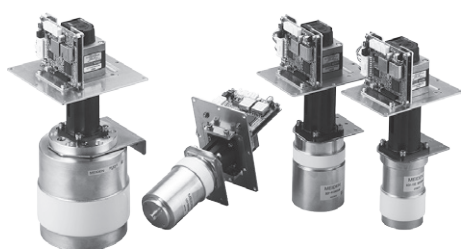


真空自動コンデンサ（オートVC）

谷水良行 Yoshiyuki Tanimizu
深井利眞 Toshimasa Fukai
林 拓実 Takumi Hayashi

キーワード 真空コンデンサ, モーター一体形, 静電容量, 高精度

概要



オートVCシリーズ

真空可変コンデンサ（VVC：Variable Vacuum Capacitor）は、電子デバイス産業の成長とともに化学気相成長法（CVD）・エッチング装置などの半導体・液晶薄膜製造装置インピーダンス整合用として用途が拡大している。その中で、更なる付加価値を高めた真空自動コンデンサ（オートVC）を開発した。真空コンデンサ（VC）駆動用モータ及び連結部を一体形とし、付属の専用コントローラで指定の静電容量を高精度で設定できるモジュールである。お客様に短時間で納入でき、また信頼性を追求した構造と専用コントローラを開発し、高精度と使いやすさを実現した。標準VVCのUWシリーズに加え、大電流VPシリーズや小形VDシリーズにも対応する。RS-232CとRS-485の通信インタフェースを準備し、簡単なコマンド入力で操作できる。2014年9月に量産を開始し、現在出荷台数1万台を突破した。

1 まえがき

従来の真空可変コンデンサ（VVC：Variable Vacuum Capacitor）の静電容量は、本体中心部にある軸を回転させて変化させていた。VVCを使用する場合は、回転駆動機構並びに周辺の構造設計が必要となる。また、VVCの静電容量可変機構は取り付け精度が重要で、これが不十分な場合は早期故障の起因となる。この重要な部分を一体化し、VVCに最適な状態としてモジュール化したものが真空自動コンデンサ（オートVC）である。本稿では、オートVCの特長やシリーズを紹介する。

や駆動、容量校正など周辺技術の開発が不可欠であり、構築までに相応の開発期間が必要となる。しかしオートVCは、静電容量の可変制御に必要なモータと絶縁カップリング、専用コントローラをモジュール化しており、煩わしい構築作業を省き、簡単に導入することができる。さらに取り付け金具や可動側導体の形状を、お客様の仕様に合わせカスタマイズできる。第1図にオートVCの構成を示す。通信インタフェースはRS-232CとRS-485を用意し、メリットの多いRS-485を標準としているが、必要に応じて選択できる。

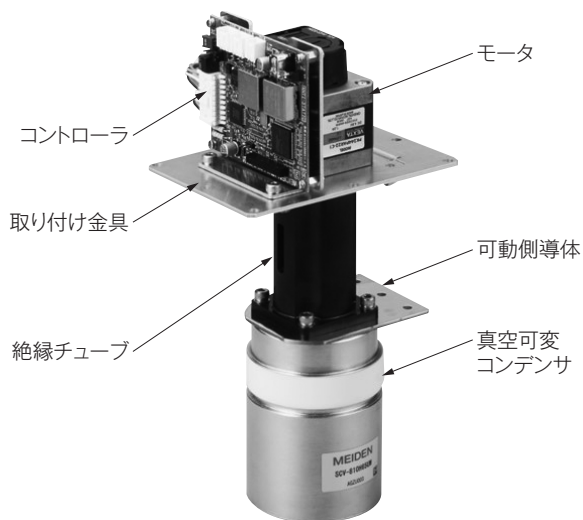
2 特長

2.1 静電容量可変機構の一体化で簡単導入

VVCを目的の装置へ搭載するには、モータ制御

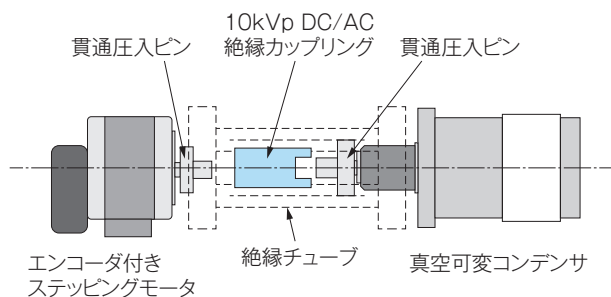
2.2 技術を結集して得た高信頼

モータとVVCの接続には構造強度・高耐電圧・アライメント精度・耐熱など多くの要求を満たす必要があり、トラブルの事例も多い。長年培ったトラブル対策をフィードバックし、各部位に検討を重ね



