

**mitsubishi**

**S-DASHシリーズ IPM  
アプリケーション ノート**

目次

1. S-DASH I PMのコンセプト
2. 形名とロットナンバーの読み方
3. 交流モーター制御への応用 インバータ定格対応表
4. 形名選定と熱設計
5. 制御側インターフェイス
  - 周辺回路と端子構造
  - フォトカプラ
  - 制御端子
6. 制御電源
7. フォールト(F o)信号
  - 種類 OC / SC / OT / UV
  - F o 出力時の処理
  - 出力条件とタイミングチャート
8. I P Mと放熱フィンの平面度
9. その他の注意事項
10. 付録
  - システム接続図
  - 内部構造&ブロック図

# S-DASH IPMのコンセプト

## 1. S-DASH IPMのコンセプト

### ■ IPMのメリット

IPMは、三菱電機が最初に開発・量産して以来、その有用性を認めていただきパワーデバイスの1分野を占めるようになり、さらに複数のメーカーから同様のコンセプトの製品が表れるまでに成長しています。

このアプリケーションで紹介するS-DASHシリーズIPMのメリットを以下に示します。

#### 低損失

- 1 第4世代1 $\mu$ ルールIGBTチップを採用しているため、低損失です。  
放熱フィンやファン容量を小型化できます。

#### 開発工程を短縮

- 2 IGBTゲート駆動回路を内蔵しています。  
制御電源は+15Vのみ(逆バイアス電源不要)なので、周辺回路を容易に設計できます。
- 3 異常検出と保護回路(過電流・短絡電流・過熱・制御電源電圧)を内蔵しています。  
このため、従来のように設計>>試作>>評価>>再設計のループを何回も繰り返す作業を削減します。  
静電対策不要
- 4 バイポーラTTLと同等に取り扱うことができます。IGBTモジュールに対する対策は不要です。  
共通の入力インターフェイス
- 5 制御入力・F $\circ$ 出力の回路は、共通の定数で設計できます。  
ラインアップ共通の制御入力端子レイアウトです。  
パッケージの共用化を図り、装置の構造設計を簡易にしています。  
[50A~150Aは同一外形、また200Aと300Aも共通の、計2タイプにまとめました。]

#### 信頼性向上

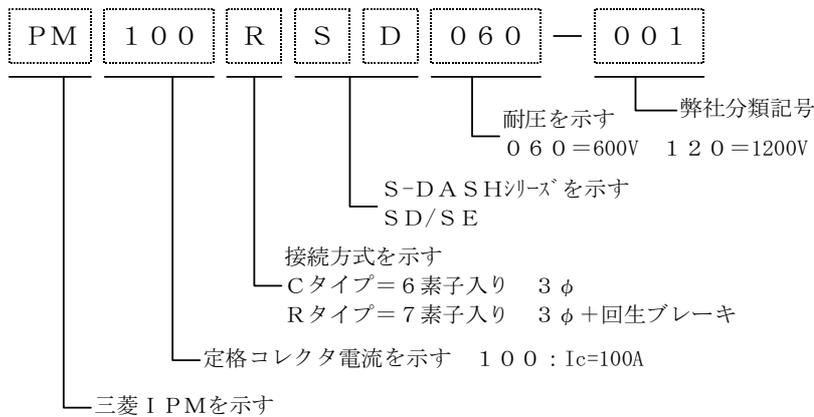
- 6 保護回路を内蔵しているため、従来に比して過負荷や誤動作による破壊を低減します。  
サービス・補修コストも低減させられます。

IPMを開発するには、IGBTチップだけでなくパッケージおよび回路・ICの各分野の技術を要します。それらを総合して、より壊れにくく使いやすいデバイスを目指して製品化をしていますが、更に信頼性を向上できるように、および最適な型名を選定するために、IPMの注意事項と動作の詳細をここに記します。

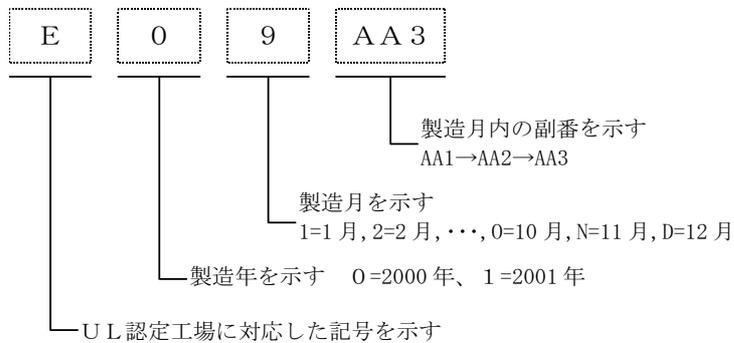
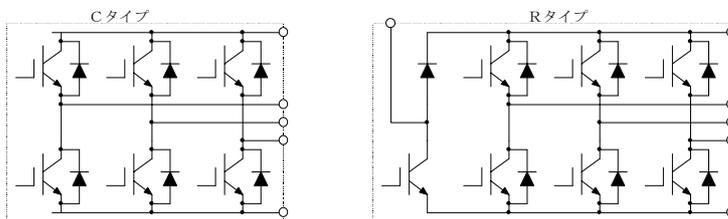
# 形名とロットナンバーの読み方

## 2. 形名とロットナンバーの読み方

ラベル例)



型名例)



ロットナンバー例)

## 交流モータ制御への応用

## 3. 交流モータ制御への応用

## ■ AC 220V電源

適用モータ 定格(kW)	インバータ 定格(kVA)	定格電流 100%Arms	S-DASHシリーズ I PM 対応 形名	整流ダイオード 対応 形名
3.7	5.0	17	PM 50CSD/CSE/RSD/RSE060	RM20TPM-H
5.5	9.5	23	PM 75CSD/CSE/RSD/RSE060	RM30TPM-H
7.5	12.6	33	PM 75CSD/CSE/RSD/RSE060	RM30TPM-H
11	17.6	46	PM100CSD/CSE/RSD/RSE060	RM30TPM-H
15	23.3	61	PM150CSD/CSE/RSD/RSE060	RM75TPM-H
18.5	29.0	75	PM150CSD/CSE/RSD/RSE060	RM75TPM-H
22	34.0	90	PM200CSD/CSE/RSD/RSE060	RM100DZ-H RM75TPM-H
30	44.0	115	PM300CSD/CSE/RSD/RSE060	RM100DZ-H

## ■ AC 440V電源 注意：開発中

適用モータ 定格(kW)	インバータ 定格(kVA)	定格電流 100%Arms	S-DASHシリーズ I PM 対応 形名	整流ダイオード 対応 形名
5.5	9.1	12	PM 50CSD/CSE/RSD/RSE120	RM20TPM-2H
7.5	13.0	17	PM 50CSD/CSE/RSD/RSE120	RM20TPM-2H
11	17.5	23	PM 75CSD/CSE/RSD/RSE120	RM30DZ -2H RM75TPM-2H
15	23.6	31	PM 75CSD/CSE/RSD/RSE120	RM30DZ -2H RM75TPM-2H
18.5	29.0	37	PM100CSD/CSE/RSD/RSE120	RM30DZ -2H RM75TPM-2H
22	32.8	43	PM100CSD/CSE/RSD/RSE120	RM30DZ -2H RM75TPM-2H
30	43.4	57	PM150CSD/CSE/RSD/RSE120	RM60DZ -2H

注) VVVF方式の汎用インバータが、最大でその定格の150%負荷で動作するときを想定して、その値が過電流保護レベル(OC)より低くなるようにI PMを選定しています。

(10%の電流リップルを含む)

$$I(150\%peak) = I(100\%rms) \times 1.1(10\%ripple) \times \sqrt{2} \times 1.5(150\%) < OCトリップ 最小値$$

この対応表は、環境温度や寿命などの仕様を考慮していません。

## 4. 形名選定と熱設計

### ■ 破壊モード

I PMは電流をスイッチングするパワーデバイスですので、取り扱い・制御方法によっては破壊する可能性があります。ここで破壊は、①短時間で起こるものと、②製品寿命によるものとに区分できます。

①短時間破壊は、素子の定格を超える条件で使用したときに起こります。

例： 耐圧破壊=定格以上の電圧(サージ電圧を含む)印加。  
熱破壊= $T_j > 150^{\circ}\text{C}$ になるような損失。

②寿命は、モジュールを構成する材料の特性劣化によって引き起こされます。

例： ワイヤボンド部剥離、チップ固定部(ハンダ層)の亀裂  
金属は、その物性固有の熱膨張係数を持っています。従って、パワーデバイスを動作させるとその内部に使用している材料の温度が上昇・下降するので、異なる種類の金属間には熱膨張・収縮による応力が働いて(繰り返されて)金属疲労が発生し、その接合面の剥離・亀裂が進行します。  
この接合面の断線などによる破壊までの時間が、寿命として定義できます。

この温度振幅  $\Delta T_j$  と寿命(繰り返し回数)には相関があり「パワーサイクルカーブ」を持っています。

注) この  $\Delta T_j$  は発熱前後の温度振幅ですので、放熱フィンの変化を含む環境温度からの変化  $\Delta T_{j-a}$  と見なすことができます。

### ■ 熱設計の考え方

そこで I PM を適用して製品設計する際は、最大温度  $T_j$  と温度振幅  $\Delta T_j$  の 2 点を考慮します。

言換えると  $T_j$  が最大定格を越えないように、また  $\Delta T_j$  が要求寿命を満たすような範囲に入るように熱設計を行います。

手順は、

- ① 応用製品(エレベータ、ロボット、UPS、エアコン等)の仕様中の製品寿命から、パワーサイクルを導く。
- ② パワーサイクルカーブから、そのサイクル数に対応する  $\Delta T_j$  を算出。
- ③ 使用条件から損失を算出し、I PM・放熱フィンの熱抵抗を乗算して、 $T_j$  と  $\Delta T_j$  を算出する。
- ④ それらの値が範囲内であること(=可否)を確認する。

