

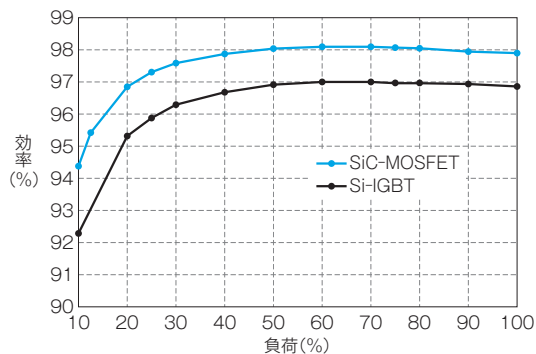
I. 研究開発

1 パワーエレクトロニクス

1-1 電力変換製品へのSiC（炭化ケイ素）パワーデバイス適用

電力変換製品では、任意の電圧・電流を得るために半導体スイッチが用いられる。半導体スイッチとして従来はSi（シリコン）-IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）が広く用いられてきたが、近年開発が進んでいるSiCパワーデバイスを用いることで、電力変換製品の高効率化や小形化が期待できる。

当社の代表的な電力変換製品である太陽光PCS（Power Conditioning Subsystem）にSiC-MOSFETを用いると変換効率が97%から98%に改善され、大きく高効率化に貢献できることを確認している。その他の製品に対しても高効率化や小形化のための検討を進めている。今後は、SiC-MOSFETを製品に用いるための要素技術開発（高速・大容量駆動、信頼性評価技術など）を継続し、将来の製品開発に寄与していく。

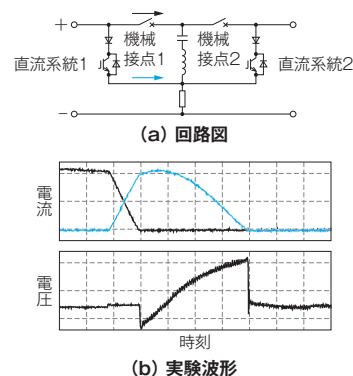


第1図 SiCパワーデバイスによる高効率化

1-2 直流用ハイブリッド遮断器

直流システムシステムは交流と比較し、変換回数が少なく効率に優れる。しかし直流電流は零点がなく、機械接点による遮断ではアーク消弧が困難で接点が摩耗する。一方、半導体スイッチを用いる場合には、定常的に損失が発生するという課題がある。

基礎検討中の直流用ハイブリッド遮断器は、定常損失を発生させず双方向の電流遮断に対応する。まず正常時にコンデンサを充電、遮断時にはコンデンサ電荷を用いて機械接点通過電流をIGBT・リアクトル・コンデンサからなる補助回路に迂回させ、機械接点通過電流に零点を作り接点を開極する。その後はコンデンサで遮断電流をブロックし、残りの機械接点を開極して遮断が完了する。ミニモデル実験で直流電流の遮断を確認し、ハイブリッド遮断器の動作原理を実証した。



第2図 基礎検討中の直流ハイブリッド遮断器

1-3 ダイナモメータ用インバータの低周波運転時の能力向上

モータドライブ用インバータは、10Hz以下の極低周波数での運転時に、パワーデバイス内部の接合部温度リプルが大きくなる現象によって、熱疲労による寿命が極端に低下するという課題がある。今回、この課題を克服し、電動車の試験性能が向上した。

具体的には、低損失で発熱の少ないパワーデバイスを選定するとともに、複数のパワーデバイスを並列接続することで発熱を分散した。その結果、低周波動作でも温度リプルをパワーデバイスの許容温度以下に抑制することができ、出力電流値が向上し、モータ軸静止状態での負荷運転では従来比20%アップを実現した。

この成果は、フレックダイナモメータ フレックダイナモメータ FREC DYNAMOMETER 制御装置 サイフレック THYFREC VT350DY に適用されている。



