

コンバータ・インバータ・ブレーキ内蔵の オールインワンタイプ“DIIPM+シリーズ”

山口公輔*
田中智典*
中川信也*

All-in-one Type "DIIPM+ Series" with Built-in Converter, Inverter and Brake

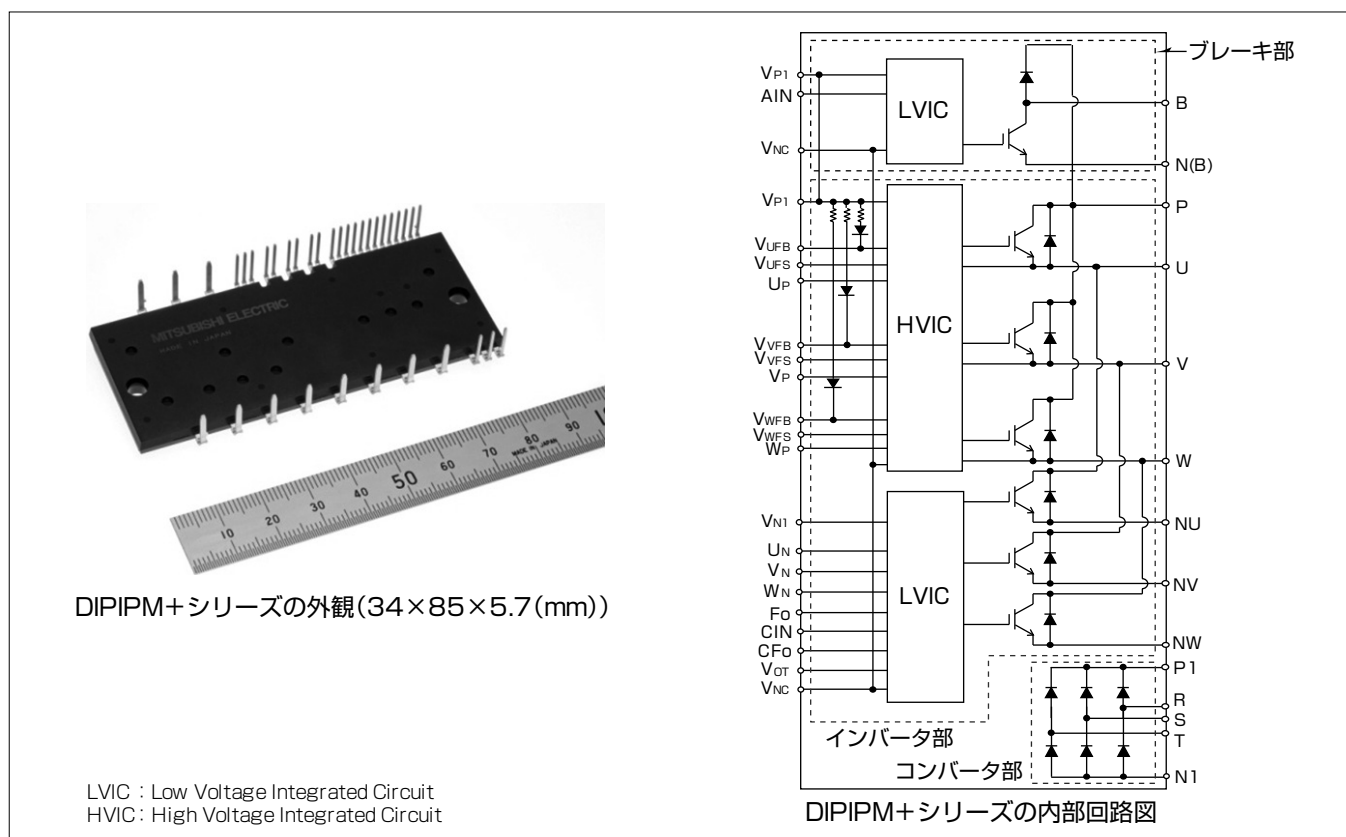
Kosuke Yamaguchi, Tomofumi Tanaka, Shinya Nakagawa

