

バックナンバーから振り返る当社の技術変遷

1. はじめに

愛知電機技報は、昭和60年の創刊から、今回で40号になる。本号では、前回30号記念記事から10年目の節目を迎えるにあたり記念記事を掲載する。

これまで、当社は、変圧器、制御・通信、電力変換、モータ、メカトロの各分野に経営資源の集中を図り、技術・製品開発、営業、設計製造、品質管理、資材調達の各業務に取り組んできた。

40号記念記事では、これらの業務のうち、技術・製品開発に焦点を当て、30号から今日までの技術変遷を「バックナンバーから振り返る当社の技術変遷」と題して、製品分野ごとにまとめて紹介する。

2. 変圧器分野

(1) 柱上変圧器

近年、地球環境保護を目的として、省エネ製品の普及や環境に配慮した取り組みが広がっている。電力会社では、資源の有効活用や設備投資抑制を目的に、経年機器のリユースによる有効利用を進めている。柱上変圧器については、従来から簡易な修理が行われてきたが、廃棄処理を減らし延命を図るために、変圧器中身の点検や補修を行う新たな修理が行われるようになってきた(以下、新修理という)。当社は2014年に従来の修理事業に参入し、2015年には新修理事業に参入した。

柱上変圧器は、ケース、カバー、ブッシング、ガスケットなどの外装部品と鉄心、巻線、電圧切換えタップ台などの変圧器中身部品と絶縁油で構成されている。従来からケース、カバーのさび除去や塗装、ガスケットや絶縁油の交換を行う修理が行われてきた。新修理では従来の修理に加えて、変圧器中身をケースから吊り出して点検、補修を行う。当社は、新修理について電力会社と共同で修理内容や方法の検討を行い、修理方法を確立した。

修理事業に参入するにあたって、従来の修理を行う第1修理ラインと新修理を行う第2修理ラインを構築した(No.36、37)。第2修理ラインは、作業効率化を図ることにより、第1修理ラインの2倍の生産能力を達成した。

柱上変圧器の修理事業は、現在2社の電力会社から受注し、修理ラインは順調に稼働している。

〈柱上変圧器修理〉

修理部位	従来の修理	新修理
ケース、カバー	汚れ、さびの除去	汚れ、さびの除去
ブッシング	交換	清掃し、再利用
ガスケット	交換	交換
変圧器中身	—	点検、補修
塗装	下塗り	下地調整箇所
	上塗り	全面塗装
絶縁油	交換	交換

〈設備〉

設 備	技報No.(年)
柱上変圧器の修理ライン(第1修理ライン)	No.36(2015)
柱上変圧器の新修理ライン(第2修理ライン)	No.37(2016)

(2) 高圧自動電圧調整器

当社は、1962年に高圧自動電圧調整器(以下、SVR)を開発して以来、現在まで約21,000台を生産している。

初期のSVRは小容量でV結線を採用していたが、零相電圧が発生する問題や大容量化のニーズから、Y結線化や大容量化を進めてきた。

その後、メンテナンスフリー化した長寿命型SVRを開発した。これはタップ切換器の接点に真空バルブを採用して絶縁油の汚損を無くし、SVR本体タンクへの溶融亜鉛めっきの採用、フッ素ゴムガスケットの採用、吸湿呼吸器の大容量化を行い実現している。

近年、再生可能エネルギーの普及で分散型電源が配電線に大量に接続されるようになり、高機能化した製品による配電線の電圧調整が必須となっている。

これに対して当社では、新機能を搭載したSVRを早期にラインナップしてきた。

〈SVRの製品ラインナップ〉

タイプ	内 容
分散電源対応型	電力潮流方向に関係なく変電所方向の判定ができる。
高度遠隔制御型	遠隔でリアルタイムの整定値変更ができ配電線全体の電圧を適切な管理値に制御できる。
単柱装柱型	機器全体の小型・軽量化を図り、用地事情が厳しい市街地にも設置できる。

また、太陽光発電や風力発電などの自然エネルギーの発電電力は、日射や風速に左右され不安定で急峻に変動する。そこで、タップ切換にサイリスタを使用し電圧調整を高速、多頻度に行えるサイリスタ式自動電圧調整器(以

下、TVR)、インバータで無効電力を制御し高速、無段階に電圧調整ができる高圧配電線用無効電力補償装置(以下、STATCOM)を開発し、販売している。

これらの製品は、従来品から改良を加え高機能化を図っている。

〈TVR、STATCOMの高機能化〉

名称	内容	外観
A ² -TVR ^{*1}	三相電圧平衡調整機能の追加、大容量化を行った。また、タップ段数を変更(7タップ→13タップ)してほぼ連続的な電圧調整を可能とした。	下図左
A ² -STATCOM ^{*2}	インバータの損失を大幅に削減し、小型・軽量化を行った。また、並列運転機能 ^{*3} を追加した。	下図右