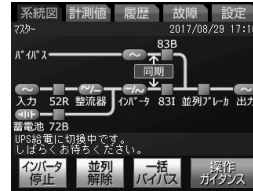
第3図 THYFREC VT350DY ダイナモ制御盤

1-4 THYRICシリーズの機能拡張

当社は、1959年から無停電電源装置のTHYRICシリーズを生産している。近年、装置の高効率・小形軽量化などのハード面の改善とともに、ネットワーク監視機能などのソフト面の機能が求められている。

今回、THYRICシリーズの操作画面のフルカラー化に伴い画面のデザインを標準化し、更なるヒューマンインタフェースの改善を実施し、装置の累計運転時間や負荷状況のトレンド履歴などの装置の運転状態のほか、蓄電池の交換周期の目安となる蓄電池運転状態の遷移回数及び累積時間の表示機能を実現した。

これらの装置情報を「見える化」し、蓄電池を含む無停電電源システム全体の実態を把握することで、迅速かつ効率よくメンテナンスを実施することが期待できる。



(a) 系統図画面



(b) 系統図画面

第4図 インタフェース画面

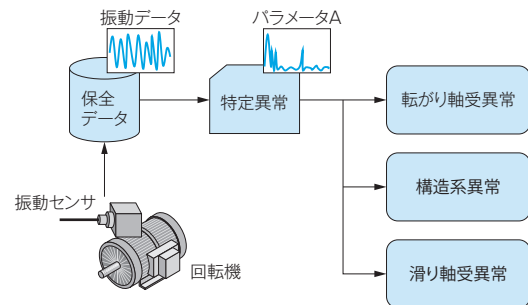
2 ICT

2-1 回転機の異常箇所特定技術

現場設備の品質や運用効率を維持するためには、日頃から状態監視を行い、異常を早期に発見する必要がある。当社では、現場設備の一つである回転機を対象として、保全データを用いた異常を特定する予兆検知技術を開発した。

この予兆検知技術では、現場でセンシングしている回転機の保全データから、複数のパラメータを計算する。正常運転時と異なるパラメータを自動識別し、そのパラメータの組み合わせによって回転機の異常を特定する。特定可能な異常は、転がり軸受異常・構造系異常（ミスアライメントなど）・滑り軸受異常である。

今後は実フィールドで検証を行うとともに、特定可能な異常の拡大を目指す。



第5図 異常箇所特定プロセス

2-2 次期複合形保護継電器 アイビーマット IPMAT ⅢSの開発

複合形保護継電器 IPMAT Ⅱ/Ⅱ-Aの後継機種として、機能改善とコスト削減を目的にIPMAT ⅢSを開発した。主な特長は、以下のとおりである。

- (1) 漢字対応LCDを採用してスイッチ形状を極力大きくするとともに操作感のある構造へ変更した。さらにLEDなどを視認しやすいデザインとして、視認性・操作性を向上した。
- (2) USBメモリに対応し、事故時データの出力や設定ファイルを入出力できる。
- (3) 伝送機能（オプション）としてIOリンクⅡ/Ⅲに対応する。
- (4) 従来機種IPMAT Ⅱ/Ⅱ-Aの互換性を維持し、取り付け、外部配線互換とした。
- (5) JEC2501に対応したイミュニティ性能を確保した。

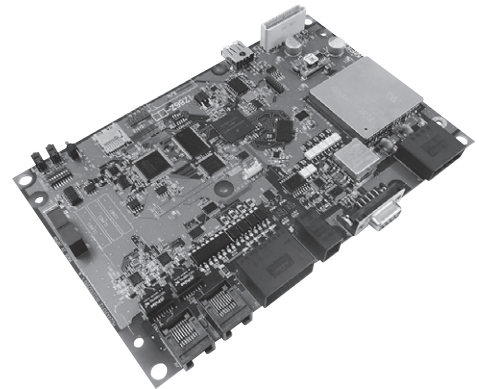


第6図 IPMAT ⅢS

2-3 パワトロ製品用情報通信装置 IZ86Z

パワトロニクス製品の遠隔監視制御を行うことを目的とする情報通信装置 IZ66Aの後継機IZ86Zを開発した。IZ86Zとパワトロニクス製品をModbus通信プロトコルで接続し、Webブラウザから状態表示や運転・故障・操作履歴の記録、データロギング、帳票データなどの情報を取得できる。本装置の主な特長は、以下のとおりである。