第 1 図 オートVCの構成

取り付け金具や可動側導体をカスタマイズできる。



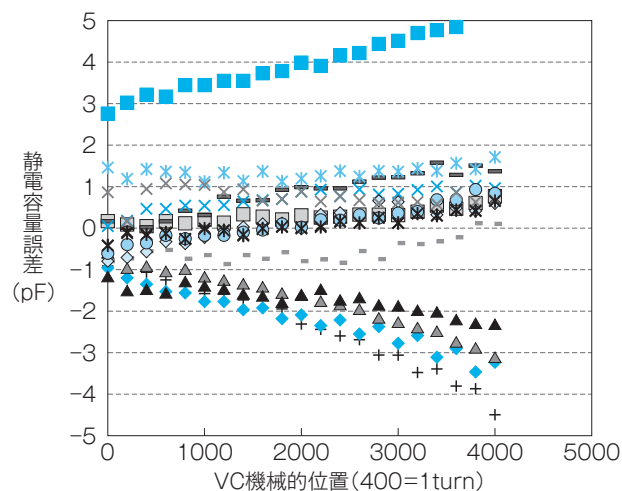
第 2 図 オートVCの構造

構造はシンプルで、要素を凝縮している。

ている。

モータは、2相ステッピングモータを採用した。第 2 図にオートVCの構造を示す。光学エンコーダを搭載し、モータ座標を常時監視（クローズドループ制御）している。不測のモータ脱調を検知して、自動的に正確な静電容量に復帰する。オートVCを装置へ固定する金具があり、専用コントローラも取り付けられているため、製品取り付けに起因するミスアライメントの解消が見込める。

また、モータ軸とVVC回転軸の連結部分にオルダムタイプのカップリング（絶縁物）を使用し、軸心のズレを吸収する構造とした。耐電圧は10kVpを許容する。外殻のチューブは絶縁物で、高じん性と難燃性を兼ね備えている。モータ及びVVC軸とカップリングの連結は、止めねじではなくピン圧入



第 3 図 機械的な設定精度

SCV-125H65UW ネジ回転位置と静電容量誤差の測定例を示す（ $n=14$ 台のバラつきを測定）。

による貫通方式を採用し、回転伝達の懸念点を排除した構造とした。モータの運転は速度をやや低速の 240min^{-1} に設定し、VVC へのストレスを軽減するように加速度を最適制御している。

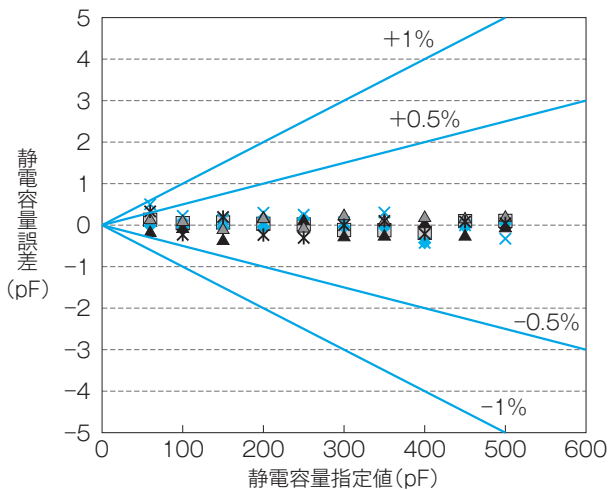
2.3 高い静電容量精度を実現する高精度

一般的にVVCの静電容量の設定には、機械的精度に起因する $\pm 5\%$ 程度の機差が生じる。第 3 図に機械的な設定精度を示す。これに対し、オートVCでは全製品に対し静電容量を測定して、付属の専用コントローラへ情報をインプットすることで個々の直線性を自動計算する。内部で算出した値を校正し、静電容量指定値 $\pm 0.5\%$ の高精度を実現した。第 4 図に自動設定を示す。このように静電容量を直接指定した高精度な可変コンデンサはほかにない。

