

# 三相 BLDC モータ制御内蔵 SIM262xM シリーズの製品開発

## Development of 3Phase BLDC Motor Controller SIM262xM Series

西嶋 哲也\*  
Tetsuya Nishijima

**概要** 業務用エアコン等に使用される中容量の高圧三相BLDCモータが、モータ構造をIPMモータに変更し小型で高効率になっている。これにともない、モータ制御機能の変更が容易な制御入りモータ制御ICの要求が高まっている。市場の要求に対応するためには、モータの極数を8極から10極への置換えや過電圧保護検出の対応、回転方向指令の切替えなどの機能を備える必要がある。従来品からの設計変更により、市場のターゲットコストを実現できるセンサー付き正弦波変調方式を搭載したモータ制御ICを開発したので報告する。

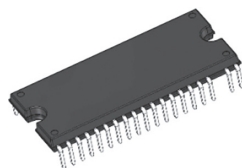
### 1. まえがき

グローバル市場で様々な装置に高圧三相ブラシレスDC (Brush-Less DC, 以後BLDC) モータが使用されており、エアコンのファンモータをはじめ、給水用ウォータポンプなどBLDCモータ制御機能を搭載したモータ制御ICの需要が堅調である。市場規模では、小型で高効率のモータが主流ではあるが、近年業務用エアコン向けの中容量モータを駆動するモータ制御ICの需要が増えてきている。当社はこれまで、制御チップ、ドライバチップ、パワー素子に加えブートストラップダイオードを1パッケージにしたDIP型のモータ制御ICを開発し提供してきた<sup>(1)</sup>。顧客からの機能拡張の要望に応え、従来製品に機能を追加した高効率で低騒音なモータ制御ICを開発した。

### 2. 業務用エアコン用モータ制御ICの開発

東南アジアでは、業務用エアコンのファンモータ制御向けICとして耐圧600Vで2.5A以上の電流定格が必要とされる、いわゆる100ワット級の中容量BLDCモータの駆動能力を持つモータ制御ICが要求される。特に南アジアでは電力供給が不安定で、交流電圧の変動が大きいため過電圧検出保護機能が必要である。しかしながら、モータ制御機能を搭載した1パッケージのモータ制御

ICの場合、入出力ピンに限りがあるため、従来品に搭載されていたFO (Failure Output) 端子を削除し、過電圧状態を検知するOVP (Over Voltage Protection) 端子に置き換えることにより実現した。ユーザはFO端子が無くとも、保護状態になった場合は自動でモータ駆動が停止されるため、モータの停止状態をFG (Frequency Generate) 端子から出力される信号で検知できる。また、モータ制御用に必要な各種機能設定は、電源投入時に設定可能なIS (Initial Setting) 端子で従来品同様にアナログ入力電圧によって設定可能である。



DIP40  
サイズ：36.0 × 14.8 × 4.0mm

図1 外形図

- ◆製品ラインアップと定格  
SIM2621M (600V, 2.5A, MOSFET  $R_{DS(on)} = 2.5 \Omega \text{ Max}$ )  
SIM2622M (600V, 5A, IGBT + FRD  $V_{sat}(\text{typ}) = 1.75\text{V}$ )
- ◆低騒音, 高効率 (正弦電流波形)
- ◆部品点数削減  
BootStrap ダイオード内蔵, Hall 素子入力対応,  
8極/10極モータ対応
- ◆外部信号で最適な設定が可能  
回転速度指令 (VSP 端子), LA 端子による演算進角機能,  
回転方向指令の常時読込
- ◆様々な保護検知が可能  
電源電圧低下保護 (UVLO : VREG, VBx, VCC 端子電圧)  
過電流制限 (OCL), 過電流保護 (OCP), 過電圧 (OVP)  
過熱保護 (TSD), MLP 保護 (Motor Lock Protection),  
逆回転検出, Hall 信号異常検出