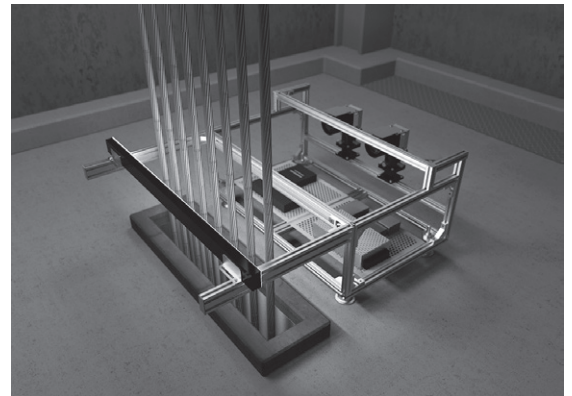
- (1) 従来機IZ66Aと機能及びインタフェースに互換性を保持
- (2) CPUとしてNXP社製Vybridを搭載し、従来機に比べて処理性能を向上かつ約40%の低消費電力化を実現
- (3) 従来機に比べ2倍の容量のメモリを搭載し、今後の機能追加に対応可能



第7図 パワトロ製品用情報通信装置 IZ86Z

2-4 ビジュアルロープテストの開発

ロープ式エレベータの点検作業では、技術員によるロープ径の測定、目視点検及び素線破断数の確認を必要としていた。そのため、ビルの高層化に伴いロープ点検作業は長時間化し、短時間化と効率化が求められている。そこで当社は運転中のロープ画像からワイヤーロープ径・減径率・変形などを解析するビジュアルロープテストを開発した。本システムではカメラによる非接触方式でロープを測定するため、作業安全性が高く、同時に人為誤差なく測定できる。またシステムを用いることで、ロープ劣化状況を迅速に把握でき、部品交換計画が立てやすくなる。本技術は、中東や中国、ASEAN（東南アジア諸国連合）を中心に世界的に増えている高層ビルのロープ点検時間の短縮に寄与する。



第8図 ビジュアルロープテスト

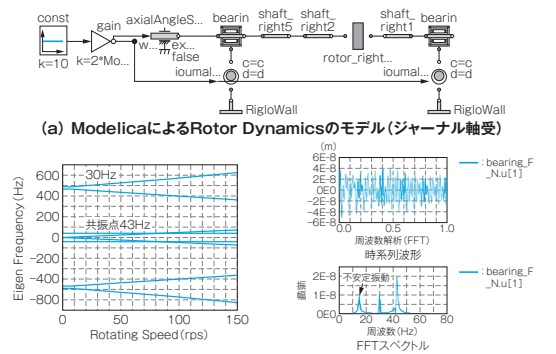
2-5 設備診断のためのModelicaによるRotor Dynamicsライブラリの作成

回転機械の診断では、収集している振動データを1DCAE（注1）で解析するために、Rotor DynamicsのライブラリをModelica言語で開発した。開発したライブラリでは時系列データのシミュレーションだけでなく、周波数領域の解析もできる。シミュレーションできる現象は、主に以下のとおりである。

- (1) 回転体の静不釣り合いと動不釣り合いによる振動
- (2) 転がり軸受の損傷時に発生する振動
- (3) 油膜軸受（ジャーナル軸受）の不安定振動

今後、開発したライブラリを用いて機器の設備診断の精度を向上させていく。

注1. 物事の本質を的確に捉え、見通しの良い形式で表現すること



第9図 Rotor Dynamicsのシミュレーション（ジャーナル軸受）

2-6 画像処理によるレール及び分岐器検出装置

鉄道線路で一つの軌道を二つに分ける軌道構造を分岐器という。車両の走行方向に対して分岐器の開閉方向が適切でない場合、脱輪する可能性がある。通常の営業車両では自動化されているが、夜間の保守作業では現状運転手の目視によって分岐器を確認しているため、自動での分岐器開閉方向の検出が望まれている。そこで保守用車両に搭載した照明とエリアカメラで得られた画像からレール及び分岐器を自動で検出し、警告音を出力する装置を開発した。

