

I. 研究開発

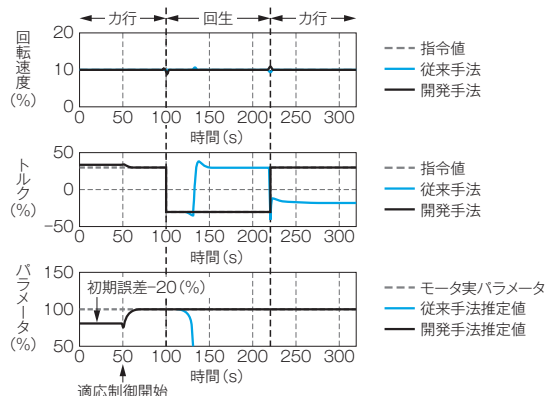
1 パワーエレクトロニクス

1-1 誘導電動機パラメータ適応制御技術

誘導電動機を高精度にベクトル制御するためには、制御パラメータが電動機の実パラメータと一致している必要がある。しかし、電動機の実パラメータは運転中の巻線温度で変化するため、正確な設定は困難である。

従来からの対策として、誘導電動機パラメータを電流検出値と理想モデル電流値から推定し、制御パラメータに反映させる適応制御手法がある。しかし、この手法は回生領域で不安定となるため、使用できないことが知られている。

当社は一般的に不安定となる回生領域でパラメータ推定手法を切り替えることで、回生領域で安定に動作可能な適応制御技術を開発した。これにより、力行回生の全領域でのベクトル制御性能の向上を図ることができる。



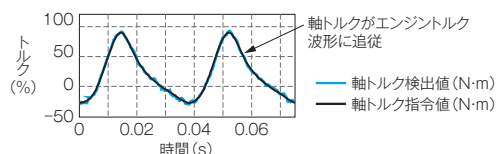
第1図 4象限運転シミュレーション波形

1-2 エンジントルク模擬加振制御技術

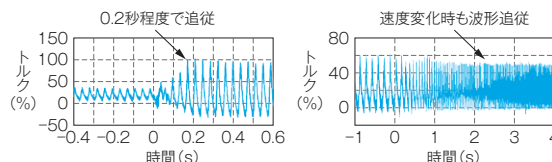
ドライブトレイン試験装置では、エンジンの代替となるモータを制御してエンジン振動トルクを模擬する必要がある。従来は、正弦波加振制御で振動トルクの主成分のみを模擬していたが、実際の振動トルク波形には高調波ひずみ成分が含まれる。

現在開発中のエンジントルク模擬加振制御技術は、当社独自の一般化周期外乱オブザーバ方式を用いており、所望のエンジントルクのひずみ波形を自動的に模擬できる。本方式の主な特長は、以下のとおりである。

- (1) 軸トルクでひずみ波形（複数周波数成分）を模擬可能
- (2) 共振・非周期外乱・周期外乱も同時に抑制可能
- (3) 動作条件（回転数・トルク）変化に自動的に対応



(a) 4サイクル4気筒エンジンモデルのトルク波形への追従性能試験例



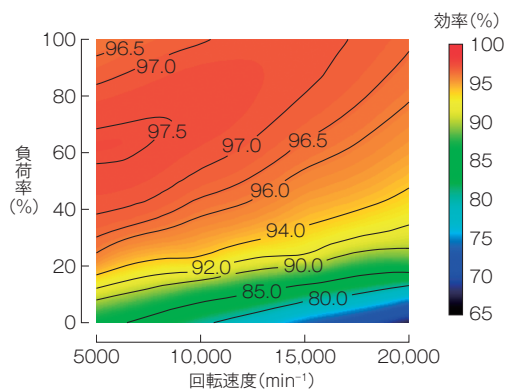
(b) トルク変化に対する追従性 (c) 速度変化に対する追従性

第2図 新方式の試験結果例

1-3 高速PMモータの特性評価

高速流体機械システムの効率向上を目指し、これに適用する出力250kW、回転速度20,000min⁻¹の永久磁石同期電動機（PMモータ）を開発した。本高速PMモータは磁気軸受を採用することで、高速・大容量化と軸受の低損失化を実現し、さらに回転子の保護リングに炭素繊維強化プラスチックを採用することで、高速回転時に課題となる耐遠心力強度の確保と低損失化を実現した。これにより、定格点効率96.6%、運転領域最高効率97.5%の高いモータ効率を得ることができた。また高速PMモータの設計精度向上のため、モータ各部で発生する損失の分離・評価を行い、損失の割合を明らかにした。