図2 SIM262xM の特長

\* 技術開発本部 パワーデバイス開発統括部  
システム開発部 モータ制御開発課

## 2.1. 開発製品の特長

SIM262xMの特長を図2に示す。10極BLDCモータ使用時でも8極相当のFG信号を出力するモータ8極10極両対応機能を備える。この機能により、従来の8極BLDCモータのシステムを変更することなく10極BLDCモータへの置換が可能である。通常、10極モータに置き換えた場合は、システム構成の変更が必要だが、本開発品であればIS端子の機能設定を変更するのみで対応できるため、追加費用なしでスムーズに高効率なシステムへ移行できる。詳細は3.3項で説明する。また、従来品ではVCC電源リセットが必要だった回転方向指令入力を常時変更可能とし、利便性を高めた。

表1に製品の代表的なモータ制御仕様を示す。モータの回転速度指令はモータ制御ICのVSP端子にアナログ電圧で設定する。アナログ入力範囲の最小値を従来の1.0Vから0.5Vへ下げ設定範囲を広げ、業務用換気扇への適用を可能にしている。換気扇は、停止、微風、弱風、中風、強風の風量設定の要求があり、省エネで連続運転とする微風モードに対応するためである。

表1 モータ制御仕様

内容	SIM262xM
回転速度指令	VSP端子：入力範囲2.1～5.4Vまたは、0.5～5.4V (IS3で設定)
起動特性	始動～1.0Hz：180度通電駆動 1.0Hz～：正弦波通電駆動
各種設定機能	IS1, 2, 3各端子に0～VREG範囲の8段階で各種機能選択が可能
回転パルス出力 (FG)	Hall入力信号に基づき回転パルスを出力(1 or 3 Pulse)、8極/10極変換機能および、Hall-U, V, Wのばらつき補償有
回転方向指令	常時変更可能 (モータ周波数1.0Hz以下でかつ、VSP端子<0.5V時)

## 2.2. 開発製品の機能ブロック

SIM2622Mの内部ブロック図を図3に示す。初期設定端子IS1, 2, 3とLA (Lead Angle) 端子, VSP端子は内臓のADC変換器で読み込み、VCCのリセット後IS1, 2, 3端子の初期設定状態を読み込みモータ制御パラメータの変更が可能である。外部進角モードが選択された場合は、VSP, IS3, LA端子の順に毎回読み込まれるが、回転方向指令の更新は、VSP端子入力0.5V以下でかつ、モータ周波数が1.0Hz以下のときのみ有効である。

これは、安全に回転方向を変更するための仕様となっている。

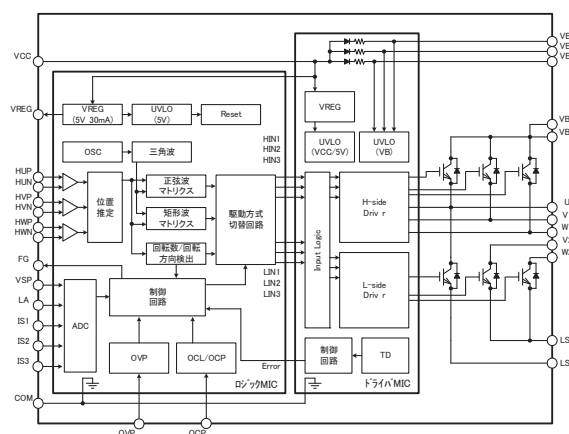


図3 SIM2622M ブロック図 (IGBT版)

## 3. 機能追加と信頼性向上

### 3.1. IS端子とモータ制御パラメータ

モータ制御入りIPM製品は、外部とのインターフェイス用の端子数が限定されるため、機能設定の有効・無効の選択を可能にするロジック入力の代わりにアナログ入力電圧で設定を可能にしている。アナログ入力の分解能を8段階にすることで1つの端子に3種類の機能の割付けが可能なIS端子を3つ備え、電源投入時に初期設定端子としてモータ制御にかかわる機能選択を実現している。機能設定例として、IS3を用いて説明する(表2)。