レールの検出には、画像横軸方向の位置によってレール形状が変化するモデルを用いて、レール面と軌間中心との明るさの違いによって検出する。また、検出した左右のレール内で分岐器のリードレールを検出することで、分岐器を検出する。



第10図 レール及び分岐器検出結果

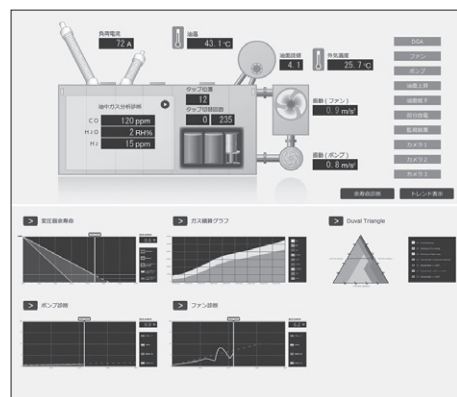
2-7 IoT (Internet of Things) 活用による受変電設備のオンライン監視

IoTを活用することで、受変電設備の稼働状態をオンラインで監視可能なシステムを開発した。本システムは、以下の特長・機能を有している。

- (1) 設備に各種センサを取り付け、取得したデータをクラウド上に蓄積
- (2) クラウド上でリアルタイムに設備の余寿命を診断
- (3) 取得したデータや診断結果を分かりやすく表示
- (4) 異常検出時に異常内容をお客様に即時通知

現在は、受変電設備のうち油入変圧器を対象としている。

今後は、対象を開閉装置や避雷器に広げ、受変電設備全体を一括で監視していく。



第11図 変圧器監視画面例

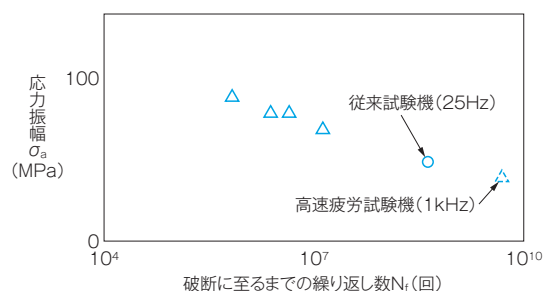
3 共通基盤技術

3-1 超高速疲労試験技術の確立

回転機器などの導体として使用されている銅材料は、一般的な鉄鋼材料とは異なり、S-N曲線（繰り返し応力の大きさと破断寿命の関係）に疲労限度が明確に現れないことが知られている。そのため、原動機の脈動トルクなどで発生する低応力レベルの高サイクル負荷に対しては、実機応力に即した試験を行う必要があるため多大な時間を要しており、短縮する必要があった。

そこで、国内でも数台しか導入されていないMTS社製の高速疲労試験機（試験速度1000Hz）を導入し、従来の試験機（試験速度25Hz）では1840日間かかっていた40億回の繰り返し応力試験を46日間で完了できる体制を確立した。

これにより、原動機の脈動トルクなどに起因する部品の寿命を短期間で検証し、製品の長期信頼性向上へとつなげていく。



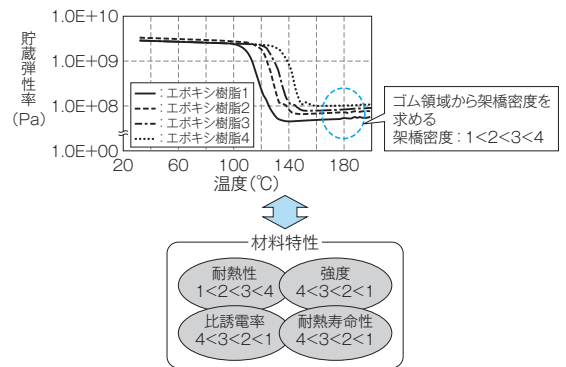
第12図 S-N曲線（タフピッチ銅の場合）

3-2 絶縁材料高度化のための基礎評価

絶縁材料の母材であるエポキシ樹脂は、主剤と硬化剤の原料の架橋反応によってできており、原料の種類や配合比率を変えることで耐熱性や機械特性が変化し、絶縁材料の材料特性にも影響を与える。