今後は発生損失ごとに損失低減を図るとともに、更なる高速・大容量モータの開発を進めていく。



第3図 高速PMモータ効率マップ

1-4 ダイナモメータ用新形制御盤

フレックダイナモメータ

サイフレック

FREC DYNAMOMETER制御装置 THYFREC VT340DY

主回路部の最適化によって、従来機種から制御盤全体での小形化及び過負荷耐量の向上を実現し、新形制御盤としてTHYFREC VT350DYをリリースした。主な特長は、以下のとおりである。

- (1) 盤容積を従来機と比べて34%削減
(850kVA装置：W4200×H2150×D600mm→W2950×H1950×D600mm)
- (2) 過負荷耐量を向上することで、ゼロ速度領域での運転性能を向上
- (3) 装置容量850kVA、470kVAをラインアップ
今後は、装置容量を320kVA相当へ展開していく。

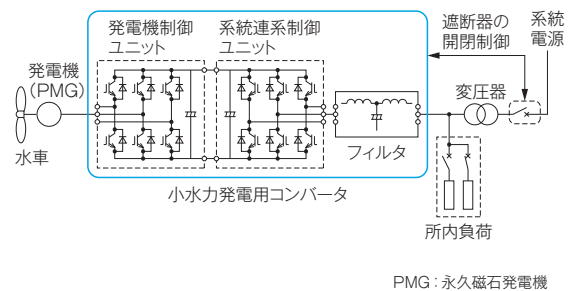


第4図 850kVAダイナモ制御盤

1-5 小水力発電用コンバータの新機能追加

2014年度から生産を開始している小水力発電用コンバータの制御基板を一新し、機能を追加した。

- (1) 事故時運転継続 (FRT : Fault Ride Through) 機能 系統連系規程 (JEAC9701-2012) のFRT要件に対応
- (2) 自立⇄連系運転の自動切り替え機能 停電が発生した場合、系統から解列して自立運転に、復電すると系統連系運転に自動で切り替わる機能。水車の起動停止回数を減らし、負荷設備の停電時間の短縮が可能
- (3) 発電機の最大出力追従機能 水位や流量が変化した場合に最大出力となる速度を探索して自動で最適な回転速度に移行。水車特性や水位・流量の情報は不要



第5図 自立⇄連系運転自動切り替え概略構成図

1-6 レドックスフロー電池用交直変換装置 LP200

固定価格買取制度 (FIT) によって、電力系統へ太陽光発電などの再生可能エネルギーを用いた電源の導入が促進されている。しかしながら、これら電源の大量導入による系統制約などの課題があり、再生可能エネルギー普及拡大のため、電力系統安定化対策の要求が高まっている。その対策の一つとして、蓄電池システムの導入が挙げられる。

当社では、これまで太陽光発電用PCS (Power Conditioning Subsystem) サンジェネック SUNGENECシリーズを開発してきた。今回、これらの開発で培った技術を応用し、住友電気工業(株)横浜製作所向けにレドックスフロー電池用交直変換装置 LP200を開発した。

今後は、電力系統安定化に必要な周波数制御や電圧制御など様々な機能にも対応していく。



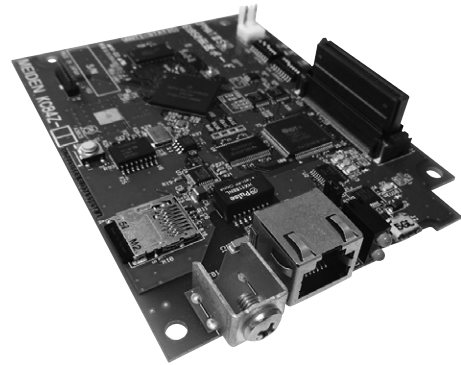
第6図 LP200

2 ICT

2-1 IEC61850伝送ボード KC84Z

次世代電力ネットワークでは、スマートグリッド上で異なるベンダーの電力系統設備間における相互接続性が求められる。これに対応するため、電力ネットワークの国際標準規格であるIEC61850に準拠したEthernet伝送ボードを開発した。主な特長は、以下のとおりである。