要旨

近年、世界的な地球環境保護の意識が高まる中、省エネルギー化・高機能化を目的としたモータ駆動システムのインバータ化が民生機器から産業機器まで幅広く進展している。三菱電機のDIIPM(Dual In-line Package Intelligent Power Module)はパワーチップと駆動ICチップを内蔵したトランスファーモールド構造のIPMであり、省エネルギー化・高機能化を実現できるキーデバイスとして、インバータ駆動用に多く採用されている。業務用エアコンなどのコンプレッサ、汎用インバータなどの小容量産業用モータ駆動用としては、2008年から第5世代IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を搭載した“大型DIIPM Ver.4シリーズ”、2015年からは第6世代IGBT

を搭載した大型“DIIPM Ver.6シリーズ”を製品化し、インバータシステムの小型化に貢献してきた。

今回、インバータシステムの更なる小型化・設計負荷低減をコンセプトとし、インバータ回路と駆動ICを内蔵した従来のDIIPMに、新たに三相コンバータ及びブレーキ回路を1パッケージに集約した製品“DIIPM+シリーズ”を開発した。モータ駆動用のインバータシステムとして必要なパワー部主回路を全て内蔵したオールインワン構成としたことで、インバータシステムの小型化、外付け部品削減による直材費低減、また端子配列の最適化による基板設計の大幅な簡素化を可能にした。



“DIIPM+シリーズ”の外観及び内部回路図

DIIPM+シリーズはIGBT×6素子、FWD(Free Wheeling Diode)×6素子によるインバータ回路と、それらを駆動するHVIC、LVIC及びBSD(Boot Strap Diode)×3素子とブレーキ回路、三相コンバータ回路によって構成している。

1. ま え が き⁽¹⁾

当社は業界に先駆け、パワーチップと駆動用ICを同一パッケージに内蔵したトランスファーモールド構造のDIIPMを1997年から製品化し、エアコン、冷蔵庫、洗濯機等の白物家電用途からパッケージエアコンや小容量モータ駆動用としての産業機器用途に幅広く採用されている。

今回、インバータシステムの更なる小型化・設計負荷低減をコンセプトとし、インバータ回路と駆動ICを内蔵した従来のDIIPMに、新たに三相コンバータ及びブレーキ回路を内蔵したオールインワンタイプのDIIPM+シリーズを開発した。

本稿では、DIIPM+シリーズの機能、特長、性能等について述べる。

2. DIIPM+シリーズの機能

DIIPM+の主回路は三相AC出力インバータ、ブレーキ、三相コンバータで構成される。表1にDIIPM+シリーズのラインアップを、図1に内部回路図、図2にDIIPM+を用いたシステムイメージ図をそれぞれ示す。

2.1 インバータ

2.1.1 パワー部

IGBT(6素子)及びダイオード(6素子)によって、三相AC出力インバータ回路を構成している。

2.1.2 制御部

HVIC(1素子)は、P側IGBT用駆動回路、高圧レベルシフト回路、制御電源電圧低下(UV)保護回路(エラー出力なし)を内蔵している。また、P側三相分を1チップ化して端子数を削減、端子配列の最適化で制御パターンの引き回しを容易にした。

LVIC(1素子)は、N側IGBT用駆動回路、制御電源電圧低下(UV)保護回路、短絡(SC)保護回路を内蔵している。短絡電流保護は、外部接続シャント抵抗で過電流を検出し、LVICにフィードバックしてIGBTを遮断する。制御電源電圧低下保護回路と、短絡電流保護回路の動作時はエラー信号を出力する。また、IPMの温度情報として、モジュール内部温度をアナログ信号で出力する機能を搭