2.4 静電容量を簡単にセットできる使い易さ

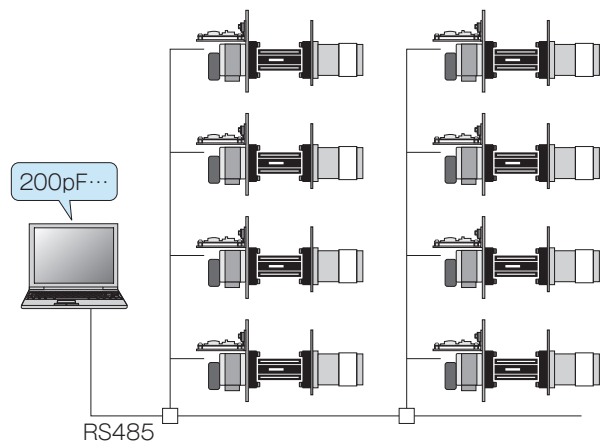
モータ制御に用いる専用コントローラを開発した。DC24V 電源と RS-232C/485 コンバータの準備のみで専用ソフトは不要である。Tera Term などの標準ソフトで接続でき、簡単に操作できる。PC とオートVCを RS-485 で接続し、シリアル通信でコマンドを与えることで、オートVCの静電容量を設定できる。

また、RS-485 インタフェースを搭載し、ネット



第4図 自動設定

静電容量をオートVCで自動セットした場合の静電容量誤差の測定例を示す（同じサンプル）。



第5図 オートVCのネットワーク

オートVCのネットワークを示す（最大16台）。

ワーク機能を持つ。1端末で最大16台までのオートVCの静電容量をコントロールできる。第5図にオートVCのネットワークを示す。RS-232Cは、カスケード接続によって最大4台まで接続できる。

3 シリーズ化

オートVCの標準UWシリーズ・大電流VPシリーズ・小形化VDシリーズの3種は、既にオートVCの標準に対応している。第1表にオートVCのシリーズ仕様を示す。

第1表 オートVCのシリーズ仕様

オートVCの仕様を示す。

VVCシリーズ	小形	標準	大電流
	VD45/55	UW55/65	VP65 ~ VP130
回転トルク	0.15N・m	0.18N・m	
制御回転数	9回転	10回転	13.5回転
モータ ステップ数	3600step	4000step	5400step
モータ	2相モータ（エンコーダ付き）		
モータ速度	240min ⁻¹		
モータ分解能	400step/回転		
インタフェース	RS-485/RS-232C		
コントローラ	専用コントローラ		
通信速度	9600bps		
コントローラ電源	DC24V（1A）		
静電容量 指定精度	±0.5%以下		

VPシリーズは製品内部の二重ベローズ構造で低トルクかつ同一トルクであるため、使用するモータが全て同一で対応でき、標準化が容易である。

4 今後の取り組み

当社の全VVCをオートVC対応にすることを目標としている。

さらに付加価値の高い製品として、EtherCATを搭載したフィールドネットワークへの接続を開発中である。大量の入力/出力点数が扱えること、超高速で確実な伝達ができること、そして何よりもリアルタイム性が保証されていることを利用した完全フルオートメーション化が図れるシステムの構築を目指す。

5 むすび

VVC本体と付帯装置を一体化したことで、真空自動コンデンサ（オートVC）を開発した。今後は、更に利便性を向上した製品の開発に取り組む所存である。

なお、本製品の開発にあたり多大なご協力をいただいている関係者の皆様に深く感謝の意を表する次第である。

- ・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



谷水良行
Yoshiyuki Tanimizu
電子機器工場
真空コンデンサの設計・開発に従事



深井利真
Toshimasa Fukai
電子機器工場
真空コンデンサ・エックス線管の設計・開発に従事



林 拓実
Takumi Hayashi
電子機器工場
真空コンデンサの設計・開発に従事