今後も電圧調整器のトッランナーとしてさらなる製品開発を進め、電圧品質の向上に貢献していく。



【A²-TVR】

【A²-STATCOM】

※1.A²-TVR : Aichi Advanced -Thyristor type step Voltage Regulator

21頁の技術開発論文参照

※2.A²-STATCOM : Aichi Advanced -Static synchronous compensator

17頁の技術開発論文参照

〈バックナンバー〉

タイトル	技報No.(年)
遠隔制御型高圧自動電圧調整器(遠制御型SVR)	No.32(2011)
新型三相静止型高圧自動電圧調整器(三相TVR)の開発	No.33(2012)
配電系統に太陽光発電が接続された場合のTVRの電圧調整効果について	No.34(2013)
逆潮流対応型高圧自動電圧調整器	No.35(2014)
配電用ハイブリッド型電圧調整器の開発	No.37(2016)
高圧配電線用STATCOMの開発	No.37(2016)
高度遠隔制御対応型高圧自動電圧調整器	No.37(2016)
三相電圧不平衡対応機能付TVR	No.38(2017)
22kV配電用自動電圧調整器	No.38(2017)
高度遠隔制御対応機能付き単柱装柱型SVR	No.39(2018)

(3) 中型変圧器

① トッランナー変圧器2014

当社は、省エネ法で規定されるトッランナー方式に基づいたトッランナー変圧器(EEシリーズ)を2005年より

製造開始した。その後省エネ法が改正され、2012年に新しい判断基準(第二次判断基準)が告示された。この基準を満足する変圧器はトッランナー変圧器2014と呼称され、当社はEEⅡシリーズとして市場投入した。EEⅡシリーズは、鉄心材への磁区制御けい素鋼板の採用や、導体の見直しなどを実施し、従来のEEシリーズに対して低損失化を達成した。またトッランナー変圧器2014は、耐熱絶縁紙を採用することによって、温度上昇限度を従来の巻線55℃、油50℃から、巻線65℃、油60℃に変更し、低損失化に伴う鉄心と導体の大型化を放熱器の小型化によって、外形寸法と質量の増加を最小限に抑えた。

② パームヤシ油入変圧器

近年、異常気象の発生等から、産業界においても環境保全に対する意識が高まっており、2017年に、トッランナー変圧器2014(EEⅡシリーズ)をベースとし、植物系の電気絶縁油であるパームヤシ脂肪酸エステル(以降、パームヤシ絶縁油と呼ぶ)を採用したパームヤシ油入変圧器を開発した。パームヤシ絶縁油は鉱油と比較し動粘度が低いため、変圧器の冷却性能が向上する。また、良好な生分解性、低魚毒性を有しており、万一、絶縁油が漏油しても環境への影響が低い。パームヤシ絶縁油は、化石燃料である鉱油と異なり、原料となる植物の成長過程において大気中のCO₂を吸収するため、環境への貢献度が高いことや、洗剤や石鹼、またはバイオディーゼル燃料としての利用も広がっており、世界的に需要が高い。年間を通じて原料となる果実の収穫が可能のため、生産面積あたりの油の生産性が高く、植物油のなかで生産量が最も多く供給も安定している。



【パームヤシ油入変圧器】

製品名	技術内容	技報No.(年)
トッランナー変圧器2014	第二次判断基準値達成品	No.38(2017)
パームヤシ油入変圧器	植物系の電気絶縁油	No.38(2017)

③ 電気炉用変圧器

当社では変圧器製品ラインナップの拡充、既存製品のコストダウンを進めている。その一環として、1979年から製造している電気炉用変圧器に、当社の最新技術を適用した。

電気炉用変圧器は金属の加熱、溶解などを行う電気炉の電源設備に用いられる。電気炉用変圧器には、数万Aにおよぶ大電流による負荷損失の増大、漏れ磁束に起因した局部過熱の発生、負荷の変動が大きく、熱的、機械的に苛酷といった問題がある。

これらの問題に対して、三次元磁場解析を用いて負荷損失の低減、局部過熱の抑制を検討し、構造を決定した。また、繰り返しの負荷電流に対して、巻線電磁力の詳細を把握し、最適な巻線構造の設計を行った。そして、これらの問題に応えた電気炉用変圧器(3000 kVA)を納入した(2018年5月)。

今後も設計、解析の技術を練磨し、お客様のニーズにお応えできるよりよい製品作りを目指す。



【電気炉用変圧器】

(4) 大型変圧器

当社は1959年に負荷時タップ切換変圧器(以下、LRT)の製造を開始し、お客様のニーズに応じてきた。

1983年、製品で培った技術を水平展開し移動用負荷時タップ切換変圧器(以下、移動変)を開発し、お客様のニーズに応えるとともに、製品ラインナップの拡大を図った。

移動変は変圧器を車載するためコンパクト化が常に求められる。当社はこのニーズに応える開発にチャレンジしてきた。

従来は定格容量10 MVA以上の移動変はトレーラ積載タイプを納入していたが、緊急出動且つ移動変は変電所の敷地境界近辺に配置されることが多いことから、機動性改善および騒音低減のニーズが高まった。そこで2008年に機動性改善、騒音低減を実現したトラック積載タイプ10 MVA移動変を製作し中部電力殿に納入した(No.31)。