載している。

BSD(3素子)は、ブートストラップ回路のダイオード(電流制限抵抗付き)を内蔵している。ブートストラップ回路を使用することで、単電源駆動が可能となる。

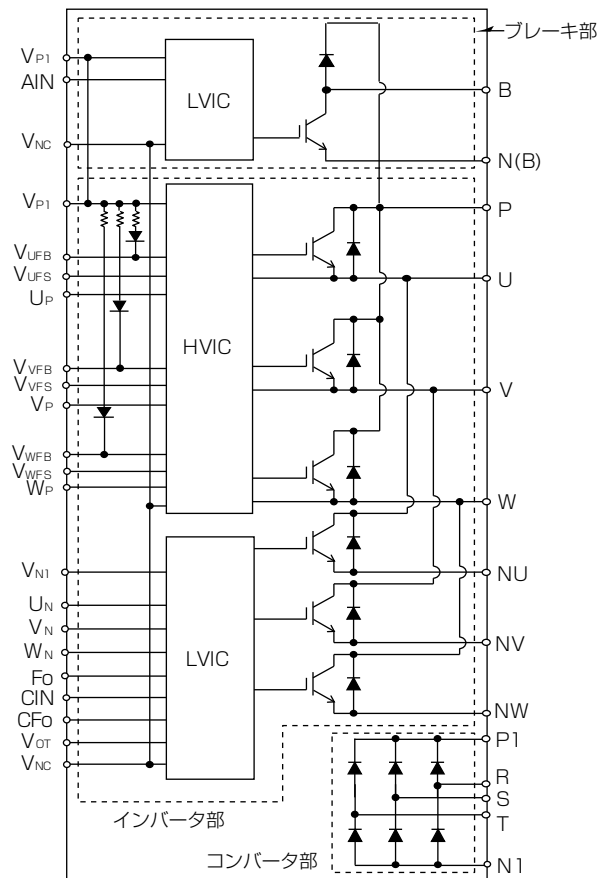


図1. 内部回路図

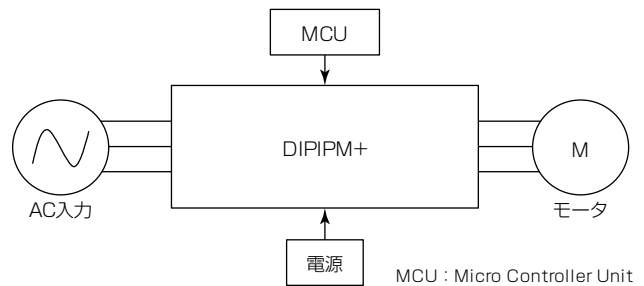


図2. システムイメージ図

表1. DIIPM+シリーズのラインアップ

形名	PSS05 MC1FT/ NC1FT ^(注1)	PSS10 MC1FT/ NC1FT ^(注1)	PSS15 MC1FT/ NC1FT ^(注1)	PSS25 MC1FT/ NC1FT ^(注1)	PSS35 MC1FT/ NC1FT ^(注1)	PSS50 MC1F6/ NC1F6 ^(注1)
定格	5A/1,200V	10A/1,200V	15A/1,200V	25A/1,200V	35A/1,200V	50A/600V
用途	業務用エアコン・大型エアコンなどのコンプレッサ及びファンモータのインバータ制御用サーボ及び汎用インバータなどの小容量産業用モータ駆動					
主回路構成	三相AC出力インバータ回路, 三相コンバータ回路, ブレーキ回路					
内蔵機能	インバータ部					
	-P側IGBT用: 駆動回路, 高圧レベルシフト回路, 制御電源電圧低下保護回路(エラー出力なし), 単電源駆動用ブートストラップ方式					
	-N側IGBT用: 駆動回路, 制御電源電圧低下保護回路, 短絡電流保護回路(外部接続シャント抵抗による)					
	-Fo出力: N側IGBT用短絡保護回路動作時と制御電源電圧低下保護回路動作時にエラー(Fo)出力					
-LVIC温度アナログ出力(VOT)						
ブレーキ部						
-IGBT用: 駆動回路, 制御電源電圧低下保護回路(エラー出力なし)						

(注1) ブレーキ回路非搭載

2.2 ブレーキ

ブレーキは、IGBT(1素子)、ダイオード(1素子)とIGBT駆動用LVIC(1素子)を搭載している。LVICは制御電源電圧低下(UV)保護回路(エラー出力なし)を内蔵している。