です。

放熱モデルは、図のようになります。総合損失はスイッチング波形とスペックからシミュレーションで推定し、熱抵抗はスペック値を使用、ケース温度は装置で実測して求めて、 $T_j$  温度を算出します。

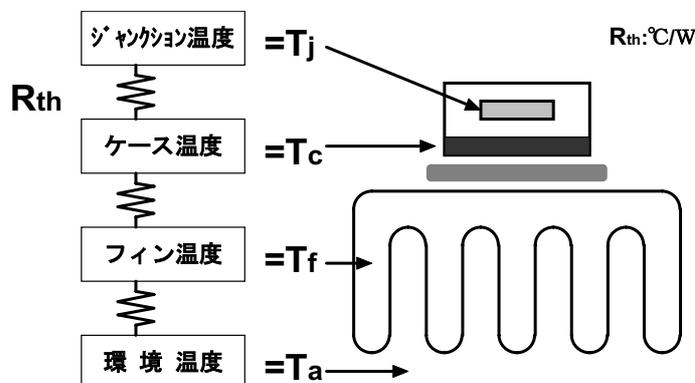
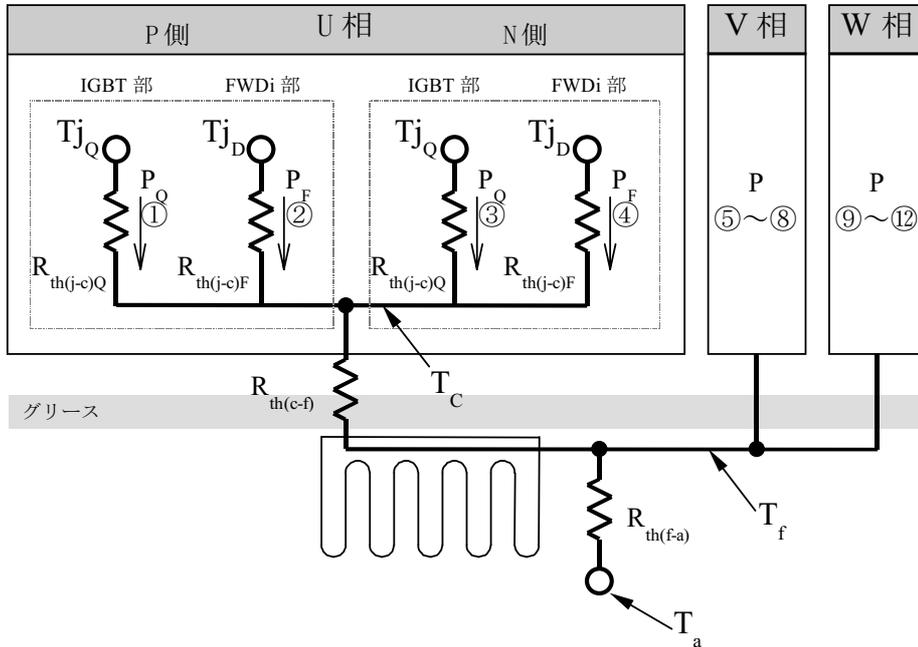


図 熱抵抗モデル

# 形名選定と熱設計

1 パッケージに複数のパワーデバイスがある場合も同様です。



3相ACモーター駆動用ドライバとして、2 pack(2素子入り=IGBT×2+FWDi×2)を3個使用した例は、

$$\begin{aligned} \text{IGBTの } T_{jQ} &= T_c + P_{Q(AV)} \times R_{th(j-c)Q} \\ \text{FWDiの } T_{jD} &= T_c + P_{F(AV)} \times R_{th(j-c)F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= T_f + (\textcircled{1} + \textcircled{2} + \textcircled{3} + \textcircled{4}) \times R_{th(c-f)} \\ &= T_f + (P_{Q(AV)} + P_{F(AV)}) \times D \times R_{th(c-f)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_f &= T_a + (P_{\textcircled{1}} + P_{\textcircled{2}} + \dots + P_{\textcircled{12}}) \times R_{th(f-a)} \\ &= T_a + (P_{Q(AV)} + P_{F(AV)}) \times N \times R_{th(f-a)} \end{aligned}$$

- T<sub>a</sub>: 周囲温度
- D: 素子数 = 2
- N: アーム数 = 6
- P<sub>Q(AV)</sub>: IGBT部の平均ロス
- P<sub>F(AV)</sub>: FWDi部の平均ロス
- R<sub>th(f-a)</sub>: フィン-環境の熱抵抗
- R<sub>th(c-f)</sub>: ケース-フィン熱抵抗
- R<sub>th(j-c)</sub>: シェンクシヨーンケース熱抵抗

同様に、6 pack(6素子入り=IGBT×6+FWDi×6)を1個使用した例は、

$$\begin{aligned} \text{IGBTの } T_{jQ} &= T_c + P_{Q(AV)} \times R_{th(j-c)Q} \\ \text{FWDiの } T_{jD} &= T_c + P_{F(AV)} \times R_{th(j-c)F} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_c &= T_f + (\textcircled{1} + P_{\textcircled{2}} + \dots + P_{\textcircled{12}}) \times R_{th(c-f)} \\ &= T_f + (P_{Q(AV)} + P_{F(AV)}) \times C \times R_{th(c-f)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_f &= T_a + (P_{\textcircled{1}} + P_{\textcircled{2}} + \dots + P_{\textcircled{12}}) \times R_{th(f-a)} \\ &= T_a + (P_{Q(AV)} + P_{F(AV)}) \times N \times R_{th(f-a)} \end{aligned}$$

- T<sub>a</sub>: 周囲温度
- C: 素子数 = 6
- N: アーム数 = 6
- P<sub>Q(AV)</sub>: IGBT部の平均ロス
- P<sub>F(AV)</sub>: FWDi部の平均ロス
- R<sub>th(f-a)</sub>: フィン-環境の熱抵抗
- R<sub>th(c-f)</sub>: ケース-フィン熱抵抗
- R<sub>th(j-c)</sub>: シェンクシヨーンケース熱抵抗

として導きます。

## 形名選定と熱設計

## ■ パワーサイクルカーブ

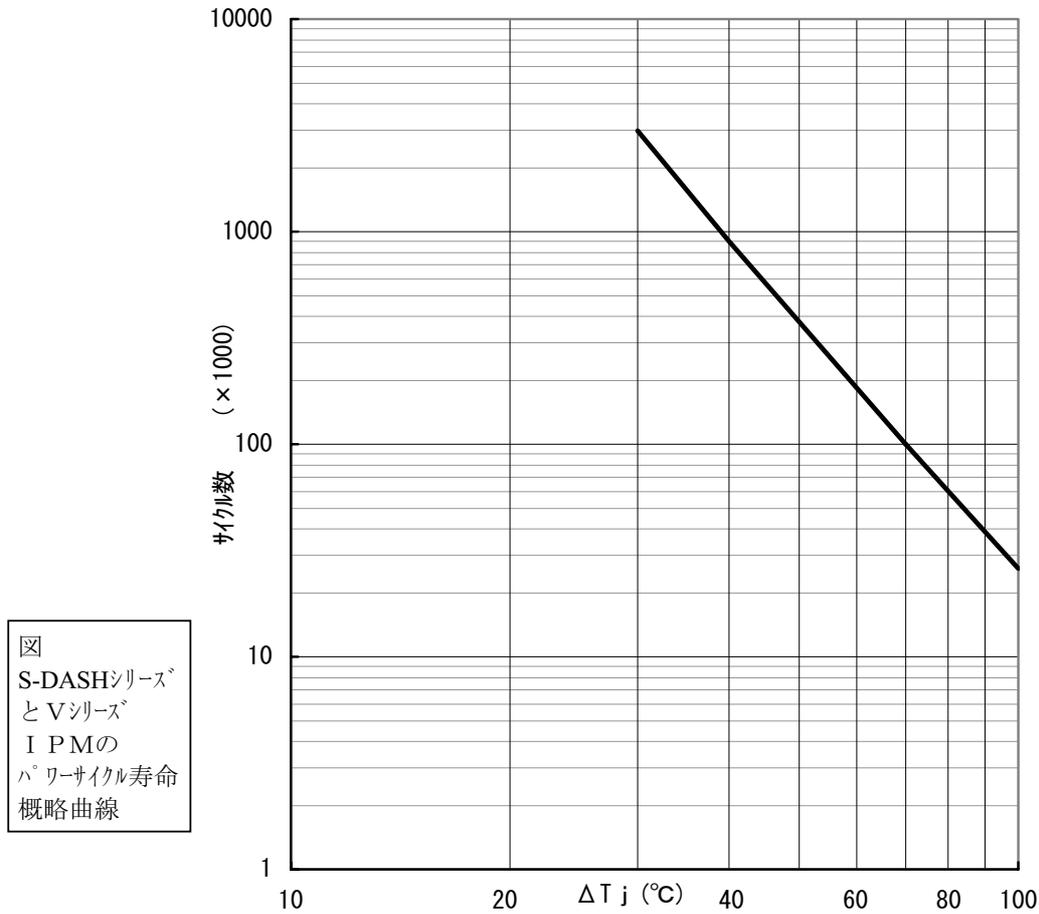


図  
S-DASHシリーズ  
とVシリーズ  
IPMの  
パワーサイクル寿命  
概略曲線

注記) 弊社が提示するパワーサイクルカーブと個々の仕様を持つ応用装置でのデバイスの寿命とは、一意に対応するものではありません。弊社のパワーサイクルカーブは、寿命を計る目安として活用してください。この曲線は概略図です。正式には弊品質保証部門にお問い合わせ下さい。

## ■ I P M型名と適用インバータ・モータとの対応基準

弊社では、対応するインバータ定格のモーターを接続して100%定格の電流負荷で運転させたときに、 $\Delta T_{j-c} = 20 \sim 30^{\circ}\text{C}$ になるように、I P Mを設計しています。