表2 IS3端子設定内容

No.	IS3端子電圧	回転方向	VSP入力範囲	MLP保護
0	0～1/8Vreg	CW	2.1V～5.4V	Enable
1	1/8～2/8Vreg	CW	2.1V～5.4V	Disable
2	2/8～3/8Vreg	CW	0.5V～5.4V	Enable
3	3/8～4/8Vreg	CW	0.5V～5.4V	Disable
4	4/8～5/8Vreg	CCW	0.5V～5.4V	Disable
5	5/8～6/8Vreg	CCW	0.5V～5.4V	Enable
6	6/8～7/8Vreg	CCW	2.1V～5.4V	Disable
7	7/8～8/8Vreg	CCW	2.1V～5.4V	Enable

回転方向、VSP端子入力範囲、およびMLP保護機能のうち、設定の頻度が高いものを表2の左側に割り当て、他の2つはアプリケーションによる依存性が高い設定の順に並べている。例えば、モータ回転時の周波数を確認するための信号 (FG : Frequency Generator) や、回転方向指令 (CW/CCW : Clockwise/Counter clockwise) 等は左側に割り当てている。これにより、VSP端子の入力範囲、MLP保護機能の設定を初期設定のまま利用可能な場合は、IS3端子のアナログ設定は0[V]とVREG[V]を切替えることで回転方向を変更できる。つまり、マイコン等のデジタルI/O端子の出力をIS端子に接続し、On/Off信号で回転方向指令が変更可能である。

### 3.2. 起動時180度変調方式

BLDCモータの中でも、永久磁石をローター内部に埋め込む構造となっているIPM：Interior Permanent Magnetモータの場合、モータ効率アップと共に小型化できるため採用される機器が増えてきている<sup>(2)</sup>。その中でもスポークモータの構造を持つIPMモータを起動する場合には、従来の120度変調方式では電流の無通電区間によって起動時の音鳴りが発生することが課題となっている。本開発品ではこの対策として120度の無通電区間を補間した180度変調で起動する方式を採用し、無通電区間を無くすことで音鳴りの改善が期待できる。

### 3.3. FG出力信号とモータ回転揺らぎ

本開発品のFG出力演算ブロックを図4に示す。使用するBLDCモータの極数が8極と10極の両方に対応できるモータ制御ICであり、IS1端子の電圧設定で使用するモータの極数に合わせて設定可能である。通常10極モータの周波数パルス出力はモータが一回転したときに15Pulse出力され、8極モータの場合は12Pulse出力されるため、8極モータから10極モータへ置き換えた場合、モータの回転状態を示すFG端子からのパルス出力を12/15Pulse変換して出力している。また、Hall素子の配置ずれがある場合、実際のモータ回転数と異なって出力されるという課題があり、本開発品ではHall信号のずれを補正したパルスをFG端子から出力している。

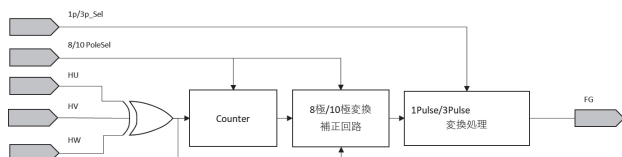


図4 FG出力演算

補正演算の妥当性を検証した結果を図5に示す。検証方法は、Hall信号を外部で作成し、V相にオフセットを加えたものを、制御用のHall信号入力に与えて実施した。オフセットが無い場合と同様の周波数であることが確認できた。また、本製品では、回転方向の常時読込を可能とし、VCCのリセットをおこなわずにモータの回転方向を変更できる。回転方向の変更は、アナログ入力端子であるIS3端子で設定できるが、ADCは1Unitであるため、IS3(CW/CCW)、VSPおよびLA端子の3ch分を順番に変換する必要があるため、従来に比べVSP端子の読込みタイミングが間引かれてしまう。本開発品において、VSP端子の設定値の読込みがモータの回転数への影響がないことを検証した。図6は、従来方式と本開発品とのモータ回転の変動をサンプリングしたものであ