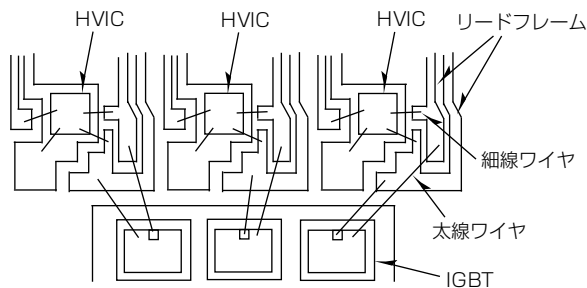
2.3 コンバータ

コンバータは、ダイオード(6素子)によって三相コンバータ回路を構成している。

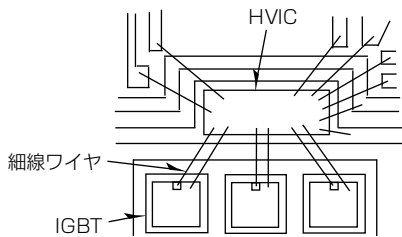
3. DIPIPM+シリーズの特長

3.1 オールインワン構成

DIPIPM+シリーズで、パワー部は新しく開発したCSTBT(電荷蓄積型トレンチIGBT)での性能改善によって搭載エリアを縮小した。さらに、従来の大型DIPIPM Ver.4シリーズ⁽²⁾では駆動ICとIGBTはリードフレームを介して、それぞれ細線ワイヤ、太線ワイヤで接続していたが、このシリーズではP側IGBT駆動用の駆動IC(HVIC)三相分を1チップ化し、内部パターンレイアウトや成型時の樹脂流動を最適化することによって、大型パッケージでは実現できなかった駆動ICとIGBT間を細線ワイヤでダイレクトに接続することを可能とし、制御部の小型化を実現した(図3)。

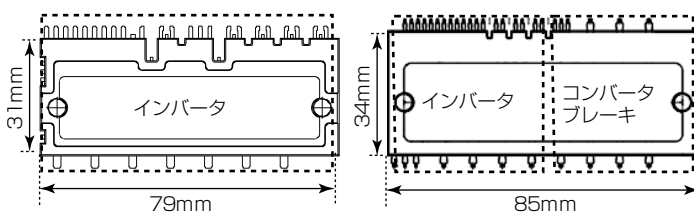


(a) 大型DIPIPM Ver.4



(b) DIPIPM+

図3. 内部図



(a) 大型DIPIPM Ver.4

(b) DIPIPM+

図4. 外形図

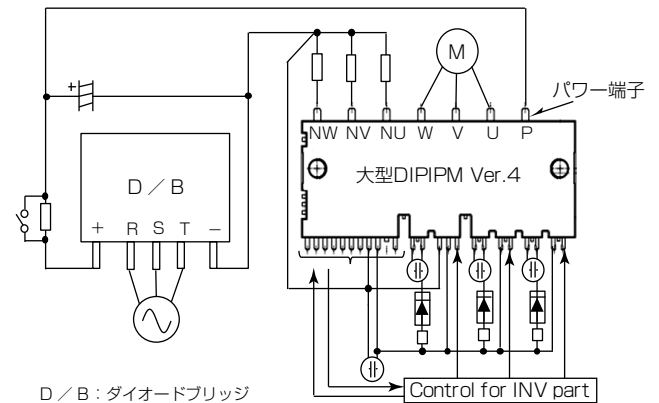
これらの技術改善によって、従来の大型DIPIPMと比較して、インバータ部の面積を約25%低減し、最適レイアウトしたコンバータ、ブレーキ部を含めたオールインワン構成を実現した(図4)。

3.2 設計の容易性

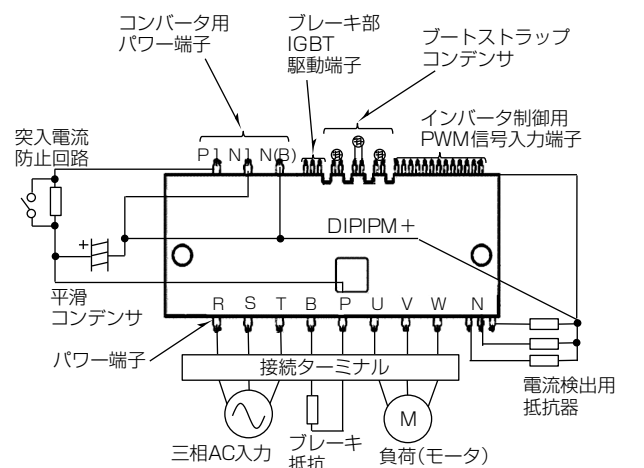
図5に大型DIPIPM Ver.4とDIPIPM+の基板レイアウト例を示す。このシリーズでは端子配列の最適化及びBSD内蔵によって、配線の引き回しを容易にし、基板面積縮小を可能とした。