- (1) デジタル保護継電器 アイビーマット IPMAT III S (開発中) にオプションで実装できるEthernet伝送ボード
- (2) IEC61850通信ポートとしてEthernet I/Fを1ch装備
- (3) IEC61850 Ed2に準拠し、GetDataValuesサービス・Reportサービス・GetFileサービスに対応
- (4) MMS (Manufacturing Message Specification) プロトコル通信にSISCO社製通信パッケージ (MMS-Lite V6.0000) を採用



第7図 IEC61850伝送ボード KC84Z

2-2 保全データセンシング技術

ICT, IoT (Internet of Things) の活用による基盤開発として、設備の保全データを収集する通信端末と無線センサ端末を開発した。

通信端末は小形 (W150×H50×D100mm) ながら高速アナログ入力を4ch備え、対象設備の状態を高精度で計測する。また各種インタフェース・アナログ入力8点・デジタル入力8点を備え、高い拡張性を持つ。オプション機能として、特定小電力無線920MHzを使って最大8台の無線センサ端末からデータを収集できる。

無線センサ端末は超低消費電力動作によって、電池駆動での温湿度及び硫化水素の定周期計測を実現した。



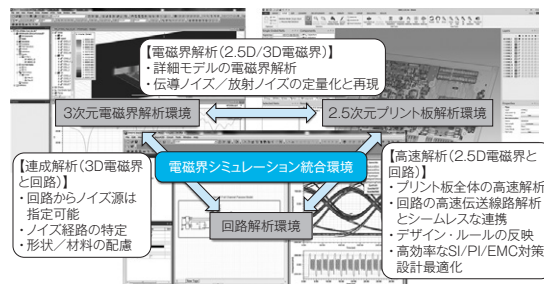
第8図 通信端末 (左) と無線センサ端末 (右)

2-3 データ通信の高速化・大容量化に向けてのプリント板SI/PI/EMC解析技術開発

近年、ICT製品におけるデータ通信の高速化・大容量化が目覚ましい。これによって筐体からGHz帯の高周波ノイズが発生し、ノイズ対策を講じなければならないのが実状である。

また、高速通信を実現するために、半導体デバイスの集積度が微細化していることでノイズ耐性が弱まる問題もある。そこで、これまでに蓄積した電磁界連成解析技術を製品開発に適用し、プリント板の信号品質 (SI) ・電源品質 (PI) ・電磁両立性 (EMC) に関わるノイズ対策を行い、製品の堅ろう性を向上した。さらにノイズ問題を未然に防止するため、ノイズ対策に有効なEMC設計ルールを充実させた。

今後は、データ通信の高速化が進んでいるパワーエレクトロニクス製品にも適用を進めていく。



第9図 SI/PI/EMC電磁界連成解析

2-4 PROFIBUS インタフェース VM126

オープンなフィールドバスである PROFIBUS DP に対応するため、PLC (Programmable Logic Controller) のオプションモジュール VM126を開発した。VM126は、PLCと各スレーブやドライブなどのフィールド装置間的高速データ伝送を行う。主な特長は、以下のとおりである。

- (1) PROFIBUS DP マスター機能を提供
- (2) PROFIBUS 伝送路を用いた最大 12Mbps の高速通信が可能
- (3) オープンなフィールドバスのため、他社製のスレーブ (ベンダー数は 300 以上) と接続可能
- (4) リピータを用いると最大 121 台のスレーブとの接続が可能