注)  $\Delta T_{j-c}$  は  $T_c$  でのケース温度から  $T_j$  までの変化幅

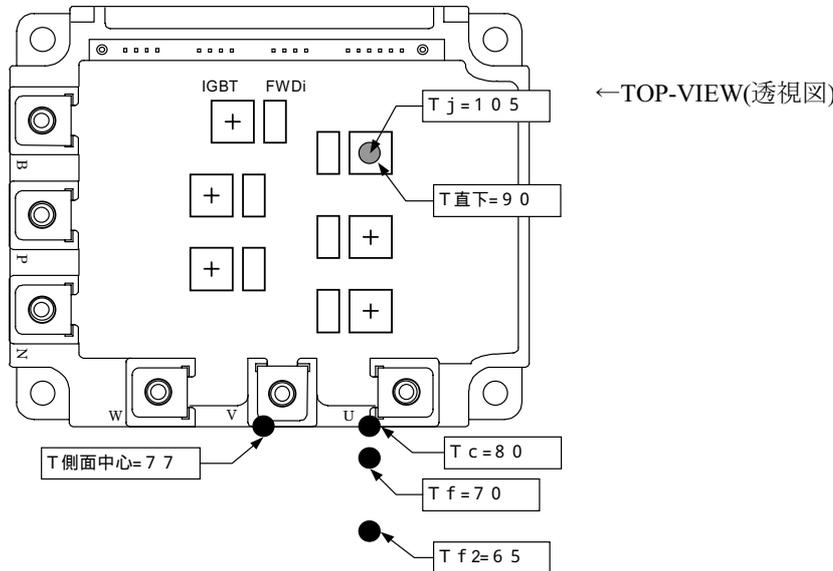
■ 冷却系を最適に設計される場合、またはチップの温度を厳密に見積もる場合には、I P M内部のIGBT/FWD i チップ直下で測定する必要があります。

但し、チップ直下の温度および熱抵抗を測定される場合には、放熱フィンのそり、グリースの材質・厚み等に注意してください。測定値は大きくこれらに影響されます。

# 形名選定と熱設計

熱抵抗の測定位置( $T_c$ ポイント/チップ直下)について

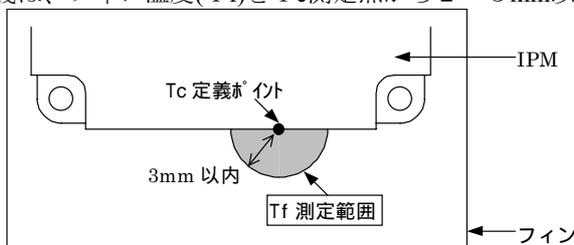
下図の温度測定例が示すように、一般的なアルミ放熱フィン+空冷のシステムでインバータ動作させると、モジュール底面・側面の各部とフィン温度は、その測定位置に応じて異なった値になります。即ち、熱抵抗値はその定義位置毎に異なります。



容易に測定可能なIPM側面 $T_c$ での熱抵抗と、より正確に $T_j$ を検出できるチップ直下での熱抵抗を示します。 $T_j$ 温度を厳密に見積もろうとする場合には、チップ直下の温度とその熱抵抗値を使用してください。

S-DASHシリーズ IPM形名	熱抵抗最大値 (K/W)	
	@ $T_c$	@ 直下
PM 50CSD/RSD060	1.00	0.838
PM 75CSD/RSD060	0.49	0.298
PM100CSD/RSD060	0.38	0.235
PM150CSD/RSD060	0.30	0.170
PM200CSD/RSD060	0.21	0.105
PM300CSD/RSD060	0.16	0.076

尚、 $R_{th}(c-f)$ の定義は、フィン温度( $T_f$ )を $T_c$ 測定点から2~3mm以内の距離で測定したときです。



$T_f$ 測定点詳細:

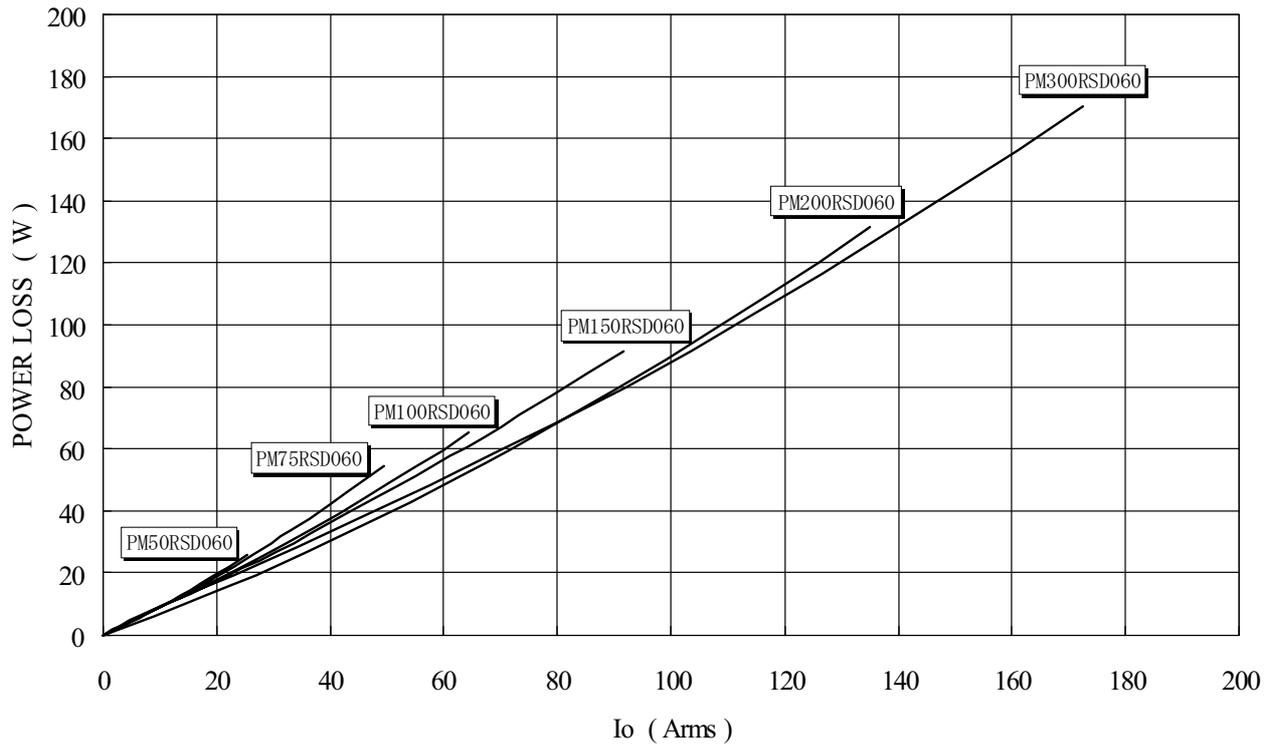
## 形名選定と熱設計

損失を見積もるための参考資料として、弊社で算出したパワーロスシミュレーションカーブを示します。  
これは、VVVF-PWMモード平均損失例です。

三菱電機半導体のホームページでも、損失計算シミュレーションが可能です。ダウンロードしてご使用ください。

<< [http://www.semicon.melco.co.jp/products/software\\_download/index.html](http://www.semicon.melco.co.jp/products/software_download/index.html) >>

条件：VCC=300V, VD=15V, Tj=125°C, PF=0.8, fc=10kHz, IGBT 1アーム当たりの損失。



## 制御側インターフェイス

## 5. 制御側インターフェイス

## 周辺回路と端子構造

## ■ I P Mに接続するインターフェイス(I/F)の回路と定数

I P Mとシステム制御側(C P U)との接続に必要な部品は、  
各相の入力端子部に

- ①高速フォトカプラ
- ②プルアップ抵抗
- ③コンデンサ(リップル除去用セラミックタイプ & 電源安定化用電解タイプ)

エラー信号(F o)端子に ④低速フォトカプラ (直接接続できます)

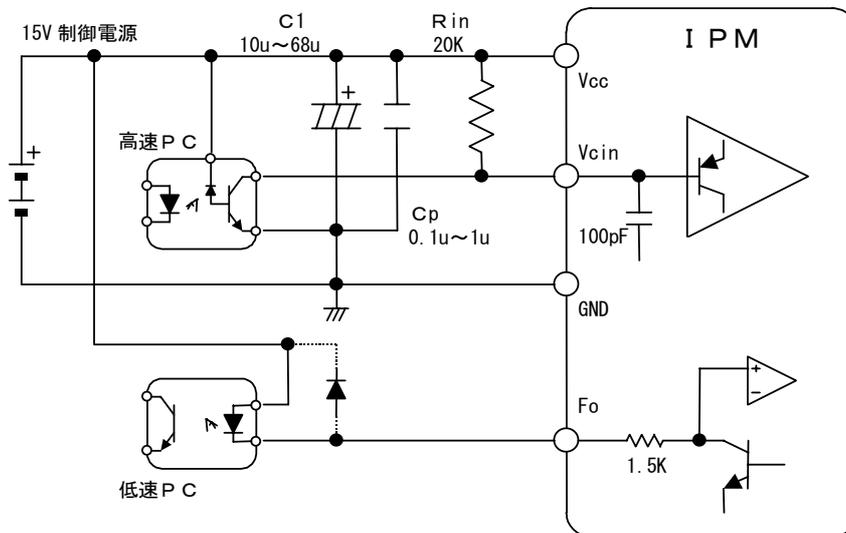
制御電源は ⑤相互に絶縁された+1.5Vの安定化電源(4~6系統) です。

I G B Tモジュールに必要な逆バイアス用のマイナス電源は不要です。

## 定数例

記号	名称	推奨定数	注記
R <sub>in</sub>	プルアップ抵抗	20KΩ	ブレーキ端子を含む全端子共通
		4.7KΩ	ブレーキ端子Br(低速フォトカプラ使用時)
C <sub>1</sub>	平滑コンデンサ	10~68μF以上	I G B Tゲートへの充放電電流, dv/dt電流
C <sub>p</sub>	バイパスコンデンサ	0.1~1μF以上	を吸収できること
P C	フォトカプラ	高CMR、CTR	H P L 4 5 0 4 など