トラック積載タイプ移動変の実現のため、アルミ製タンク、ポリマーブッシングなどの採用による軽量化および変圧器巻線に耐熱絶縁紙を採用することによるコンパクト化等を実施した。また騒音改善のニーズには、騒音に対する知見を活かし、鉄心の低磁束密度化、低騒音タイプユニットクーラの採用、タンク補強の最適配置による振動抑制等を行い、通電騒音50 dB以下の低騒音化を実現した。

その後、トラック積載タイプ15 MVA移動変や、一次電圧を77-33 kVに切換可能なタイプを製作した(No.32)。

さらに2016年には、構造解析や電界解析の実施により、さらなる軽量化を実現し、一次側にGISを搭載した移動変を製作した(No.38)。

現在、上記で得られた知見と解析技術を駆使して、一次側電圧110 kVのトラック積載タイプの移動変、一次および二次側にGISを搭載したトレーラタイプの20 MVA移動変を開発中である。

〈移動用負荷時タップ切換変圧器〉

製品名	技術内容	技報No. (年)
トラック積載タイプ 10 MVA 移動変	トラック積載形の10 MVA 移動変	No.31 (2010)
トラック積載タイプ 15 MVA 移動変	15 MVAへの容量増	No.32 (2011)
一次電圧切換対応 タイプ	一次電圧を77-33 kVに切換え可能	No.32 (2011)
一次GIS搭載 タイプ	一次側にGISを搭載	No.38 (2017)



【一次GIS搭載タイプ】

2. 制御・通信分野

(1) 配電自動化システム

配電自動化システムは、配電系統運転業務の省力化・効率化や供給信頼度向上を目的としたシステムである。配電自動化システムの基本機能は、親局装置から子局装置を介して、6.6 kV配電線の開閉器を遠隔監視制御することである。

① 親局装置

親局装置は、この10年間で2つの世代に亘る進化を遂げ、現在は第5世代親局となっている。

第4世代親局は、第3世代親局の基本機能に加え、複数操作卓(標準2卓、最大4卓)での監視制御や、配電線断線箇所への送電禁止機能を追加した。

第5世代親局は、さらなる電圧管理向上や配電線故障処理の高度化のため機能追加した。第4世代親局からの主な変更点は、対子局通信のIP通信化、スマートメータ制御システムとの情報連携、子局の地絡検出情報を利用したFCBの再トリップ抑制等である。

〈親局装置〉

各世代の特徴	技術内容	技報No. (年)
〈第3世代〉 データメンテナンスフリーと広域連係、代行機能の実現	<ul style="list-style-type: none"> ・情報系システムと情報連係し、設備データや系統データのメンテナンスフリー ・営業所間の配電線系統の広域連係を実現 ・休日や夜間に無人となる閉店営業所の代行運転機能を実現 ・二重化構成とし、制御卓の故障時は制待切換を自動実行 	No.26 (2005)
〈第4世代〉 複数操作卓と公衆保安／電圧管理の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・クライアントサーバ構成とし、複数操作卓での監視制御を可能とした ・配電線断線箇所への送電停止、地震発生時の配電用変電所の再閉路除外による公衆保安の向上 ・配電用変電所LRTの整定スケジュールの遠隔変更、配電用変電所の逆潮流通知による電圧管理の向上 	No.32 (2011)
〈第5世代〉 対子局通信のIP通信化、スマートメータ制御管理システム連係	<ul style="list-style-type: none"> ・対子局通信のIP通信化により、配電系統の電圧／電流分布の即時収集、電圧調整器(SVR)の整定値の遠隔設定を可能とした ・スマートメータ制御管理システムと連係し、変圧器単位の停電／欠相情報の表示 ・子局の地絡検出情報を利用したFCBの再トリップ抑制による配電線故障時の停電回数削減 ・ユーザによる代行営業所と閉店営業所の組合せ変更機能追加による代行運転機能の向上 	No.39 (2018)



【親局装置(操作端末、サーバ架)】

② 広域連係サーバ装置

広域連係サーバ装置は、営業所に設置された親局装置と連係し、営業所境界に関係なく配電線の監視制御を可能とする装置である。この10年間で2世代のモデルチェンジを行い、現在は第3世代となっている。