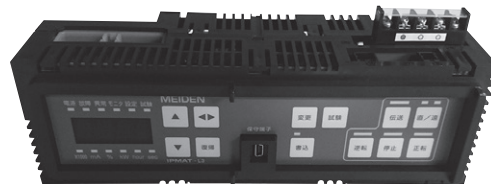
第 10 図 VM126

2-5 CC310M コントロールユニット IPMAT L3 の開発

アイピーマット

IPMAT L3は、IPMAT L2の後継機として新たに開発したユニットで、以下の特長・機能を有している。

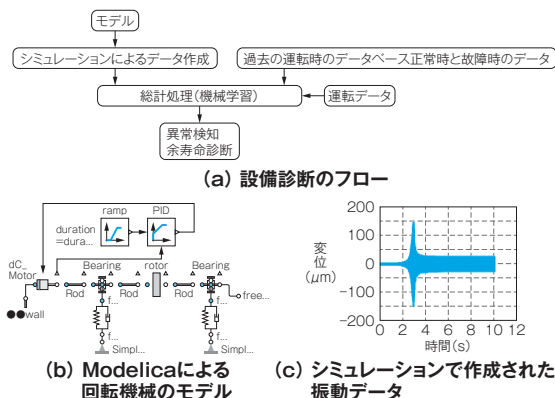
- (1) 現場でのユニット交換が可能
- (2) 伝送機能は IO リンク III に対応して最大速度 5Mbps、ステーション数は最大局数 113 局
- (3) 有効電力と有効電力量の計測機能
- (4) PS11 ~ 7 の DI 入力電流値を 10mA から 20mA に増やすことで、現場リミットスイッチを直接入力
- (5) トップランナーモータ (IE3) に対応
- (6) コンドルファ始動方式 Y-Δ切り替え時間



第 11 図 IPMAT L3

2-6 設備診断のための Modelica による回転機械の振動モデリングとデータ作成

センサから得られた運転データを過去の運転時のデータと比較する統計的な処理で高精度の設備診断を行うためには、故障時のデータが大量に必要である。しかし、想定される全ての故障状態を実際に作成することは技術・コストの両面で非常に困難であるため、実計測が困難な故障時のデータを非因果的な Modelica (オブジェクト指向の物理モデリング言語) を用いたシミュレーションで作成する技術の開発に取り組んでいる。本開発では、回転機械の振動状態を対象にした機械的故障データの作成を実現した。今後、作成した故障データを利用して統計的に処理し、機器の予兆診断の精度を向上していく。

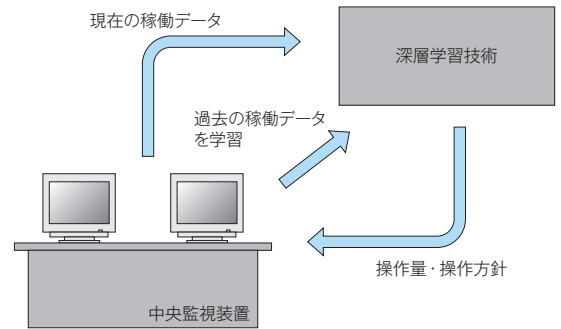


第 12 図 設備診断の手法

2-7 深層学習を用いた下水処理施設の運転支援

深層学習（ディープラーニング）は、入力の特徴を自律的に獲得し、入出力の複雑な関係性を見いだす機械学習手法である。膨大なデータを学習することで高い性能を示すことが分かってきており、近年、開発や社会実装に大きな力が注がれている。

当社では、下水処理施設における運転支援技術・自動運転技術の開発を進めている。今回、深層学習を使用し、水質や水量などの施設の稼働状況データと、その稼働状況における中央監視装置の操作パターンの学習に取り組んだ。学習の結果、学習に用いていない未知の稼働状況入力に対しても熟練操作者の操作に近い操作パターンを予測でき、運転支援システムとしての利用可能性を示すことができた。