## ■ インターフェイス回路と内部構造図例



## ■ 制御入力端子

この制御入力端子に電圧を与えることで、内部 I G B Tのオン/オフスイッチングを制御します。

制御信号は I G B Tチップのゲートを直接ドライブしていないので、制御入力電圧をオン(オフ)しきい電圧以下(以上)で微調整しても、またプルアップ抵抗値を変更しても、I G B Tのスイッチング特性・DC特性は変化しません。このように I P Mとの関係だけから捉えると、しきい電圧を満たしているならば、プルアップ抵抗値は任意に設定可能です。但しプルアップ抵抗値を小さくすると、フォトカプラの1次・2次電流は増加させなければならず、その寿命に悪影響を与えます。また伝達遅延も悪化します。そこで、フォトカプラのCTR・経時特性を考慮して、上記値を提案しています。

ノイズ誤動作対策などのためにプルアップ抵抗値を小さくすることは可能です。その場合は、寿命を含むフォトカプラ特性とその1次・2次電流(=プルアップ抵抗値)との関係を、フォトカプラメーカーにお問い合わせ・確認された後で設定してください。

# 制御側インターフェイス

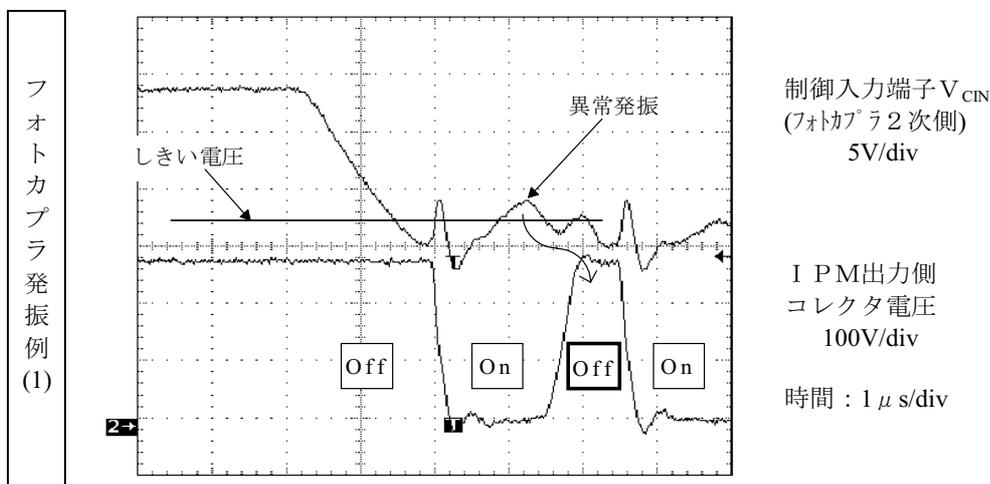
制御入力端子の内部はコンパレータに接続されていて、ハイインピーダンスになっています。オフ時はフォトカプ  
ラ出力インピーダンスも高くなっていますので、周辺回路を接続したときの全体のインピーダンスはプルアップ  
抵抗(= 20 K $\Omega$ )に近い値です。

なお、この端子には、ノイズ除去のためにパスコンデンサ(100pF)を内蔵しています。

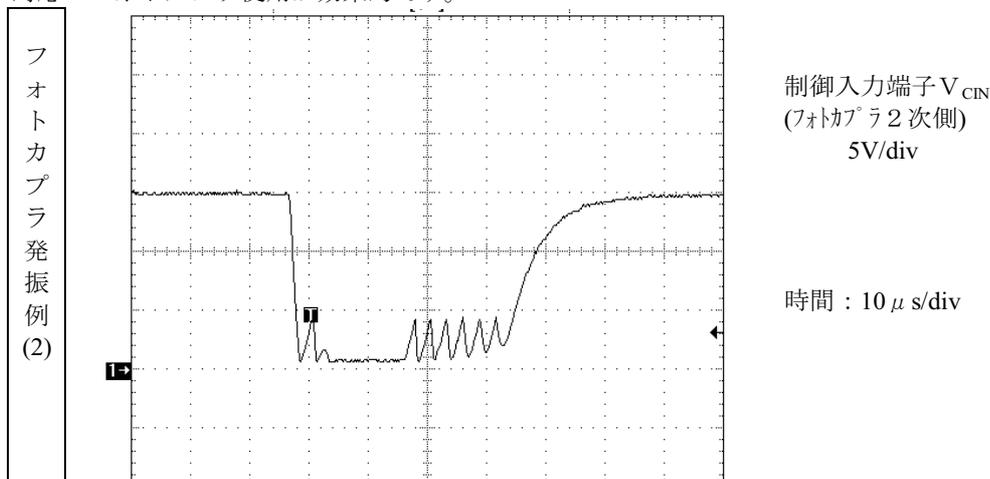
パターンの引き回し・モーターの種類等によっては、制御信号パターンに SW電源からのノイズ・自己/反対ア  
ームからのスイッチングノイズ(特にターンオフ時)が現れて、I PMは、これらの誤信号でオンして短絡・保護停  
止することがあります。そこで、外来ノイズで不用意にオフ→オン誤動作しないように、フォトカプ  
ラ出力端子と I PMの制御入力端子間のパターンレイアウトに注意してください。

パターンは回りこまないよう最短(2~3 cm以下)とし、その電流ループ内に磁界が横切らないようにしてください。  
更に、フォトカプ  
ラの電源-GND間に周波数特性の良いコンデンサを付けてください。

パターンレイアウトによっては、以下のようにリングングすることがあります。この場合は正常時と比して出力電  
流は見かけ上それほど変化しませんが、I PMのスイッチングロスはそのリングング回数に比例して増加しますの  
で、熱破壊にいたることになります。設計時に確認が必要です。



以下の例では、オンの直後とオフの直後の両方に発振が起きています(=誤オン/オフ)。特にオフ直後の発振がデッド  
タイム以上続くと反対アームがオンになる期間と重なりますので、上下同時オンになりアーム短絡が発生します。  
I PMは保護回路が動作してF $\circ$ 出力します。この現象は無負荷でも起きることがあり、I PM側の誤動作と混  
乱しやすく、原因究明に時間を要します。対策はフォトカプ  
ラの電源インピーダンスを下げること、及び I PM  
対応のフォトカプ  
ラ使用が効果的です。



# 制御側インターフェイス

## ■ ブレーキ制御入力端子

R(7素子内蔵)タイプで使用します。

ACモーター減速時の回生電流により、PN間電圧が上昇するのを防止する目的で使用します。

通常このブレーキ回路は、キャリア周波数=約100~1kHzのDCチョッパーとして動作させます。

このため、使用するフォトカプラは低速タイプでよく、その場合はプルアップ抵抗も小さい値で可能です。

## ■ F<sub>o</sub>出力端子

I PMの異常状態を示す出力です。

異常モードは、過熱・負荷(アーム)短絡・制御電源の減電圧があります。これらの種類は区別できません。

F<sub>o</sub>端子の内部は、抵抗(1.5kΩ)を直列に接続したオープンコレクタが接続されています。

この端子と制御電源VDとの間に、フォトカプラ(又は、LED)を直接接続できます。外付け抵抗は不要です。

注意)

F<sub>o</sub>不使用時の処理

特定のF<sub>o</sub>端子、例えば上アーム(P側)F<sub>o</sub>を使用しない場合は、例えばP側のみを経由する地落等に対して異常を検出できないので、システムとの保護協調がとれず、繰り返して地落することになります。

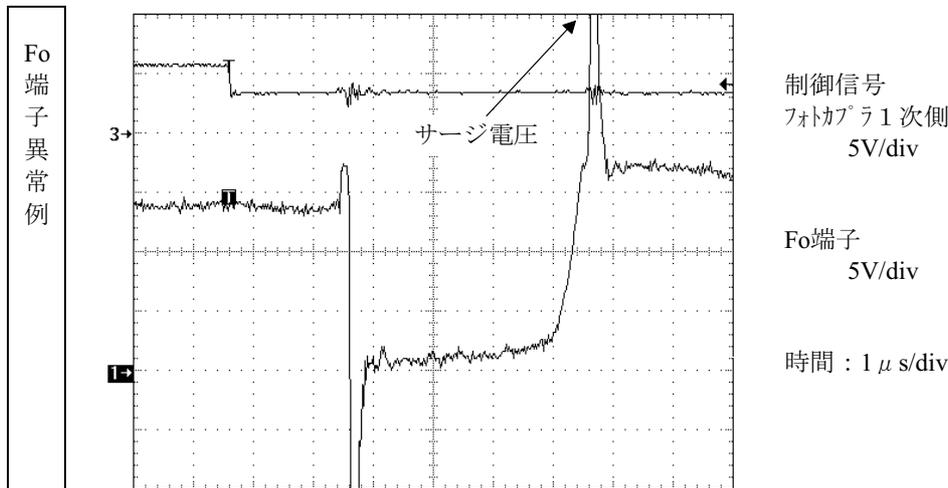
これが続くとI PMの破壊を招く場合がありますので、全てのF<sub>o</sub>端子を使用することを推奨します。

F<sub>o</sub>端子は内部でコンパレータ入力回路にも結線されています。

この端子をオープンのままにすると、この端子からノイズが侵入してI PM内部の回路が誤動作する可能性があります。この場合は、0.1μF程度の高周波タイプコンデンサをF<sub>o</sub>端子とGND間に追加挿入すると効果があります。また、使用しない場合は、ノイズが重畳しないように15V制御電源に直接プルアップしてください。