当社では、エポキシ樹脂の架橋反応と材料特性との相関性を調査するため、同種の原料を用いて架橋密度の異なるエポキシ樹脂を作製し評価した。動的粘弾性測定 (DMA) から求めた各エポキシ樹脂の架橋密度と諸特性を比較したところ、両者に相関性が確認された。この結果から、架橋密度が材料特性を決定させる重要な要因であることが分かった。

今後も継続して材料特性を取得し、基礎データを構築することで、絶縁材料の高度化を図っていく。



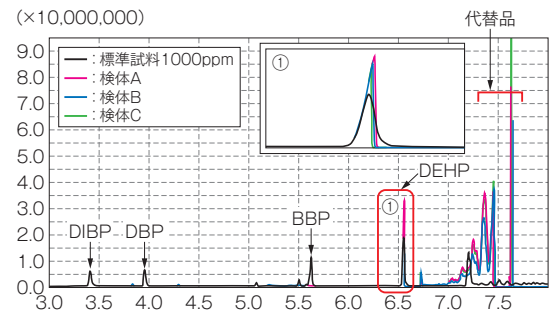
第13図 DMAにより求めた架橋密度と材料特性との相関結果

3-3 フタル酸エステル類のスクリーニング技術の確立

欧州RoHS指令で、2019年7月22日から新たに4種類のフタル酸エステル類 (DIBP・DBP・BBP・DEHP) の使用が制限されることが決まった。また、国内外問わずフタル酸エステルに関する多くの規制が施行されている。

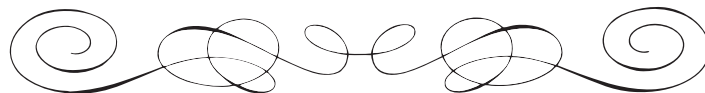
フタル酸エステルは、人体への内分泌攪乱作用が懸念される物質である一方、電線の被覆材 (PVCなど) など樹脂・ゴムの可塑剤や、塗料・顔料・接着剤・潤滑剤の添加剤として、多く使用され、グリーン調達の上でも分析技術の重要性が高い。

当社の解析センターでは、熱分解-GC/MS法によるフタル酸エステル類の簡易スクリーニング技術を確立した。この技術で従来の前処理が不要となり、分析工数の大幅な低減を実現した。



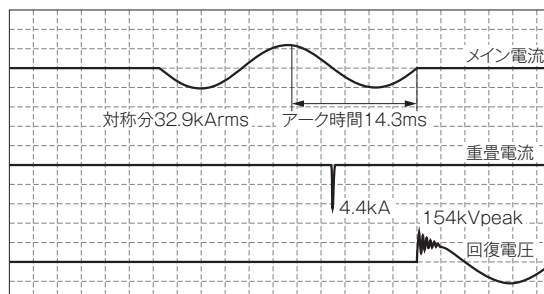
第14図 電線被覆の分析結果 (TIC)

3-4 真空インタラプタ (VI) へのCuCrMo 接点材料適用



3-5 アーク延長試験設備の性能改善

遮断器の短絡試験では短絡発電機を電源とするが、発電機電圧以上の高電圧遮断器の場合は、電流は発電機から、遮断後の回復電圧は別電源で供給する合成試験で評価する。このとき、開極直後の電流零点では実系統と異なり電源電圧が低くアークが消弧してしまうため、電流零点通過瞬時にパルス電流を注入しアークを延長する必要がある。しかし、当社の主力製品である真空遮断器では、接点性能の向上によってアークの延長が難しくなっている。更新設備は小形化によって供試器直近に配置でき、接続線のインダクタンスの影響を減らし、重畳するパルス電流の峻度を $1\text{kA}/\mu\text{s}$ 以上に高める改善をした。また零点予測器も更新し、電流注入の時間精度を向上させた。これにより試験の歩留まりが向上し、効率的な性能評価を実現した。



第16図 アーク延長試験波形