三相AC入力、モータ出力などの入出力パワー端子と制御用低圧部端子が分離している。これによって基板の各配線パターンが相互干渉しないシンプルな配線設計ができる。また、BSDを内蔵しているため、ブートストラップコンデンサを接続するだけで単電源駆動ができ、部品数削減及び配線簡素化による基板面積縮小が可能となる。

図5(b)のパワー端子の三相入力端子(R, S, T), ブレーキ抵抗接続端子(B, P), 出力端子(U, V, W)を1列に並べることで配線の交差がなく、インバータ機器の接続ターミナルに直結することができ、配線簡素化による基板面積縮小や配線で発生するサージ電圧の低減、発生ノイズ



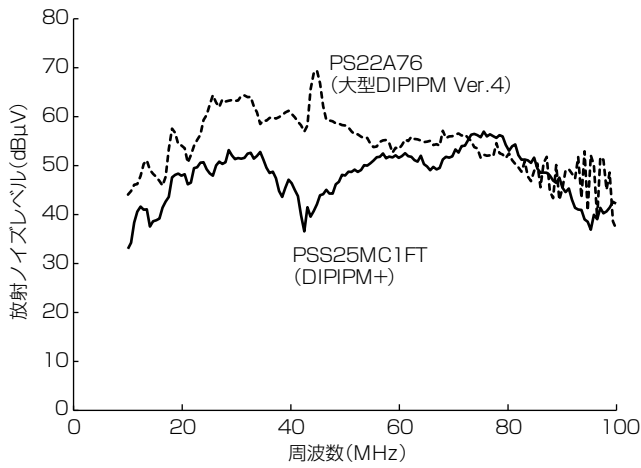
(a) 大型DIPIPM Ver.4使用時の配線イメージ



(b) DIPIPM+使用時の配線イメージ

図5. 基板レイアウト例

PWM : Pulse Width Modulation



(条件: $T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{cc}=600\text{V}$, $f_c=5\text{kHz}$, $I_o=2.5\text{Arms}$)

図6. 各周波数帯域における放射ノイズ(当社評価例)

の低減につながる。

各配線の簡素化、短縮化による配線インダクタンスや容量の低減と合わせて、このシリーズでは従来製品からIGBTのスイッチング速度を低速に調整しており、ノイズフィルタ回路の削減も期待できる。図6に各周波数帯域における放射ノイズを示す。なお、このシリーズでは従来の最大動作ケース温度を 100°C から 110°C へ拡大することで、放熱設計の自由度も向上させている。

これによって、部品取り込みの直材費低減、基板小型化による効果だけでなく、ユーザーの設計・評価期間を大幅に短縮することが可能となる。

4. DIPIPM+シリーズの性能、特性

表2にDIPIPM+シリーズの代表品種PSS25MC1FT (25A/1,200V)の主要電気的特性を示す。

このシリーズでは、薄ウェーハ化及び微細セル構造によって性能を改善した新開発のIGBTを採用することで、従来の大型DIPIPM Ver.4シリーズと比較して定格電流時における飽和電圧 V_{CEsat} を約18%低減した。図7に代表例として、PSS25MC1FT(25A/1,200V)と同じ定格電流である大型DIPIPM Ver.4 PS22A76(25A/1,200V)のコレクタ電流 I_c -飽和電圧 V_{CEsat} 特性($T_j=125^\circ\text{C}$)を示す。飽和電圧の低減によってDIPIPM+は、従来の大型DIPIPM Ver.4に対して、出力電流 $I_o=25\text{A}$ ピーク時におけるIGBT 1素子当たりの損失を約10%改善した(注2)。

(注2) 条件: $T_j=125^\circ\text{C}$, $V_{cc}=600\text{V}$, $P.F=0.8$, $f_c=5\text{kHz}$, 三相正弦波出力

5. むすび

今回開発し、製品化したDIPIPM+シリーズの機能、特長、性能等について述べた。今後も幅広い市場ニーズに応えられる製品開発を続け、インバータシステムの進化に貢献していく。