注意)

PN母線と制御電源のパターンや回路方式によっては、F<sub>o</sub>端子に20V以上のサージ電圧が観測されることがあります。このサージ電圧で接続したフォトカプラのLED部が耐圧オーバーで破壊しますので、パターンレイアウトに注意してください。キャンセルできないときは逆並列にダイオードを追加してください。低インピーダンスにすることが重要です。



# 制御側インターフェイス

## フォトカプラの型名例

### ■ 型名

制御入力端子に使用する絶縁用のフォトカプラは、高速駆動用と低速駆動用に分けられます。

### ◎高速駆動用

I P Mの制御入力端子(ブレーキ入力端子を含む)に使用します。

応答時間  $t_{PLH}$ 、 $t_{PHL}$ とCMRの値を重視します。

$t_{PLH}$ 、 $t_{PHL}$ 共に $0.8 \mu\text{sec}$ 以下であり、高CMRタイプの製品を推奨します。

特に、リングング等の現象が起きないかを確認してください。

(例) :HCPL-4503(Agilent Technologies)、HCPL-4504(Agilent Technologies)、  
HCPL-4506(Agilent Technologies)  
:TLP559(東芝)、TLP559(IGM)(東芝)

フォトカプラメーカーでは、特性を選別したI P M専用品(別形名)を持っている場合があります。  
誤動作防止のためにI P M対応のフォトカプラを問い合わせ・発注してください。

### ◎低速駆動用

I P MのF o出力ピンに使用します。

CTRの値を重視します。

CTRが100%以上の製品を推奨します。

(例) :TLP521(東芝)、PS2502(NEC)

上記の製品がデータシートでは該当しますが、弊社で動作保証するものではありません。  
想定している使用環境で問題なく動作するかどうかについては、詳細を各メーカー様までお問合せください。

### ■ 用語

CTR 電流伝達比(Current Transfer Ratio)

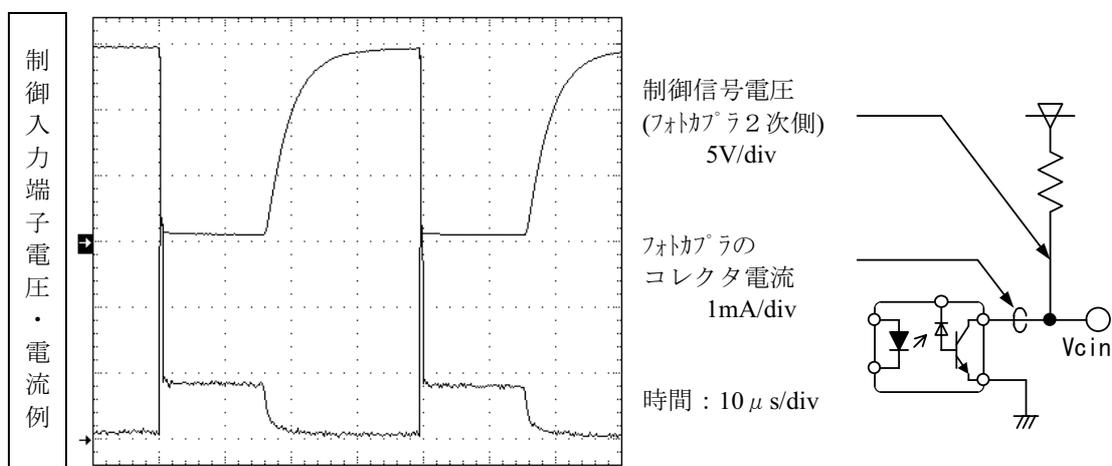
1次側の入力電流に対する2次側の出力電流比

CMR 同相信号除去比(Common Mode Rejection)

入出力間電圧変動に対する出力側ノイズ電圧の比

$t_{PLH}$  L→H 伝達遅延時間

$t_{PHL}$  H→L 伝達遅延時間

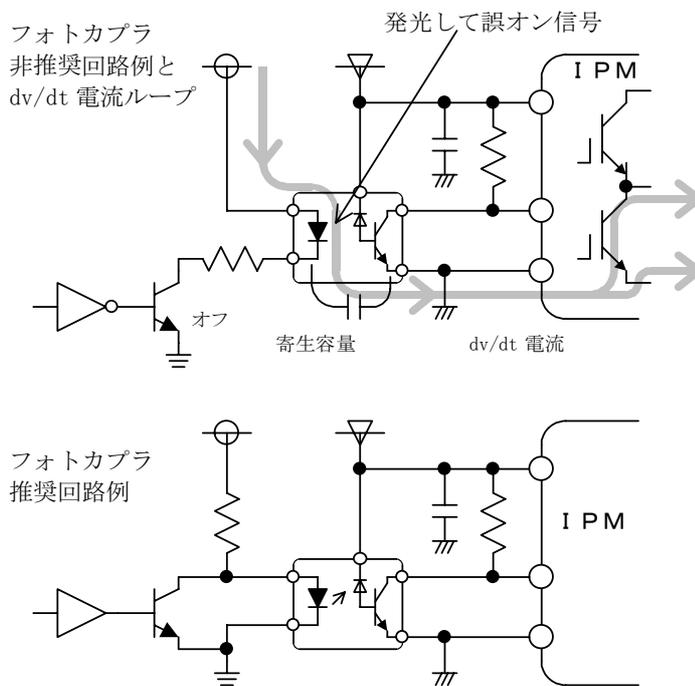


## 制御側インターフェイス

## ■ 使用時の注意

「フォトカプラは1次2次間が電氣的に絶縁されているデバイスです。」----この表現は高周波的には正しくありません。なぜならフォトカプラの1次2次間には寄生容量があり、 $dv/dt$ が与えられると、それを經由して1次側から2次側へパルス電流が流れるからです。

そこで、この $dv/dt$ によって1次側(LED)電流が流れて誤オン信号にならないように、回路を設計することが重要になってきます。オフ信号時にはフォトカプラ1次側LED両端が低インピーダンスになるような回路構成にしてください。



この推奨回路例では、 $dv/dt$ 電流はLEDを発光させないループで流れるので、誤オン信号になりません。

フォトカプラ周辺的设计詳細については、各フォトカプラメーカーのアプリケーションノートを参考にしてください。

# 制御側インターフェイス

## 制御端子

### ■ 制御端子用コネクタの型名例

弊社の信頼性試験で使用している制御入力端子コネクタは、ヒロセ電機(株)製の下記型名品です。  
CSD/RSDタイプ用の2.00mmピッチコネクタとCSE/RSEタイプ用の2.54mmピッチコネクタの2種類があります。(2.00mmピッチコネクタは、従来の第3世代用と同一です)

#### ◎ 2.00mmピッチコネクタ

型名： シングルロウレセプタクル・ストレートディップタイプ  
DF10-31S-2DSA (58),(59)

適用IPM： PM50～300CSD060 および PM50～300RSD060  
注記： IPM専用です。P側UVW相及びN相間の絶縁距離をとった計19ピンのコネクタです。

#### ◎ 2.54mmピッチコネクタ

型名： シングルロウレセプタクル・ストレートディップタイプ  
MDF7-25S-2.54DSA (26),(27)

適用IPM： PM50～300CSE060 および PM50～300RSE060  
注記： IPM専用です。P側UVW相及びN相間の絶縁距離をとった計16ピンのコネクタです。

### お問い合わせについて

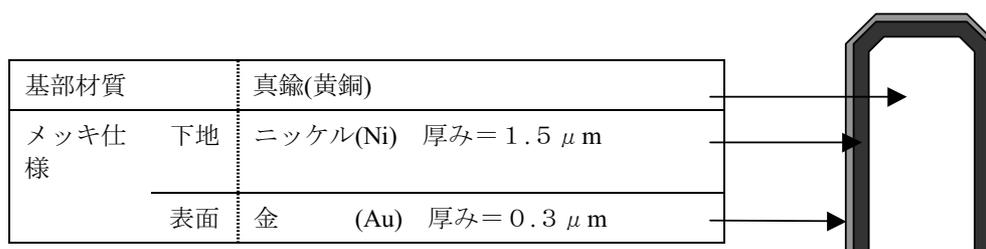
詳細仕様およびその他の該当する型名については、コネクタメーカー様までお問合せください。

名称： ヒロセ電機 株式会社  
住所： 東京都 品川区 大崎 5-5-23  
TEL： 03-3492-2161

### ■ 制御端子の材質

他のコネクタを使用される場合は、その構造と信頼性に注意して選定してください。  
コネクタとIPM端子との接触が不完全になると、制御信号の欠落・発振・サージノイズでの誤動作が起きやすくなります。低圧・低電流端子ですので、長期的に接触を確保するために金メッキ処理品を推奨します。

コネクタ選定の参考として、IPM側の制御端子の材質・表面処理を示します。



### ■ ガイドピン

制御端子の両脇のガイドピンは金属製()です。  
ガイドピンの下部は、IPM内部でプラスチックでモールドされていて、絶縁されています。

## 6. 制御電源

### ■ 制御電源

リップルを含めて電圧範囲は、規格内に入るようにしてください。

制御電圧 (V <sub>DC</sub> )	内 容
0 ~ 4.0	電源を入れない状態と同じです 外来ノイズで誤動作(オン)することがあります 電源電圧低下保護(UV)は動作せず、F <sub>o</sub> も出力しません
4.0 ~ 12.5	制御入力信号を加えても、スイッチング動作を停止しています 電源電圧低下保護(UV)が動作し、F <sub>o</sub> を出力します
12.5 ~ 13.5	スイッチング動作します 但し推奨範囲外ですので、I <sub>PM</sub> の仕様書で規定しているV <sub>ce(sat)</sub> ・スイッチング時間共に規格値をはずれてコレクタ損失が増加し、接合温度が上昇します
13.5 ~ 16.5	正常動作します 推奨電圧範囲です
16.5 ~ 20	スイッチング動作します。但し推奨範囲外です。 短絡時にはその電流ピーク値が大きくなりすぎて、チップの耐量を超えて破壊することがあります
20 ~	I <sub>PM</sub> 内の制御回路及びIGBTゲート部が破壊されます

