

インバータ 第1回 ゼミナール

最近、いろんなところで「インバータ」という言葉を耳にします。

エアコンや冷蔵庫、蛍光灯などの照明器具から、エレベータや新幹線にも。「インバータ」はいったい何者なのでしょう？

簡単にいうと、「モータの回転数を制御する装置」です。例えばエアコンに使用されているモータの回転数を変えることで、風量を調整し快適な温度で過ごせるようになります。また、必要以上にモータを回転させないように制御できるので、省エネとCO₂削減にも貢献できます。インバータは省エネの達人とも言えます。

このコーナーでは、インバータを「歴史」、「種類と特徴」、「ソリューション」、「環境エネルギー分野への適用」の4回に分けて解説していきます。

インバータの歴史

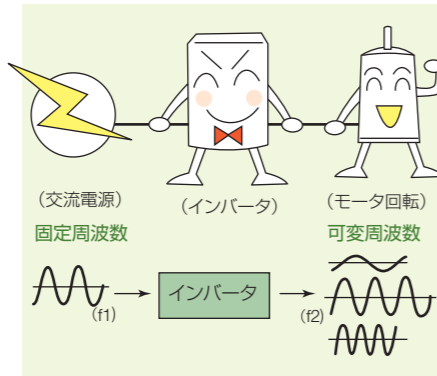
可変速モータドライブとインバータの誕生

最近の可変速モータドライブは、誘導モータや同期モータなどの交流モータの速度制御技術が中心となっていますが、実は古くから、直流モータは速度制御のしやすさから可変速ドライブの代表として広く使われていました。

しかし、直流モータには整流子やブラシの磨耗部があるため、定期点検とブラシの交換が必要なこと、粉じんが多い場所など悪環境での適用ができないなどの課題がありました。そのため、交流モータを直流モータと同じように簡単に速度制御ができる技術の開発が急がれていました。

1958年にアメリカのGE社が制御能力を有する半導体素子サイリスタを開発し、インバータによる誘導モータの可変速ドライブの道を新たに開くこととなりました。

インバータ (Inverter) とは「逆変換するもの」という意味です。インバータ装置は交流 (三相または单相) をいったん直流に変換し、この直流を再び「周波数を自在に変えられる三相交流」に変換することで、交流モータの回転数、つまり速度を制御する仕組みになっています。直流を交流に変換



するには、このスイッチングができる半導体素子サイリスタを使用するのです。

サイリスタの限界

安川電機のインバータ開発は1960年代にさかのぼります。当時は、インバータには応答の遅いサイリスタが使用されていました。制御技術も誘導モータのV/f制御 (誘導モータに加える電圧と周波数の比を一定にする制御) が主体で、速度制御範囲も1:10程度以下で、応答もあまり速くなく、単純可変速用など比較的小さい負荷に適用されていました。高速でダイナミックな制御が必要とされる用途には制御性の良い直流モータが使用されていました。

様々な用途にインバータを普及させるために、サイリスタには限界がありました。

世界初のトランジスタインバータ

このような背景の中、当社は半導体メーカーと協業で、高速スイッチングが可能なパワートランジスタ適用したインバータの開発に取り組みました。数年間の試行錯誤と幾多の困難を乗り越えて、工作機械用高速モータドライブの開発に成功し、1974年に世界初のPWM制御形トランジスタインバータ (VS-616T) の製品化に至りました。以来、多様なトランジスタインバータを製品化し、インバータの技術開発をリードしはじめました。

しかし、当時の制御方式はV/f方式を採用しており、速度制御範囲と速度制御精度の面で理想とは言えませんでした。構造が頑丈な誘導モータに直流モータと同じような制御特性を持たせようと、当社はベクトル制御の開発に踏み切りました。

ベクトル制御の誕生

1970年代はじめに、ドイツのシーメンス社が磁界オリエンテーション制御を発表し、誘導モータが直流モータと同じように制御できることを理論付けました。当社の若いエンジニアは磁界オリエンテーション制御を技術雑誌の紹介記事で知り、震撼しました。すぐに論文を取り寄せ、理論を実現する一歩を踏み出しました。

当時、高速・大電力のパワートランジスタが実用化されはじめており、先行開発していたPWMによる瞬時電流制御の適用により理論の実現が可能になりました。

しかし、ベクトル制御演算に必要なベクトルアナライザやベクトル回転器などを構成する高性能の乗除算デバイスがなく、何千という個別部品を使用して回路を設計しました。こうした苦勞の結果、理論通りの性能が発揮されることが確認でき、さらに、磁束センサを必要としないより実用的なすべり周波数制御形ベクトル制御を独自に発明し、オーム技術賞を受賞しました。この発明により、誘導モータが直流モータのように指令通り俊敏に動き、当社のベクトル制御が誕生しました。

