

# 次世代コイル自動巻線システムの開発

株式会社 ウエノ

代表取締役社長 上野 隆一

(株)ウエノ 上野 隆一

(株)ウエノ 海老澤 満男

## はじめに

家電製品の誤作動の原因となる電氣的ノイズを防ぐノイズ除去コイルは、エアコンやテレビ、IH調理器具、パソコンやプリンターなどの幅広い製品群に搭載されているが、0リング型のトロイダルコイルの生産では、弊社は国内40%のトップシェアを誇っている。

弊社では、労働コスト低減のために従来の手巻きから自動巻線機の開発に取り組み、2006年にエアコン用コイルの自動巻を実現し、巻線速度が飛躍的に向上した。その後も、業界からコイルの小型化、高性能化、低コスト化のニーズがあり、2011年に、次世代コイルの開発に成功した(図1)。



トロイダルコイル      次世代コイル

図1 コイルの仕様変更

新規に開発したこのコイルを量産化してコストダウンを図るために、新方式のコイルリング方法を盛り込んだ「次世代コイル自動巻線システム」を新たに開発した。

## 開発のねらい

次世代コイルでは、従来のトロイダルコイルに比べサイズ1/2以下の小型化、高周波領域でのノイズ除去性能アップ、労働コストで1/10以下の低コスト化が目標であり、そのためには巻線密度および巻線速度の向上が求められる。

弊社では、経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業の支援を受けて、小型で高性能の次世代コイルを低コストで量産するため新方式の自動巻線システム開発に取り組んだ。

## 装置の概要

従来のコイルの巻線機では、丸い断面の電線にテンションをかけて引張りながらコア(芯)に巻き取っていたが、巻線密度にバラツキがあると高周波領域のノイズ除去性能が低下する問題が生じる。一方、本業績では、巻線の密度を高めるために断面が平角の電線を採用し、送り出し成形ローラーで塑性変形させ高速で巻き取る新方式を開発した。このことにより、コイルにテンションが加わらずコイル密度も一定に保つことが可能になったため、ノイズ除去性能を飛躍的に高くすることが可能になった。

## 技術上の特徴

### <次世代コイルと他社コイルとの違い>

他社のコイルにも、次世代コイルと同様にロの字型のコアに平角電線を立てて巻き付けた形状の製品が存在するが製造プロセスが全く異なる。

他社のコイルでは、左右一對のコイル両側から2個の分割コアを挿入して、ボンドを用いて中央でコアを接着するために、1～2時間の乾燥時間を必要とするが、次世代コイルではロの字型の一体型コアに平角電線を巻きつける方式であり、コアの乾燥時間は不要となる（図2）。

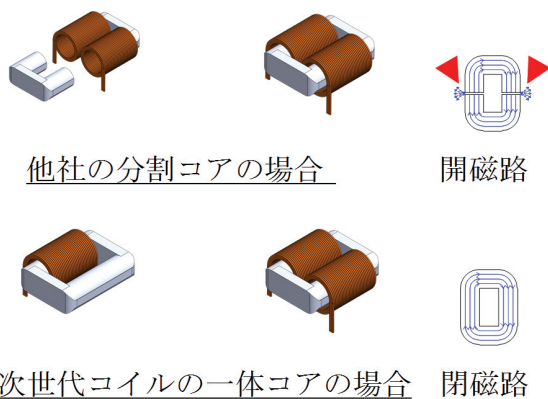


図2 コイル製造プロセスの違い

また製造時間の差だけではなく、ノイズ除去性能にも大きな違いがあり、次世代コイルは、コアが一体型であるために磁束がコアの内部を通る閉磁路であるのに対し、他社の分割コアでは開磁路になっており、接着された微小な隙間から磁束の漏れが生じる。そのため、インピーダンスの測定値を比較すると次世代コイルの方が大きくなっており、それだけデジタル信号の高周波成分におけるノイズ除去性能が高い。

### <コイル巻線方式の改善>

トロイダルコイルの巻線ロボットの場合、O型のコアに対し、ロボットアームが左から丸い断面の電線を差し込んで右に引っ張り出し、電線をつかんだまま旋回して再び左から差し込み動作を行っている。ノイズ除去コイルは、コアの両側で巻方向が異なる一對のコイルとして構成されているが、一方の巻線作業が終了すると、ロボットアームが隣の巻線機に運んで反対向きの巻線作業を行い、コイル1個を巻くのに左右合計で約45秒かかる（図3）。



図3 従来の引張巻き取り方式

一方、送り出しローラーでRをつけ、塑性加工でコイル成形する新方式では次世代コイルのロ型のコアに対し、ノズルユニットから送り出された平角電線がローラーで曲げられ、一定のRで連続的にコアに巻かれていく様子がわかります。この新方式によるコイルリング方法では電線にテンションがかからず、また、コイル密度を一定に高速で巻き上げることが可能になった。本方式では、コイル1個を巻くのに約7秒となり大幅な時間短縮を実現した（図4）。



図4 塑性変形巻き取り方式

### ＜コイル銅線断面形状の工夫＞

従来の巻線機では、丸い断面の電線にテンションをかけて引っ張りながらコアに巻きつけるため、巻線密度にバラツキが発生し、更に、電線の上に電線を重ねる巻き方では、コイル性能低下の問題がある。一方、本開発では一層巻でも巻線密度を高められるように、丸い電線に替えて断面が平角の電線（断面:0.1 mm×1 mm）を採用した。さらに、電線のテンションが一定になるようにローラーで調整し、電線のねじれや倒れもなく成形できるよう工夫した（図5）。