第2、第3世代では、地震対策のため免震構造を採用し、可用性を向上した。また親局装置のサーバ架と同じ構造としコストダウンを図った。

③ 子局装置

子局装置は、開閉器を入/切制御するもので、マイクロコンピュータにより再閉路動作リレー機能と遠方監視制御機能を実現した。

子局装置は、10年前の第4世代(4G子局装置)から改良・進化を遂げ、現在は第6世代(6G子局装置)となっている。

6G子局装置は、4G子局装置に比べ、ケースのステンレス化やはんだのPbフリー化など環境配慮も考慮した製品となっている。

また、機能面では、計測機能、故障検出機能の充実、高速大容量通信など高機能化を実現した。6G子局装置は2018年12月より導入を開始した。

〈子局装置〉

子局種別	技術内容	技報No. (年)
4G子局装置	<ul style="list-style-type: none"> ・表面実装部品を採用し、基板の小型化、低コスト化を実現。 ・可変抵抗レスの調整作業不要な回路構成を実現。 ・入出力回路の耐ノイズ設計による、ノイズ耐量の大幅向上。 	No.22 (1999)
5G子局装置	<ul style="list-style-type: none"> ・3相のセンサ情報(VT,CT)を基に計測機能の充実を図った(電圧、電流、力率、不平衡率)。 ・計測情報から配電線の断線や末端短絡保護の故障検出機能を実現。 ・外箱を樹脂製からステンレス製とすることでリサイクル率を向上。 ・周辺機器を子局に内蔵し、機器構成を簡素化。 	No.35 (2014)
6G子局装置	<ul style="list-style-type: none"> ・VOI0情報を追加し地絡検出機能を実現。 ・光通信ネットワークを使用したIP通信を適用し高速大容量通信を実現 ・親局ー子局間通信に国際標準規格(IEC61850)を適用した。 ・親局からリモートで子局ソフトの更新や子局動作ログの収集を可能とした。 	No.39 (2018)

(2) デジタル型制御保護装置

当社は、2005年度より自動監視機能、ヒューマンインターフェース機能、保守支援機能など向上させた第二世代デジタル型装置を中部電力(株)殿のご指導の下に開発・製品化を行っている。

① 電力系統自動切替装置

電力系統自動切替装置は、変圧器の故障や上位系統の事故時に電力系統を自動で切り換える装置である。1991年から納入を開始し、2010年には、新型となる第二世代デジタルリレーに対応したバンク二次自動切替装置(B-PAC)を開発した。本装置には、従来の自動切替機能に加え、高調波監視、有効電力・無効電力、電圧電流不平衡率などを計測記録できる電力品質記録機能を追加した。

また、2012年には、受電自動切替装置(J-PAC)の新型を開発した。本装置は、従来の自動切替機能に加え、系統事故の調査や解析などに活用できるデータセーブ・アナライザ機能を追加するなど高機能化を実現した。

② 第二世代デジタル型構内保護継電装置

構内保護継電装置は、変電所の構内母線に故障があった場合、受電遮断器をトリップさせ、構内母線を電源系統から切り離す装置である。2003年から第一世代デジタルリレー対応型の装置を納入しており、2014年に第二世代デジタルリレーに対応した新型の第二世代デジタル型構内保護継電装置を開発した。

本装置は、従来のLEDランプ、8セグメント表示器、ハードウェアスイッチ操作から、パソコンによる操作・表示に変更したことで操作性・視認性がアップした。

③ ユニット交換対応型LR制御ユニット

LR制御ユニットは、配電線の系統電圧を調整するタップ切換変圧器(LRT)を制御する装置である。本装置は、1992年から販売を開始しており、劣化更新の時期を迎えていた。そのため、既設のLR制御ユニットを新型へユニット単位で交換が可能なユニット交換対応型LR制御ユニットを開発した。

特徴は、既設のLR制御ユニットの端子台配線を外すことなくユニット交換が可能な構造で、これにより工期の大幅な短縮を実現した。

④ デジタル型可搬式保護継電装置

近年、一部の国内電力会社では、国際標準規格(IEC規格)に準拠した汎用型保護・制御ユニット(IED: Intelligent Electronics Device)の導入が検討されている。当社は、2018年に中部電力(株)殿、(株)シーテック殿と共同でIEDを利用したデジタル型可搬式保護継電装置を開発した。

本装置は、点検・修理時に既設の保護制御装置に代わって送電線を保護する代替装置である。構造は、可搬性を考慮し2分割の箱型構造とし、1箱あたりの質量40kg以下を実現した。また、箱下部にはキャスターをつけることなど可搬性も高めた。

⑤ 第三世代デジタル型配電用変電所配電盤

2005年度より納入している第二世代デジタル型配電用変電所配電盤は、導入から十数年が経過している。また、これまでに分散電源対策や様々な機能追加、および盤のスリム化とコスト低減などの要望が高まっていた。

そのため、2014年から中部電力(株)殿と共同で第三世代デジタル型配電用変電所配電盤を2018年に開発した。従来の配電用変電所配電盤に、J-PAC、系統故障検出装置、逆潮TM盤の機能を統合し、複数の盤を1つにまとめることで盤のスリム化を実現した。