### ■ リップルノイズの規定

制御ICの電源ラインに高周波ノイズが重畳されると、ICが誤動作してF<sub>o</sub>を出力し、更には出力を停止(ゲート遮断)することがあります。

この誤オフを回避するために、ノイズの立ち下がり成分が $-5V/\mu s$ より緩やかになるよう、また、リップル電圧の振幅が2Vより小さくなるように、電源回路を設計してください。

$$\text{規定： } \frac{dV}{dt} \leq -5V/\mu s \quad , \quad V_{\text{ripple}} \leq 5V_{p-p}$$

電源ラインに現れるノイズの成分が高周波(パルス幅<約50nsec以下、パルス高<約5V以下)であり、かつF<sub>o</sub>が出ていない時は、通常そのノイズを無視できますが、制御電源はより低インピーダンスである方が望ましいので、パターンレイアウトに注意してください。

平滑コンデンサや周波数特性の良いパスコンをI<sub>PM</sub>の直近に接続することは、誤動作対策に効果的です。

### ■ 電源の入り/切り手順

制御電源は、主電源(PN間の電源)よりも早く立ち上げてください。

制御電源の立ち下げは、主電源よりも遅く立ち下げてください。

制御電源が不安定な状態で主電源が先に立ち上がっているか、または主電源が残っていると、I<sub>PM</sub>は外来ノイズで誤動作することがあります。

### ■ 3相インバータに適用する場合

P側(上アーム)は3相すべて各々絶縁された制御電源を使用してください。

CSD/E(6素子)、RSD/E(7素子)タイプでは、N側(下アーム)は3相共通の電源を使用できるので、計4個の制御電源を使用します。(例：ハイブリッドIC M57140)

## 制御電源

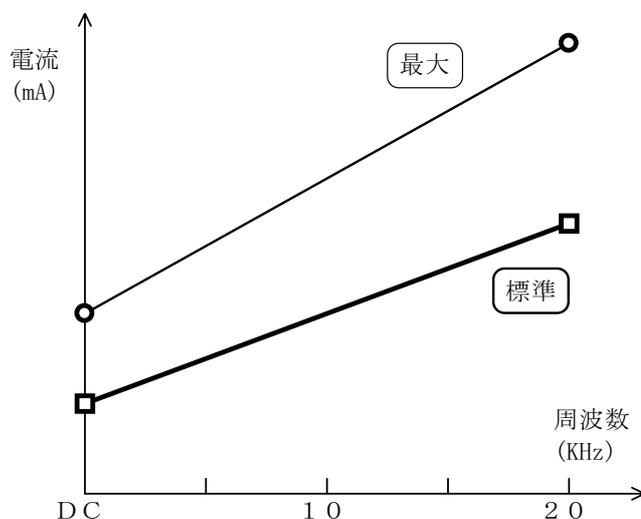
## ■ 制御電源の消費電流リスト

下表のDCと20KHzの値は、時間平均値(Ave)です。 (条件：V<sub>b</sub>=15V,単位mA)

型名	N側				P側 (各相)					
	DC		20KHz		DC		20KHz			
	Type	Max	Type	Max	Type	Max	Type	Max		
600V系	PM 50CSD/CSE060	40	55	52	70	13	18	16	22	
	PM 75CSD/CSE060	40	55	58	77	13	18	18	24	
	PM100CSD/CSE060	40	55	66	88	13	18	20	26	
	PM150CSD/CSE060	45	62	76	101	15	20	23	31	
	PM200CSD/CSE060	45	62	87	116	15	20	27	36	
	PM300CSD/CSE060	45	62	98	130	15	20	31	41	
	PM 50RSD/RSE060	44	60	56	75	13	18	16	22	
	PM 75RSD/RSE060	44	60	63	83	13	18	18	24	
	PM100RSD/RSE060	44	60	71	95	13	18	20	26	
	PM150RSD/RSE060	60	82	82	109	15	20	23	31	
	PM200RSD/RSE060	60	82	94	125	15	20	27	36	
	PM300RSD/RSE060	60	82	105	140	15	20	31	41	
	1200V系	PM 50CSD/CSE120	40	55	56	75	13	18	19	26
		PM 75CSD/CSE120	45	62	83	111	15	20	24	33
PM100CSD/CSE120		45	62	96	128	15	20	26	36	
PM150CSD/CSE120		45	62	103	138	15	20	31	42	
PM 50RSD/RSE120		44	60	60	80	13	18	19	26	
PM 75RSD/RSE120		60	82	89	119	15	20	24	33	
PM100RSD/RSE120		60	82	102	136	15	20	26	36	
PM150RSD/RSE120		60	82	115	154	15	20	31	42	

## ■ 他の周波数での制御電源の消費電流

制御電源の消費電流は、ほぼキャリア周波数に従って増加しますので、この制御部消費電流・電力は、下記のようにキャリア周波数に対応した直線として近似できます  
図のDCと20KHzでの消費電流値(○・□)は上述の一覧表を用いてください。



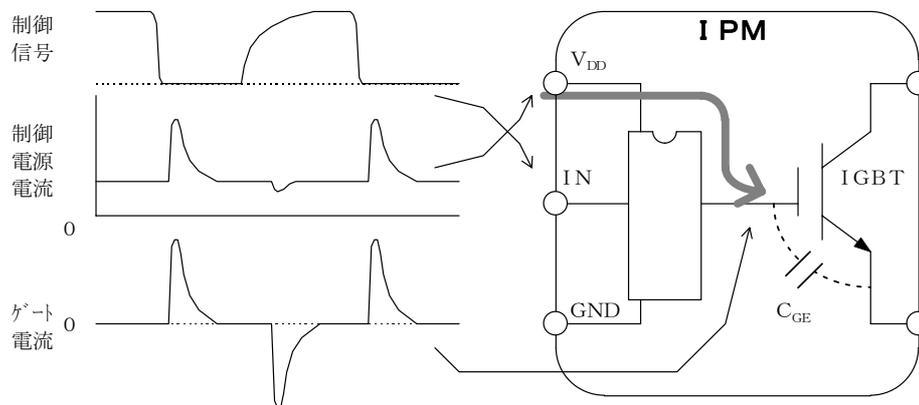
# 制御電源

## ■ 制御電流の最大値

I P Mに使用している I G B Tゲート部は、入力容量 ( $C_{ies} = C_{GE} + C_{CG}$ ) を持っていますので、O N (O F F)のスイッチング毎に、ゲートを充(放)電するための電流が流れます。このピーク電流が1～2 Aになる I P Mもあります。

更に、オフ時には I G B Tコレクタからのdv/dt電流が制御電源側に流れ込みます。この電流を吸収できるように制御電源を低インピーダンスに設計する必要があります。そうでないと、このdv/dt電流が制御 I C (制御入力端子、F o 端子)をゆさぶり、誤オン信号となって、アーム短絡を起こさせることがあります。

## スイッチング波形



## ■ 制御電源の設計

制御電源回路は、これらの電流変動を供給・吸収できるだけの容量が必要です。通常この最大電流とインピーダンスについては、制御電源の特性ではなく、付随する平滑コンデンサおよびリップル除去コンデンサ(高周波パスコン)で対処できます。その効果はコンデンサの種類だけでなく、基板パターン・配線のインダクタンスに影響されますので、実際の基板・装置で検証した上で、コンデンサの種類・容量を選定して下さい。

# フォールト(Fo)信号

## 7. フォールト(Fo)信号

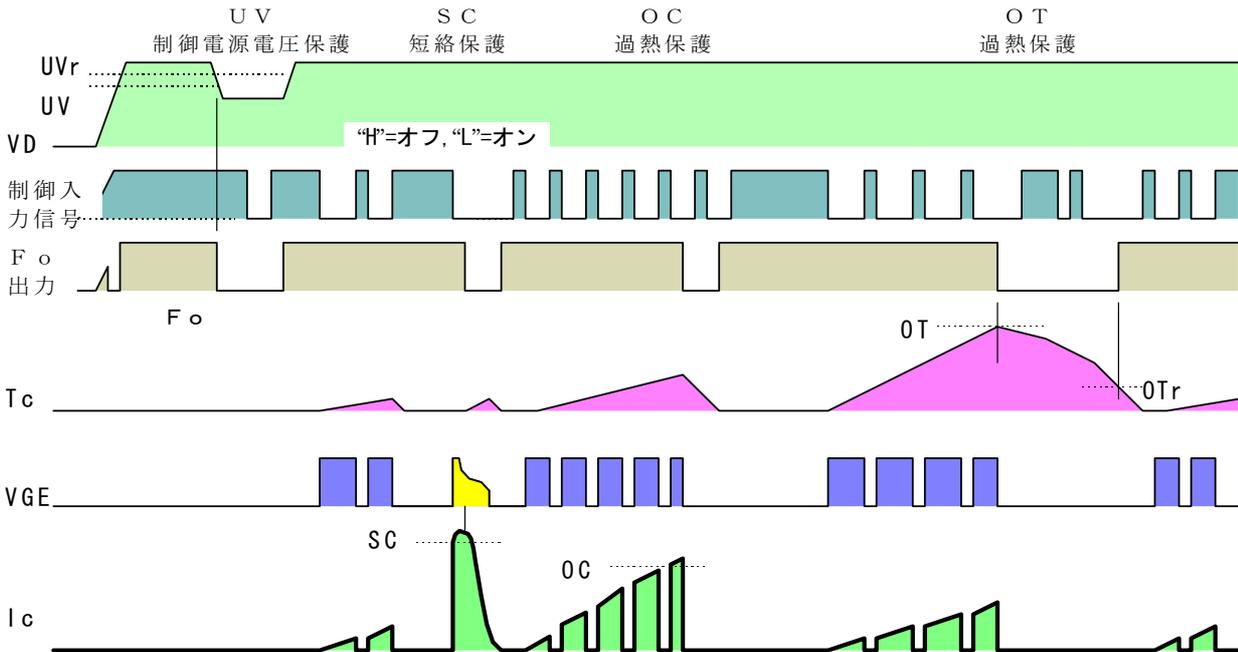
### 種類

#### ■ I PMの保護の種類

I PMは異常の発生要因に合わせて4種類の保護回路を使用しています。

それらはSC(短絡保護)、OC(過電流保護)、OT(過熱保護)、とUV(制御電源電圧低下保護)です。

### 制御と保護モードのタイミングチャート



#### ■ 制御電源電圧低下保護 (UV)

UVは、制御電源電圧が低下した時に生じる IGBTの  $V_{CE(sat)}$  損失増加=熱破壊を防止するために、制御電圧を検出していて、設定電圧(UVトリップレベル)以下になると IGBTチップを強制的にオフします。