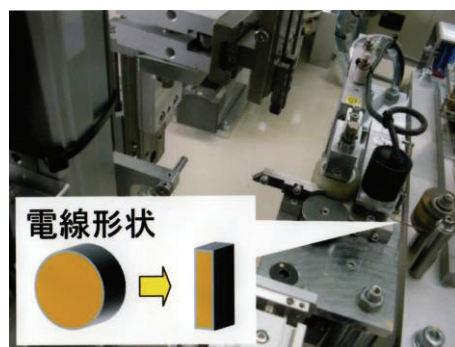


図5 コイル銅線断面形状

### 実用上の効果

次世代コイル自動巻線システムでは、巻線密度の増加と均一化によりノイズ除去性能が向上した。また、巻線速度の向上と小型化により低コスト化が図られた。さらに、巻線機のコストを半分に抑えることに成功した。現在弊社では、新方式の巻線機が海外も含めて20台が稼働している。次に、実用上の効果を数字で示す。

2本並列コア(芯)に平角コイルを垂直に立てた状態で巻く構造を採用し、主材料である銅線消費量を少なくしたデザインにより材料コストを従来タイプより20%削減を実現した。また、手

巻きから自動化を進めることにより、生産性が10倍に向上し労働コストを10分の1に削減することを達成した。

さらに、広い周波数領域において他社のトロイダルコイルより優れているため従来1枚の基板に2個必要であった電源用ノイズ除去コイルを1個の次世代コイルで置き換えることが可能となり、コイルのコストも約半分に削減することが可能になった(図6)。

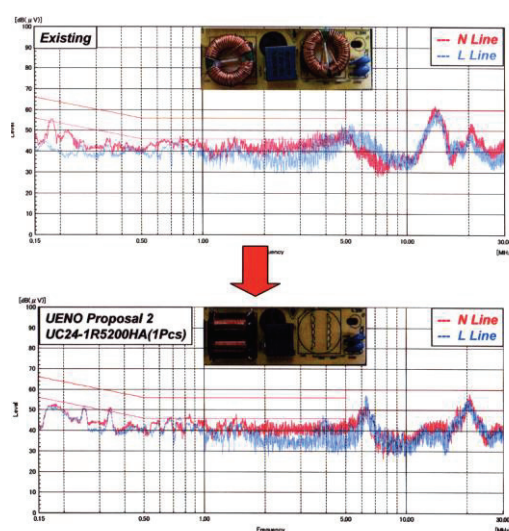


図6 コイル数の節約効果

従来の巻線機ではサイズの大きなトロイダルコイルを製造するが、電線に発生する張力や巻線密度のバラツキから、ノイズ除去性能に限界があった。巻線速度も約45秒に1個の割合でありさらなる速度向上が求められていた。また、巻線機の市販は行っていないが、1台あたり約4,000万円の制作費がかかっている。

一方、今回開発した自動巻線システムでは、電線に張力や巻線密度のバラツキの発生が少ない小型のウエノコイルを、約7秒に1個の速度で巻き上げることが可能になり、制作費も約2,000万円と従来の半分に抑えることができた。

次世代コイルでは、広い周波数領域において他社のトロイダルコイルより優れているが、特に150 kHz～20 MHzの高周波領域においてノイズ除去性能が高いことが分かる(図7)。

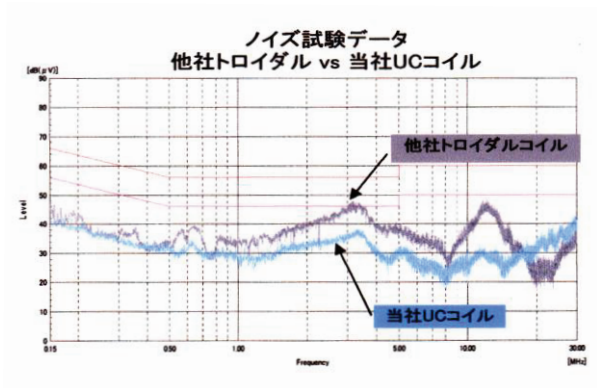


図7 ノイズ除去特性の比較

## 知的財産権の状況

弊社では、次世代コイルを全世界に販売していくため、また製造方法をノウハウで保全するため、その製造装置である自動巻線ロボットの技術は公開せず、特許は出願していない。

## むすび

本システム開発は当初より巻線のスピードにこだわった。バネ(発条)の製法にヒントを得てコイルの巻線機構を考案し、また、コアの形状を丸から四角にして巻線を行う部分の直線化を図った。巻線装置のトライを何度も重ね、ノイズ除去性能の向上と、高密度かつ高速のコイル巻線を実現した。

開発した自動巻線システムによる次世代コイルは2012年から本格生産し、12年に21,000個、13年に300万個の販売実績がある。14年度は、昨年度比7倍の年間2,000万個の生産予定であり、数年後には4,500万個生産を目指す計画になっている。

弊社は、国内シェアで40%を占め首位となるばかりでなく、海外の10ヶ国に販売し、世界市場でも約10%のシェアを誇っている。

2013年度に経済産業省の「グローバルニッチトップ(GNT)企業100選」に選定されたのを契機に海外展開を加速させ、世界シェア拡大を目指していく所存である。