る。モータの回転数はHall信号(U, V, W)から得られた3倍の周波数を直接測定し、定格負荷状態におけるモータ回転数を算出した結果である。

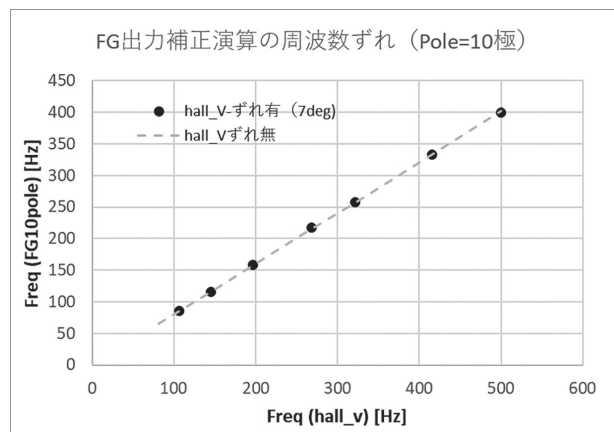


図5 FG出力信号と周波数ずれ

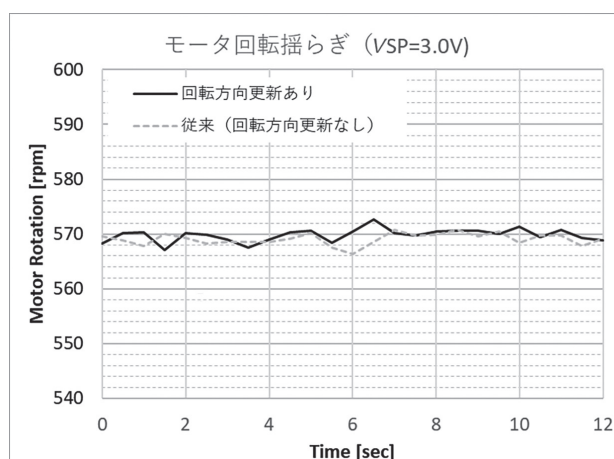


図6 モータ回転揺らぎ

### 3.4. 進角の自動調整

市場の省エネ要求に応えるため、BLDCモータの効率向上のためにモータ構造の多様化が進み、モータ制御ICに対してもモータ効率に影響する、進角量の調整方法も多様化している。モータ回転数に適した電流位相を細かく設定できる手法を小型モータ用制御ドライバで実現している<sup>(1)</sup>。本開発品においても、同様にVSP端子と連動した演算進角制御が可能である。これにより、VSP端子の入力範囲に対してLA端子に入力された電圧値を係数とした最適な進角量の調整により、様々なBLDCモータに対しても効率改善が期待できる。

## 4. 製品ラインアップ

600V耐圧の2.5A定格(SJ-MOS)と5.0A定格(APT-IGBT, FRD)の2製品を開発した。これらのパワー素子は既に量産実績があり、これらを駆動するドライブチップは

SG5HVからSG7.5HVにプロセスを変更することにより、Cuワイヤー化とともにプロセス工程削減がおこなえる。また、ドライブチップからパワー素子への配線用ジャンパーチップを6inch化することによるコストダウン効果と、制御チップは従来と同一プロセス、同一サイズで機能追加を実現した。これらのチップを40pinのSIMパッケージに搭載したモータ制御IC(図1)として、市場で競争力のある製品を開発した。

## 5. むすび

業務用エアコン、業務用換気扇や給水用ウォータポンプなど、BLDCモータの小型化にともない、今後中容量モータを駆動できる制御入りモータ制御ICの需要が増

えていくと予想される。本開発品であるSIM262xMシリーズには、これまで市場で認められた小容量モータドライバ用SXシリーズの機能を伝承しつつ、起動時180度変調方式を採用した初の製品であり、市場要求コストに応えるための、コストエフェクティブな機能を搭載した。ひきつづき、市場ニーズにマッチしたソリューションを提供していく。

## 参考資料

- (1) 新製品紹介「制御内蔵高圧三相モータドライバIC (SIM2602M)」  
サンケン技報 Vol.51, P-69 (2019)
- (2) 吉田「Spoke モータ向け音鳴り対策制御 IC の開発」, サンケン技報 Vol. 54, P13-16 (2022)