#### ■ 過熱保護 (OT)

OTは I PMのベース板温度を検出していて、設定温度(OTトリップレベル)以上になると、IGBTチップをオフします。

#### ■ 短絡・過電流保護 (SC/OC)

SC(OC)は短絡(過電流による)破壊を防止するために、IGBTの順方向コレクタ電流を検出していて、SCトリップ(OCトリップ)レベルの設定電流以上になると IGBTをオフにします。

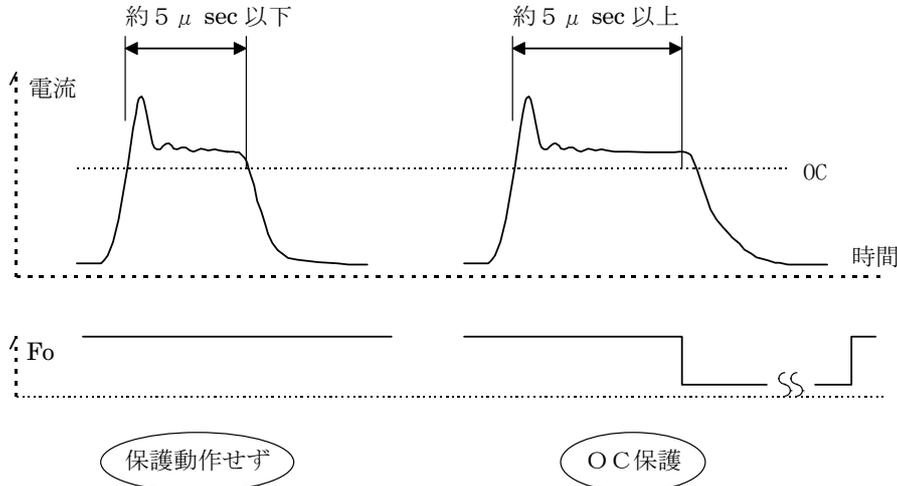
注意) SC(OC)は、IGBTと逆並列に接続されたフリーホイールダイオード(FWDi)に流れる回生電流は検出していません。

これらの保護回路があるので、I PMは極めて大きな破壊耐量をもったパワーデバイスとなっています。

# フォールト(Fo)信号

## ■ 保護までの動作時間

SC検出は、高速(約 $1\mu\text{s}$ のパルスに応答)に検出するようにしています。  
一方OCを検出するには、約 $5\mu\text{s}$ 以上の間、OCレベル以上の電流が続く必要があります。  
またOTとUVにもOCと同じ約 $5\mu\text{s}$ のノイズ除去回路が付加されています。



注意) この時間は参考値です。条件(機種・使用温度・負荷など)により多少の遅延/短縮があります。

## ■ 保護動作

I P Mは上記の保護回路からのトリガ信号を受けると、内部の保護回路の状態をセットし、エラー信号(Fo)を出力すると同時に、制御入力信号を無効にして駆動回路を停止させます。  
特に、SCはターンオフサージ電圧を軽減するために緩やかに遮断させて、過電圧がIGBTにかからないようにしています(ソフト遮断)。

SC/OC/UVは、P側の場合、エラーが発生した相のIGBTのみを個別にオフさせます。  
この時、N側の各相はスイッチング可能です。

一方、N側ではエラーが発生した相にかかわらず、N側3相(+ブレーキ部)全てのIGBTをオフさせます。  
この時、P側の各相はスイッチング可能です。

OTは、N側のみ3相(+ブレーキ部)全てのIGBTをオフさせます

全ての保護に関して、Foの立下がり(=出力開始)とIGBTのオフは、同期しています。  
更に、Foの出力期間(="L"レベルである状態のとき)とIGBTのオフは一致しています。  
Fo="L"のときに、外部から制御信号を入力してもIGBTはオンしません。

## ■ リセット(解除)

SC/OCは、Fo出力が終了した後入力信号(Vcin)がオフ("H")になっている時に、出力電流が設定電流以下になっていれば、保護を解除します。そして、入力信号の立ち下がりによって保護回路の状態をリセットし、通常動作に復帰します。

Foのパルス幅は、内部のタイマー回路で生成するので一定です。(注意: typ=1.8ms に設定)

OTはヒステリシスを持った設定温度(OTrリセットレベル)以下になると、またUVはヒステリシスを持った設定電圧(UVrリセットレベル)以上になると、保護動作を解除します。  
その間はエラー信号を出力し続けるため、Foのパルス幅は一定ではありません。  
最小のFoパルス幅は、内部タイマー回路のtyp=1.8msです。

# フォールト(F o)信号

## F o 出力時の処理

### ■ 注意事項

I P Mは非線返し(リターン)の異常に対して、各種の保護回路が動作するようにしています。

I P Mを使用して装置を設計される場合は、最大定格を越えたストレスを定常的に(繰り返して)印加しないように配慮してください。

エラー信号(F o)が出力されたときは、I P Mの保護動作だけに依存せず、制御入力信号を停止して、動作を停止させなければなりません。

I P Mは、異常の原因を排除するものではないので、システム側で異常処理をする必要があります。

(エラー信号がリセットされても、リセット以降の正常動作を保証するものではありません。)

### ◎ S Cについて

短絡時には、S C検出 > 保護 > 遮断で停止しますが、保護停止時間は一定(typ 1.8 ms)であり、ラッチされたままではありません。このため、引き続き入力端子にP W M信号を受けると、タイマー終了(F o解除)後にリセットされて再度スイッチングします。

短絡条件が続いていれば線返し、

短絡 > 保護 > 停止 >> 再動作 > 短絡 > 保護 > 停止 >> 再動作 ..... となります。

このような動作は、I G B Tチップの限界付近での使用法ですので、過度のチップ温度上昇を招き、熱破壊する誘因となります。安全に使用できるように原因を取り除いてから再スタートさせてください。

注記) 雷サージ等の外来ノイズやマイコンの暴走で、I P Mの入力端子が同時O Nになり、短絡する可能性は、インバータの製品寿命中に数回程度だろうと想定しています。

短絡の繰り返し回数は保証していませんが、弊社での短絡耐量試験では1 0 0回以上の実力があります。

### ◎ O Tについて

過熱保護が動作する原因は、恒常的な過負荷かまたは周囲環境の異常です。

過渡的な過負荷(I P Mを組み込んだ汎用インバータがモーターロックで大電流が流れて、I G B Tチップの接合温度が急激に上昇したとき)や特定の素子のみに通電するような場合(ブレーキ用I G B Tを高周波でスイッチングさせる)などには、対応出来ないことがあります。

このような過負荷も含めて、熱設計は確実にこなしてください。

### ◎ U Vについて

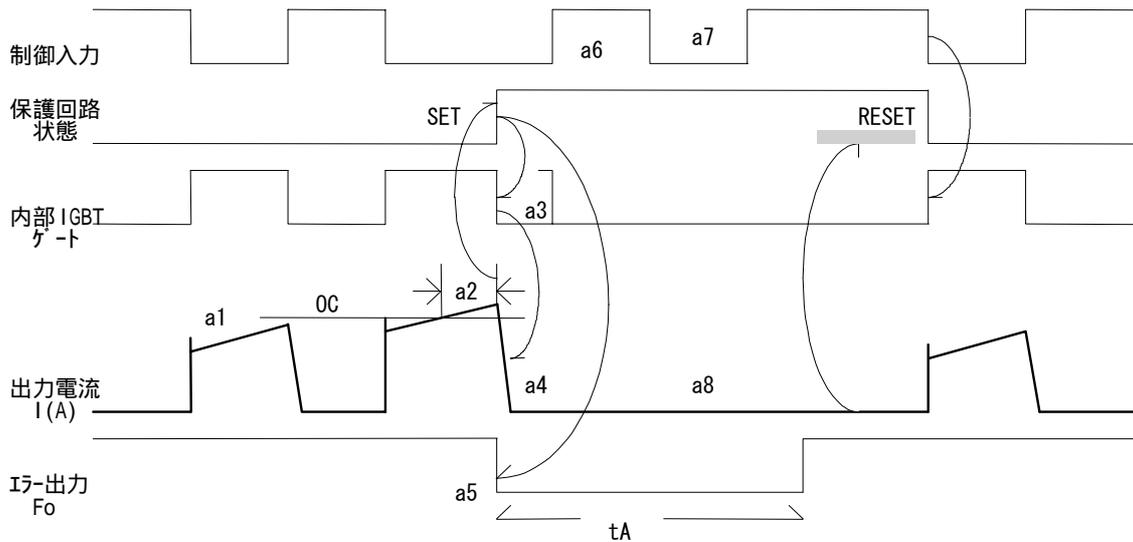
制御電源に急峻なリップルが加わると、内部の制御I Cが誤動作して、電源電圧低下保護が動作することがあります。ノイズの少ない安定した電源を供給してください。