表2. PSS25MC1FT (25A/1,200V)の主要電気的特性

(a) インバータ部

項目	条件	最小値	標準値	最大値	単位	
V_{CEsat}	$V_D=V_{DB}=15\text{V}$, $V_{IN}=5\text{V}$, $I_c=25\text{A}$	$T_j=25^\circ\text{C}$	-	1.50	2.20	V
		$T_j=125^\circ\text{C}$	-	1.80	2.45	
V_{EC}	$T_j=25^\circ\text{C}$, $-I_c=25\text{A}$	-	2.40	3.10	V	
t_{on}	$T_j=125^\circ\text{C}$, $V_{cc}=600\text{V}$, $V_D=V_{DB}=15\text{V}$, $V_{IN}=0\sim 5\text{V}$, $I_c=25\text{A}$, 誘導負荷(上-下アーム)	-	1.10	1.90	2.60	μs
t_{off}		-	2.80	3.80		
$t_{c(on)}$		-	0.60	0.90		
$t_{c(off)}$		-	0.50	0.90		
t_{rr}		-	0.60	-		

(b) コンバータ部

項目	条件	最小値	標準値	最大値	単位
I_{RRM}	$V_R=V_{RRM}$, $T_j=125^\circ\text{C}$	-	-	7.0	mA
V_F	$T_j=25^\circ\text{C}$, $I_F=25\text{A}$	-	1.1	1.4	V

(c) プレーキ部

項目	条件	最小値	標準値	最大値	単位	
V_{CEsat}	$V_D=V_{DB}=15\text{V}$, $V_{IN}=5\text{V}$, $I_c=15\text{A}$	$T_j=25^\circ\text{C}$	-	1.50	2.20	V
		$T_j=125^\circ\text{C}$	-	1.80	2.45	
V_F	$T_j=25^\circ\text{C}$, $I_F=15\text{A}$	-	2.20	2.80	V	
t_{on}	$T_j=125^\circ\text{C}$, $V_{cc}=600\text{V}$, $V_D=V_{DB}=15\text{V}$, $V_{IN}=0\sim 5\text{V}$, $I_c=15\text{A}$, 誘導負荷	-	1.10	1.90	2.60	μs
t_{off}		-	2.60	3.60		
$t_{c(on)}$		-	0.65	1.00		
$t_{c(off)}$		-	0.40	0.95		
t_{rr}		-	0.65	-		

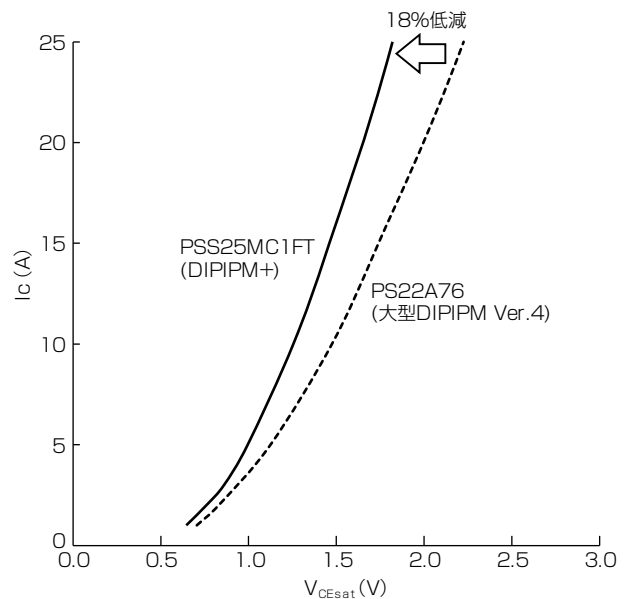


図7. コレクタ電流 I_c -飽和電圧 V_{CEsat} 特性(25A品)

参考文献

- (1) Yamaguchi, K., et al.: A New Version Transfer Mold-Type DIPIPMTMs with built-in Converter and Brake function, PCIM Asia 2015, 272~276 (2015)
- (2) 白石卓也, ほか: 1,200V大型DIPIPM“Ver.4シリーズ”, 三菱電機技報, **84**, No.4, 251~254 (2010)