ベクトル制御の適用

ベクトル制御ドライブの最初の適用は1978年、製鉄所の連続鋳造設備でした。有害ガスや粉じんが多く、周囲温度も

100℃と高温で、直流モータが使える環境ではありませんでした。しかし、1:40という広い速度制御範囲が必要で、誘導モータのV/f制御では実現不可能でした。それを、ベクトル制御が可能に変えたのです。速度検出器を備え、誘導モータの特長とベクトル制御の性能が発揮された第1号機 Varispeed-626TVが誕生しました。このベクトル制御ドライブはさらに適用が広がり、世界で初めての全AC化が可能でメンテ

ナンス不要の連続鋳造設備を実現し、今もなお好調に100台近いロールを駆動しています。その後、耐環境性などのことから、今は速度検出器を必要としないセンサレス制御が普及されています。

ニーズとともに成長

インバータによる誘導モータドライブは、当初単純可変速制御でしたが、ベクトル制御の適用により高性能ドライブが実用化

され、トルク制御が可能となって直流モータドライブに置き換わるまでに至り、さらにはデジタル回路やパワートランジスタ、電力変換技術の進歩によって小形化・高性能化・多機能化・高信頼性化を実現しています。最近永久磁石内蔵の同期モータドライブも製品化され、パワーエレクトロニクス機器を代表するインバータは、様々な制御技術を融合し、多くのニーズに対応して発展し続けています。

◆ 技術の進歩と今後の動向 (一般社団法人 日本電機工業会「伸びゆくインバータ」を参考に編集)

年代	1990	2000	2010	2020	
ニーズ	<ul style="list-style-type: none"> 省エネ・省力化 FA化・インテリジェント化 超低騒音化・静音化 高周波ノイズ・高調波低減 トリップレス運転 	<ul style="list-style-type: none"> 環境保護 海外規格への対応 オープンネットワークへの対応 高調波低減 低速度運転時の運転性能 メンテナンス性の向上 	<ul style="list-style-type: none"> 環境負荷物質低減 オープンネットワークへの対応拡大 ノイズフィルタの内蔵 調整レス 長寿命化、寿命診断 耐環境性向上 	<ul style="list-style-type: none"> 高効率化 化学物質規制対応 安全規格への対応 調整レス 機械寿命予測 	
デバイス	<ul style="list-style-type: none"> バイポーラパワートランジスタ IGBT 自己消弧形 モジュール化 16ビットマイコン導入 	<ul style="list-style-type: none"> 高速スイッチング化、大容量化 低損失化 IPM・複合モジュール ASICマイコン導入 DSP導入 32ビットマイコン導入 低電圧駆動による高速化 	<ul style="list-style-type: none"> トレンチIGBT 低ノイズ化 ワンチップIPM 	<ul style="list-style-type: none"> 逆阻止形IGBT ソフトスイッチング・鉛フリー化 高熱伝導レジン 	<ul style="list-style-type: none"> SiC・GaNデバイス
制御技術	<ul style="list-style-type: none"> 高周波PWMインバータ トルクブースト制御 	<ul style="list-style-type: none"> 高調波抑制技術 速度センサレスベクトル、オートチューニング、省エネ制御 汎用モータへのベクトル制御 	<ul style="list-style-type: none"> マトリクスコンバータ 自動省エネ制御、オンラインオートチューニング PMモータの制御適用 	<ul style="list-style-type: none"> PMモータオートチューニング センサレス簡易位置決め制御 	
製品動向	<ul style="list-style-type: none"> デジタル化、オールデジタル化、通信機能対応 多機能化 SMTによる小形化 プログラム運転、PI制御 	<ul style="list-style-type: none"> オープンネットワーク対応 高調波抑制、正弦波入力 CEマーキング対応 メンテナンス容易化 	<ul style="list-style-type: none"> 永久磁石同期モータドライブ、3レベル制御、プログラミング機能付き、セキュリティ機能付き フィルタ内蔵 	<ul style="list-style-type: none"> 正弦波入出力 安全規格対応 リモートメンテナンス 新形デバイスによる小形化 	

次回は、インバータの種類と特徴について学びましょう。



ロールケーキ、モータ、安川電機

この10年ほどで、北九州市小倉を中心に多くの洋菓子店で個性豊かなロールケーキが登場しているのをご存知ですか？

ロールケーキはスポンジ生地とクリームが基本ですが、スポンジ生地にチョコやカスタードを混ぜたものや、クリームに特長のあるもの、アーモンド、キャラメル風味を加えたり、果物を入れたりトッピングしてあるなどなど、お店ごとに特長があり、様々なバリエーションを楽しむことができます。

「円筒形のアレね。」とあなどることなかれ。その様々なバリエーションと奥深いおいしさ

が、多くのスイーツ愛好家を魅了しています。まるで円筒形で多様なある当社のモータのラインアップのようです。

北九州市八幡東区にある「いのちのたび博物館」の春の特別展「北九州の宝もの」に、当社最初の受注モータをはじめ長い歴史とバリエーションを持つ当社のモータを展示中です (6月16日まで)。

北九州のロールケーキ。様々なバリエーションと奥深いおいしさをお待ちしています。

