既設機に対して約4%増加する。現地効率試験において流れ解析による水車性能を満足することを確認している。

また、今回の更新に合わせて、ハイブリッドサーボモータ、回転水槽式水潤滑軸受、メカニカルシール、樹脂軸受などの新技術を採用して保守の簡素化を図っている。発電機一式は、韓国内から調達している。

図 53 1.4MW立軸プロペラ水車用ランナ (据付け中)



③ 東北電力株式会社 豊実発電所向け立軸バルブ水車の主機の据付け

東北電力株式会社 豊実発電所向けに立軸バルブ水車 (2台×31.4MW) の本体据付け工事を開始した。立軸バルブ水車の据付け工事は、富士電機が前例に続き国内外で2例目となる。1929年に建設されたダム式発電所の取水口や水槽など、既存の設備を極力流用し、その他の設備および機器を新たに納入、設置する大規模改修工事である。得意とする立軸バルブ水車を採用することにより、既設発電所の限られたスペースに主機の設置が可能になる。また、既設設備、構造物を流用することにより、工事費の低減を図っている。改修により、既設発電所に対して約10%の認可出力増が可能である。2013年9月の運転開始に向けて据付け工事を進める。さらに、経年化対策として立軸バルブ水車の普及に向けて技術提案を推進していく。

図 54 31.4MW立軸バルブ水車用ランナ (製作中)



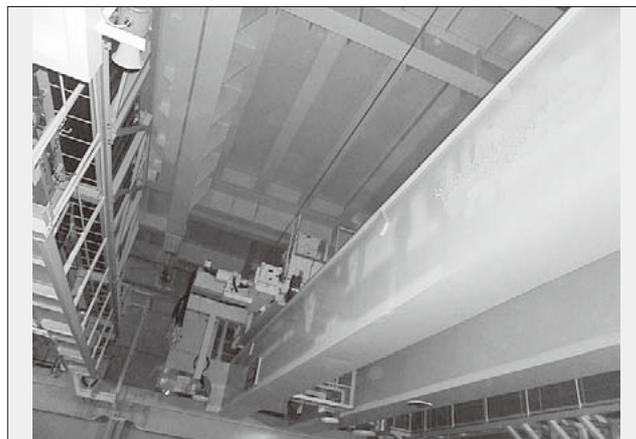
その他

④ ガラス固化技術開発施設向け天井クレーン

日本原燃株式会社は、使用済核燃料を再処理する過程で発生する放射性廃液を溶融炉でガラスに溶かして廃棄物にする技術開発を目的とした、ガラス固化技術開発施設の建設を進めている。

富士電機は、株式会社 IHI 経由で天井クレーン 2 基の設計製作から現地据付け、現地試験までを受注し、現在、現地据付け工事を行っている。クレーン本体は宇部興産機械株式会社で製作した。天井クレーンはロボットアームを搭載しており、動力や計測制御などのケーブルが膨大で配置上の制約が厳しい。このため、富士電機が設計製作した給電装置と制御装置をクレーン本体と組み合わせて課題を解決した。今後、作動試験を実施する。

図 55 天井クレーンの現地据付け工事風景

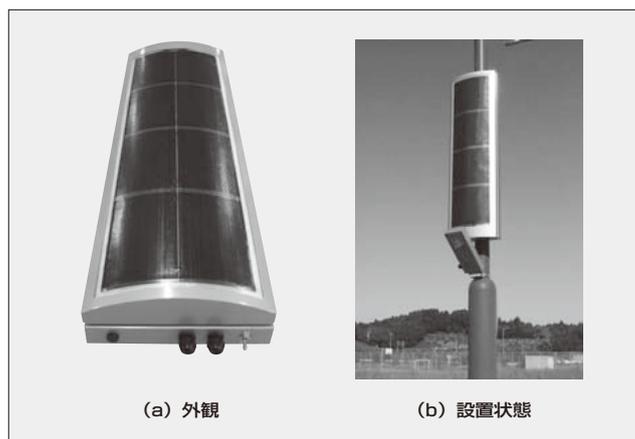


⑤ フィルム基板太陽電池セルの低電圧応用製品

フィルム基板太陽電池をセルの形態での販売に注力するとともに、新たな応用分野である低電圧製品を顧客と一体となって開発している。代表的な製品として、非常用携帯電源や携帯機器用の小型充電器、ソーラーバッグ、各種独立電源などが挙げられる。柱設置型の独立電源はその一つであり、発電した電力をリチウムイオンキャパシタに急速充電を行う機能を持っている。

フィルム基板太陽電池を適用することで、軽量かつ意匠性に優れた曲面形状が実現できる。設置が簡便であり、公園の街路灯やメンテナンスが困難な遠隔地の計測機器への応用が考えられる。

図 56 柱設置型独立電源



⑥ 日本地下石油備蓄株式会社 久慈国家石油備蓄基地の震災復旧工事

日本地下石油備蓄株式会社 久慈国家石油備蓄基地は、東日本大震災の津波により全ての地上設備が被災した。原油が地下の岩盤中にあり、復旧は緊急を要したため、基地の安定運転に向け、次のステップで対応した。

- (1) 仮設電源による地下設備および管理棟への電源供給
- (2) 受配電設備の復旧および用役設備への電源供給
- (3) 非常用発電設備および排水処理用低圧配電盤の復旧

受電設備はポリマー碍子（がいし）を使用した縮小形 C-GIS とし、耐震性の向上、環境負荷の低減（SF₆ ガス量 1/3）、省スペース化、現地工期の短縮を図った。保護リレーにはデジタル形を採用し、信頼性の向上、保守の省力化を図った。現在は、非常用発電設備の試運転調整中であり、今後も基地の完全復旧に向けて貢献していく。

図 57 被災直後と復旧後の 66 kV 受配電設備





*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。