〈デジタル型制御保護装置〉

製品名	技術内容	技報No. (年)
電力系統自動切替装置(PAC装置)	・従来の機能に加え、電力品質記録機能を付加(B-PAC) ・従来の機能に加え、データセーブ・アナライザ機能を付加(J-PAC)	No.33 (2012)
系統故障検出装置	・汎用技術である市販の保護リレーなどで装置機能を実現	No.36 (2015)
第二世代デジタル型構内保護継電装置	・第二世代デジタルリレーに対応 ・H/I操作はパソコンを接続して行い、機能と操作性を向上	No.37 (2016)
ユニット交換対応型LR制御ユニット	・ユニット交換によるリプレースを実現 ・演算基板をメインとフェールセーフの2枚構成とし信頼性向上	No.38 (2017)
デジタル型可搬式保護継電装置	・汎用型保護・制御ユニット(IED)の採用 ・分割箱型構造として可搬性を実現	No.39 (2018)
第三世代デジタル型配電用変電所配電盤	・従来の保護制御機能に加え、受電自動切替機能、逆潮検出機能などを機能統合しスリム化 ・配電線CB不応動検出機能の追加 ・遠隔整定機能の実装	No.40 (2019)



【第三世代デジタル型配電用変電所配電盤】

(3) 通信装置

電力会社における電力設備の保守運用時、緊急対応時に必要となる系統情報、設備情報の伝送装置および映像やメッセージデータを表示する監視装置を中部電力(株)殿のご指導の下に開発・製品化を行ってきた。

近年、電力会社ではモデム通信を使用した第二世代給制システムからIP通信を使用した第三世代給制システムへ移行し、当社においても通信装置のIP通信対応が必須となった。

① ITV装置

ITV装置は、無人変電所の不法侵入監視、自然災害時の保安監視、機器監視をする装置である。

1991年に超高圧変電所等に納入し、2001年からは、より安価な装置を配電用変電所に納入している。

2010年には、旋回型カメラを採用し、監視可能範囲を拡大すると共に、映像の常時録画機能を実装した装置を開発した(No.31)。

② 配変用遠隔監視制御ユニット (IP/HDLC対応)

配変用遠隔監視制御ユニットは、配電用デジタル配電盤(D配電盤)に実装される装置であり、2006年から配電用変電所に納入している。

2012年には、IP通信とモデム通信の両通信方式に対応すると共に、制御権切替機能(ソフト43TC)を実装した装置を開発した(No.33)。

③ IPネットワーク対応通信用遠隔監視装置 (IP-CSV)

通信用遠隔監視装置は、各種接点系被監視装置の監視情報を集約し、モデム通信で通信ネットワーク管理システム(CTACS)へ接続する装置であり、2000年から電力会社の事業所に納入している。

2013年には、IP通信への対応と併せて、接点入力数を64に制限することにより、小規模事業所でコストメリットのある安価な装置(IPネットワーク対応通信用遠隔監視装置)を開発した(No.34)。

④ 特高用遠隔監視制御ユニット (IP対応)

特高用遠隔監視制御ユニットは、デジタル形特高監視制御装置(MCU)に実装される装置であり、2009年から小規模特高変電所に納入している。

2014年には、IP通信への対応と併せてTC-I/F機能、TC機能、伝送機能を1ユニットに組み込み、省スペース化・低コスト化を実現した(No.35)。

⑤ 移動無線用中継器・制御器

移動無線システムは、電力設備の運転保守時や緊急対応時における現場(変電所等)と従業員が常駐している事業所との間の連絡手段として使用されている。

当社で、開発、製品化した移動無線用中継器・制御器は、2009年から納入している。

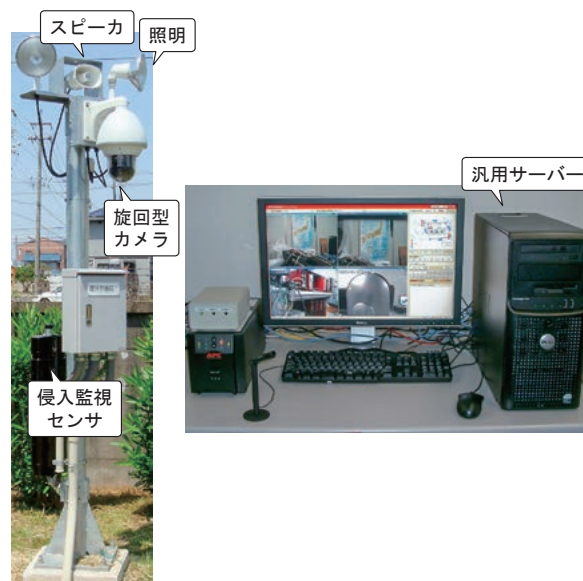
移動無線用制御器は、電力会社の事業所に設置され、現場に統制指令を行うための通話装置である。