第13図 深層学習による運転支援適用例

2-8 エレベータ用ロープテストの開発

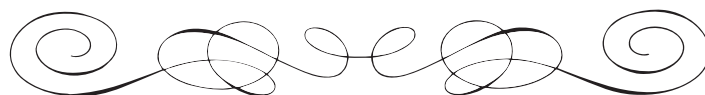
年々進むビルの高層化に伴い、エレベータはより迅速で正確な保守メンテナンスが求められている。特にワイヤーロープの点検は、建築基準法にも定められる重要な項目であるが、非常に時間を要する作業でもある。当社はその課題を解決するため、これまで培った画像処理技術を生かし、エレベータが高速走行中でも全てのロープを一括で撮影し、その画像データから各ロープの径、減径率及び変形などを解析するロープ径計測システムを開発した。本システムは、非接触で測定するため作業の安全性を高め、また人為的な誤差要因を除いた正確な測定ができる。さらに保守メンテナンスの時間を大幅に短縮できる。機能面では、数値データと画像データのリンクによって、これまで困難であったロープ全長にわたる異常点を抽出する。



第14図 撮影画像例（上）と画像解析例（下）

3 共通基盤技術

3-1 モーターの振動・騒音解析の信頼性向上

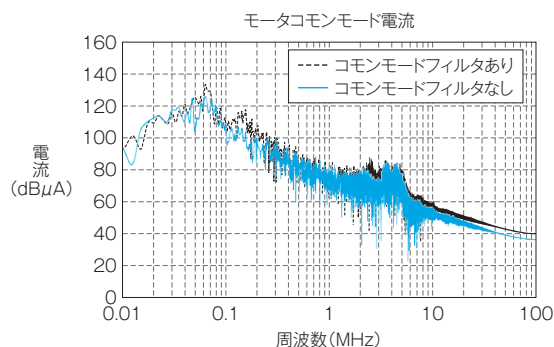


3-2 パワーエレクトロニクス機器のEMI解析

パワーエレクトロニクス機器のスイッチングデバイスの高速化に伴い発生するノイズ量が増大し、その対策はより重要性を増している。ノイズ発生量はIECやJISなどの標準規格で規制され、特に欧州では規制が厳しい傾向がある。

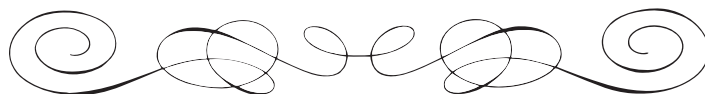
機器評価時にノイズ規格に適合できない場合、再設計と再試作が必要となって手戻りが生じ、開発のコストや期間が増大する。

開発効率向上のため、フロントローディング（手戻り回避のために機器評価前の事前検討に設計負荷をかける設計手法）が注目されている。当社では、フロントローディングの一環としてEMI解析に注力し、モータ用インバータからモータのEMI解析モデルを作成して漏れ電流経路を可視化し、構成部品のモデリング技術を改善することで、モデル精度の向上を図った。



第16図 モータ用インバータのEMI解析例

3-3 内部閃絡試験台車の導入

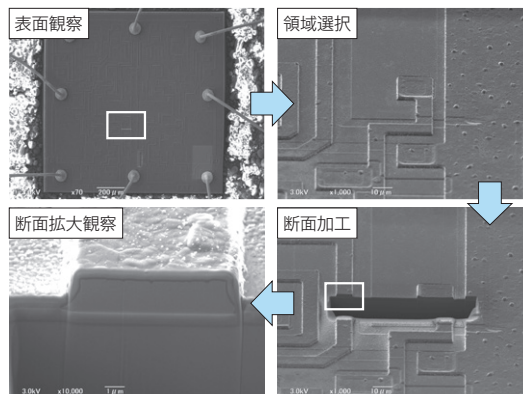


3-4 表面微細構造分析技術の確立

当社の解析センターでは、品質評価や各種不具合の原因究明を迅速かつ正確に行うため、収束イオンビーム法（FIB）による断面加工機能を付加した走査電子顕微鏡（FE-SEM）を導入し、表面微細構造の解析能力を向上した。

本設備によって、SEM観察下で加工と分析を行うことで、半導体断面解析で課題であった煩雑な前処理工程（約1日）を不要とし、加工位置精度も数μmから数nmとなり、より迅速で正確な分析技術を確立した。

本技術によって、コーティング・塗膜下の異物分析、電子部品やめっき品の積層構造評価、合金材料の表面組成分析の迅速化を進めている。さらに適用範囲を広げ、品質評価や不具合原因究明のほか、材料開発など多方面で活用していく。



第18図 FIBを用いた半導体断面解析