移動無線用中継器は、無線機がある無線局舎に設置され、制御器、無線機を通信回線に接続するための装置である。

最大10回線の通信回線に接続、回線切替が可能のほか、スケルチ(雑音抑圧)機能、通信回線のルート切替機能、他メーカー装置との通信互換機能も有している(No.32)。

〈通信装置〉

装置名	技術内容	技報No. (年)
ITV装置	<ul style="list-style-type: none"> ・運用監視装置に汎用サーバーを採用 ・旋回型カメラを採用し、監視可能範囲を拡大 ・映像の常時録画機能を実装 	No.31 (2010)
配変用遠隔監視制御ユニット (IP/HDLC対応)	<ul style="list-style-type: none"> ・ハードスイッチによるIP通信、モデム通信の切替機能を実装 ・IP通信専用ボード、モデム通信専用ボードを組合せ、納入先に合わせたユニット構成が可能 ・制御権切替機能(ソフト43TC)を実装 	No.33 (2012)
IPネットワーク対応通信用遠隔監視装置 (IP-CSV)	<ul style="list-style-type: none"> ・IP通信対応 ・小規模事業所をターゲットとし、接点入力数64回路を実装 	No.34 (2013)
特高用遠隔監視制御ユニット (IP対応)	<ul style="list-style-type: none"> ・IP通信対応 ・TC機能、TC-I/F機能、伝送機能を1ユニットに集約 ・送電線の最大接続可能数を30回線に拡大 	No.35 (2014)
移動無線用中継器・制御器	<ul style="list-style-type: none"> ・他メーカー装置との通信可能 ・制御器、中継器の実装基板を共通化 	No.32 (2011)



【ITV装置・カメラ取付外観及び運用監視装置外観】

3. 電力変換分野

当社では、電力変換の根幹となるパワーエレクトロニクス技術を用いて、核融合実験装置用の大電力変換装置また再生エネルギー用パワーコンディショナを製品化している。

(1) 大電力変換装置

核融合実験装置にはプラズマの発生とその位置を制御する磁場発生用の複数のコイルが備えられている。これ

らには数kA～数十kAの電流を発生する装置が必要となる。当社では1985年よりサイリスタ等の半導体を用いた変換装置を開発し、2009年に50kAの電源を製品化している(No.31)。近年はサイリスタでは実現が難しい高速応答性と両極性出力を実現するため、IGBTインバータを用いた変換装置を開発した。更に次世代半導体素子であるSiC(シリコンカーバイド)を搭載したインバータを用いた変換装置も開発し、製品化している。これらには、サイリスタ電源で培った制御技術を適用し、高精度な電流制御も実現している。その他、大電流パルスマイクロ秒オーダーで放電タイミングを制御できるコンデンサバンク装置も開発した(No.33)。

〈大電力変換装置〉

製品名	出力定格	技術内容	技報No. (年)
トロイダル 磁場コイル電源	50 kA 50 V	半導体並列技術 保護機能 高精度電流制御技術	No.31 (2010)
プラズマ実験 装置用大電力 発生装置	10 kVp 200 kAp 5 kVp 20 kAp 3 kVp 2 kAp	耐ノイズ性能	No.33 (2012)
BH-FBコイル用 電源装置	連続定格： ±115 V 400 A 短時間定格： ±650 V 2 kA	高速・高精度電流制御 技術 IGBTインバータ	—
電磁石コイル用 電源装置	DC ±420 V DC ±360 A	高精度、低電流リップル SiC-FET インバータ	—



【トロイダル磁場コイル電源外観】

(2) パワーコンディショナ

当社は、1991年より太陽光発電用のパワーコンディショナ(以下、パワコン)の開発に取り組んでおり、2006年には燃料電池用パワコンについても開発を行っている。

2006年に単機容量50kWのインバータを並列に接続して組み合わせることにより、出力容量100kWのパワコンを製品化した。2007年以降は大容量かつ低価格という客先ニーズにこたえるため、半導体素子(IGBT)の並列技術の開発に取り組み、インバータ単機容量250kWのパワコンを製品化した(No.32、35)。

各パワコンの変換効率を向上させるため、タイプ毎に主回路の構成を変更している。トランス付250kWパワコン(No.32)では、トランスの漏れインダクタンスを利用しインバータ出力フィルタ用の高周波リアクトルをトランスと一体化することで小型化と高効率化を同時に実現した。トランス付100kWパワコン(No.33)では、3レベルインバータ方式とRB-IGBTの採用により半導体や高周波フィルタの損失を低減した。トランスレス250kWパワコン(No.35)では、インバータ仕様を大幅に見直す(入力電圧とスイッチング周波数の変更)ことにより最高変換効率96.8%を実現し製品化している。

さらに、系統瞬低時に一斉にパワコンが系統から解列して停電を助長させないためのFRT(Fault Ride Through)機能(No.35、37)や、停電時にも太陽電池で発電した電力を利用できるよう非常用電源機能を搭載した機種(No.37)を製品化した。

現在当社は、更なる客先ニーズにこたえるため、太陽光用パワコンに限らず環境にやさしい高効率インバータ製品の実現のため、新技術や新素材を用いたインバータの開発に積極的に取り組んでいる。

〈太陽光発電パワーコンディショナ〉

製品名	定 格	技術内容	技報No. (年)
トランス付 250kWパワコン (大容量パワコン の開発)	250 kW 3 φ 420 V (変換効率 最大94.0%)	・IGBT素子並列技術 ・高周波リアクトル一 体型トランスの開発 ・ヒートパイプを用いた インバータ冷却開発	No.32 (2011)
トランス付 100kWパワコン (大容量パワコン の高性能化)	100 kW 3 φ 420 V (変換効率 最大95%)	・3レベルインバータの 開発 ・RG-IGBTの採用 ・直流中間電圧制御	No.33 (2012)
トランスレス 250kWパワコン	250 kW 3 φ 210 V (変換効率 最大96.8%)	・トランスレスによる高 効率小型化 ・FRT機能の開発	No.35 (2014)
トランス付 49.9kWパワコン	49.9 kW 3 φ 202 V (変換効率 最大95.0%)	・非常用電源機能の開発 ・励磁電流抑制機能	No.37 (2016)



【トランスレス250kWパワコン】 【トランス付49.9kWパワコン】

4. モータ分野

(1) ブラシレスDCモータ

当社におけるブラシレスDCモータの開発は、給湯器の燃焼用ファンモータとしてスタートした。きめ細かい回転数制御に対応でき、小型で高効率なブラシレスDCモータは、それまでの誘導モータに代わり急速に用途が拡大した。当社ではその後、空調機の室外機用や換気扇用さらにポンプ駆動用等に展開した。

2011年には、中国メーカーから技術支援要請に対応した。支援内容は、ブラシレスDCモータに関する設計、製造、品質管理について全般的な指導、アドバイスをを行うことであった(No.32)。

近年、モータ開発は、シミュレーション技術(磁場解析、熱解析、強度解析など)の向上により短期間で行えるようになった。例として、畜舎用換気扇のブラシレスDCモータや1 kWタイプの小型発電機の開発において、磁場解析を活用することにより、磁石の配置、形状の最適化が容易となり、効率向上に繋がった(No.35、37)。

〈ブラシレスDCモータの主な技術変遷〉

技術内容	技報No. (年)
中国メーカーへのブラシレスDCモータ技術支援	No.32(2011)
小型発電機の研究	No.35(2014)
120 cm 畜舎用換気扇の開発	No.37(2016)

(2) 誘導電動機

当社は、1957年より誘導電動機の生産を開始した。用途は主にファン駆動用で、顧客の要求仕様に合わせてモータを製造してきた。

その後価格競争の激化に伴い、1999年にタイのクルソンエレクトリックカンパニー社と提携し、三相及びコンデンサモータの生産委託を開始した。現在も同社より三相及びコンデンサモータの供給を受けている。また、クマトリモータについては、当社の関係会社である恵那愛知電機株式会社にて石油ファンヒーター用として生産している。

誘導電動機は直流電源やインバータが不要なことから、根強いニーズがある。当社も引き続きそのようなニーズに応えていく所存である。

5. メカトロ分野

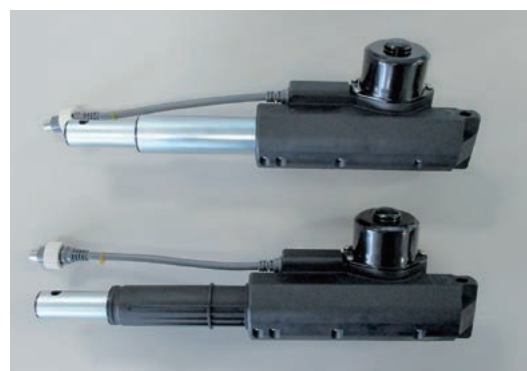
(1) アクチュエータ

当社は1995年パラマウントベッド(株)殿に、病院向け電動ベッド駆動装置として、リアアクチュエータの納入を開始した。その後、いくつかのマイナーチェンジを経て2008年には現行品のベースとなるL型アクチュエータを開発した。これは、ブラシ付きDCモータにネオジボンド磁

石を採用し、他社製と比較して大幅に小型・軽量化を実現した。さらに主要部品(ねじシャフト、ロッド)の内製化も進め、コスト低減、納期短縮も実現した(No.31)。

その後2012年には、在宅介護ベッド用として、当社の関係会社である蘇州愛知科技有限公司にてアクチュエータ生産を開始し、併せて部品の現地調達化も進めた。設計的には、強度解析により部品強度の最適化を図り、金属部品を樹脂化することで更なるコスト低減を実現した。

近年はベッド以外の用途のアクチュエータ開発を進めており、2018年には、昇降作業デスク用アクチュエータを開発した。テレスコピック方式を採用し、ロングストロークを実現した。また、圧電素子を内蔵し障害物の挟み込み検知機能も付加した(No.36)。



【アクチュエータ】

〈アクチュエータの主な技術変遷〉

技術内容	技報No. (年)
電動リアアクチュエータの開発	No.31(2010)
当社主力製品に対する取り組み	No.36(2015)
作業デスク用電動昇降システム	No.36(2015)

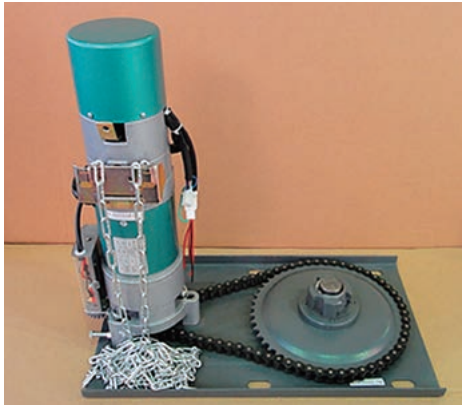
(2) シャッター開閉機用ギヤードモータ

当社は1977年より東洋シャッター(株)殿へシャッター開閉機用ギヤードモータ(以下、シャッター開閉機)を納入している。

シャッター開閉機はシャッターを保持するためのブレーキ、上下限の停止位置を設定するリミットスイッチを有し、当社のコア製品である誘導モータ、ソレノイドを用いた製品である。

近年では、防火シャッター用として機械式自動閉鎖装置と組み合わせて使用するシャッター開閉機を開発し、2015年よりラインナップに追加した。現在、軽量シャッター用から重量シャッター用まで計8機種をシリーズ化している。

海外では中国において、当社の関係会社である蘇州愛知科技有限公司が、2015年よりシャッター開閉機を販売している(No.37)。販売しているシャッター開閉機は、当社が現地のメーカーに技術支援し、減速機や軸受を改良したもので、他の中国メーカー製と比較し、大幅に耐久性が優れている。機種は出力150 Wタイプと300 Wタイプの2機種である。



【中国市場向けシャッター開閉機 150 W タイプ】

〈シャッター開閉機用ギヤードモータの主な技術変遷〉

技術内容	技報No. (年)
シャッター開閉機の海外展開	No.37(2016)

(3) 粉体機器

当社は1979年に乾式粉体混合機「ロッキングミキサー」を開発し、販売を開始した。

以降、ユーザのニーズに対応し、液噴霧機能、解砕機能、加熱機能等を付加した混合機を開発した。また、少量多品種や自動化に対応するため、容器自動着脱型混合機も開発した。

近年では、加熱乾燥機としてのニーズの高まりに対応するため、ロッキングオートクレーブを開発した(No.33)。これは容器をジャケット式(二重管構造)にし、外側の容器に蒸気や油等の熱媒体を流して内側の容器内の試料を加熱するものである。揺動・回転しながら加熱できるため、効率的で均一な加熱乾燥が可能である。

また、高価な材料を少量乾燥するニーズに対応するため、小型乾燥機を開発した(No.33)。これは、恒温槽内で、500 mLの容器を回転させるもので、最高200℃まで加熱することができる。

今後も、これまでに確立してきた技術を活かしながら、ナノ混合といった分野にも挑戦したいと考える。



【ロッキングオートクレーブ】 【小型乾燥機】

〈粉体機器の主な技術変遷〉

技術内容	技報No. (年)
ロッキングオートクレーブの開発	No.33(2012)
小型乾燥機	No.35(2014)

(4) 畜舎用換気扇

当社は2003年業界で始めてブラシレスDCモータを搭載した牛舎用換気扇を発売した。

2010年コントローラにゆらぎ機能を追加し、自動的に風量が増えるやさしい送風と消費電力の低減を実現した(No.31)。

2011年には、流体解析を用いてプロペラファンの高効率化を実現し、風量は維持したままで消費電力を20%以上削減した(No.32)。

さらに、豚舎および鶏舎市場への参入を目指して、2013年に60cm換気扇を、2016年には120cm換気扇を開発し、ラインナップを拡充した。

2017年には、さらなる省エネ化を目指し、磁場解析を用いてモータの高効率化を実現した。このモータを搭載して、換気扇の消費電力をさらに18%低減した(No.38)。



【60 cm 換気扇】



【120 cm 換気扇】

〈畜舎用換気扇の主な技術変遷〉

技術内容	技報No. (年)
ゆらぎ機能付き畜舎用送風機コントローラ	No.31(2010)
畜舎用送風機の高効率化	No.32(2011)
高効率・高力率畜舎用換気扇	No.38(2017)