# フォールト(Fo)信号

## タイミングチャート

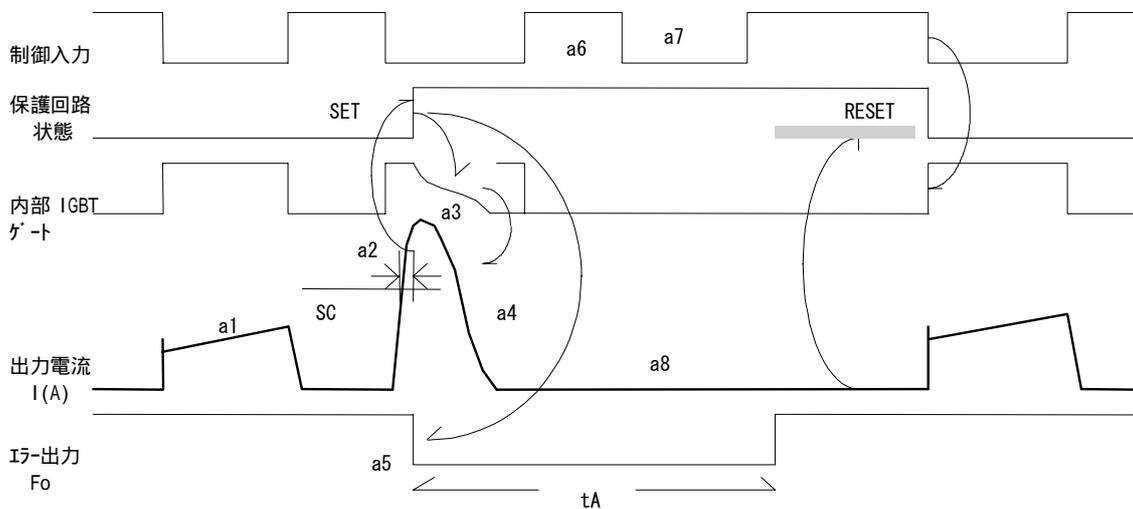
### ■ OC動作シーケンス :

- a1. 正常動作 = IGBTオン = 出力電流あり
- a2. 過電流検出 (OCトリガ) <--- $5\mu\text{s}$  ノイズ除去含む
- a3. IGBTゲート遮断
- a4. IGBTオフ
- a5. Fo タイマー動作開始 <---パルス幅固定 =  $t_A$ (typ1.8msec)で、延長されません
- a6. 入力="H"=オフ
- a7. 入力="L"=オン
- a8. IGBTはオフのまま <---(a6~a7)が  $t_A$ より短い時間で起きたとき



### ■ SC動作シーケンス :

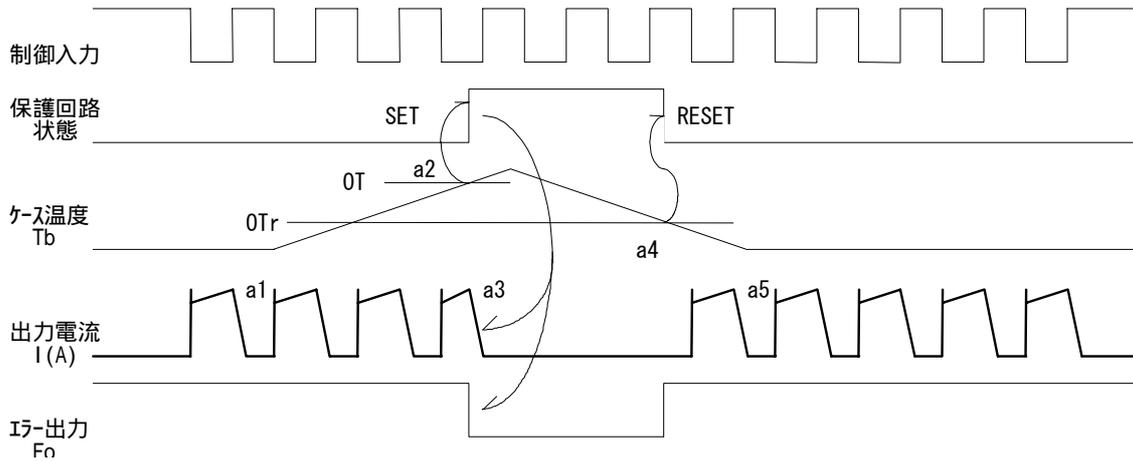
- a1. 正常動作 = IGBTオン = 出力電流あり
- a2. 短絡電流検出 (SCトリガ)
- a3. IGBTゲートをソフト遮断
- a4. IGBT 緩やかにオフ
- a5. Fo タイマー動作開始 <---パルス幅固定 :  $t_A$ (typ1.8msec)です
- a6. 入力="H"=オフ
- a7. 入力="L"=オン
- a8. IGBTはオフのまま <---(a6~a7)が  $t_A$ より短い時間で起きたとき



# フォールト(Fo)信号

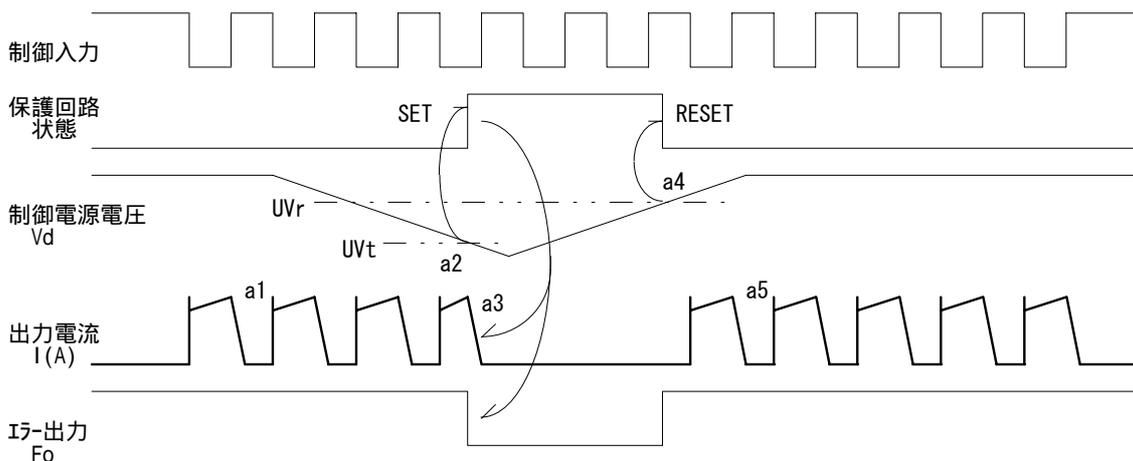
## ■ OT動作シーケンス：

- a1. 正常動作 = IGBTオン = 出力電流あり
- a2. 過熱検出 (OT) ← 5  $\mu$ s ノイズ除去含む
- a3. IGBTオフ ← 制御入力の状態に関らず、オフ
- a4. 過熱検出リセット(OTr) ← 5  $\mu$ s ノイズ除去含む
- a5. 正常動作 = IGBTオン = 出力電流あり



## ■ UV動作シーケンス：

- a1. 正常動作 = IGBTオン = 出力電流あり
- a2. 制御電源電圧低下 (UVt) ← 5  $\mu$ s ノイズ除去含む
- a3. IGBTオフ ← 制御入力の状態に関らず、オフ
- a4. 制御電源電圧低下 (UVr) ← 5  $\mu$ s ノイズ除去含む
- a5. 正常動作 = IGBTオン = 出力電流あり



## I P Mと放熱フィンの平面度

## 8. I P Mと放熱フィンの平面度

## ■ I P Mのケース面

下図のように、取り付け穴間を基準にして直線 x (または y) を引きます。

この直線 x (または y) 上の両端(黒印●)と、指定した中心点(a)での凹凸(矢印部分 $\longleftrightarrow$ )を、平面度 x (または y) と定義します。極性は放熱フィン側に反ったとき凸 (+)、I P Mの主電極側に反ったときを凹 (-) とします。

I P Mの平面度は、x、y の各方向毎に

規格 (例) :  $-100 < \text{平面度 } x < +100$   
 $-100 < \text{平面度 } y < +100$  (単位 =  $\mu\text{m}$ )  
 になるようにしています。

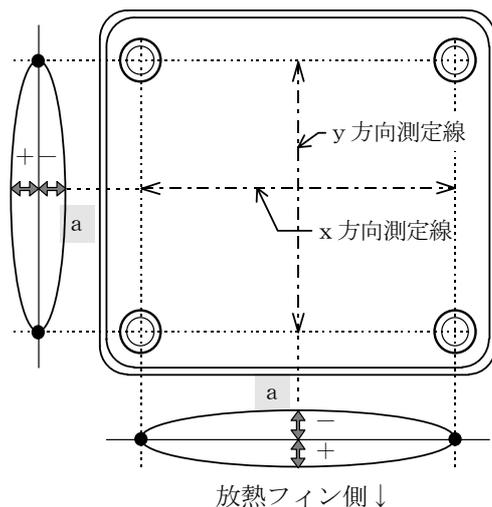
注) 各 I P Mの個別の値はお問合せください。

放熱フィンの平面度は、 $\pm 100 \mu\text{m}$ 以内になるように設計してください。

極性は凸側を (+)、凹側を (-) としています。

放熱フィンの平面度がこの値より大きくなると、取り付けネジを締めた時に I P Mのケースの特定の部分に応力が集中して、I P M内部構造が破壊して絶縁が劣化することがあります。

またケース・フィン間熱抵抗はスペックから外れ、大きな値になります。



## ■ グリース

I P Mと放熱フィン間に塗布するグリースは、使用温度範囲が広く長期間安定して、かつ熱伝導率の良い特性のものを使用してください。

I P Mと放熱フィンの両方のそりによる隙間を埋めるために、その厚みが標準  $150 \mu\text{m}$  になるように均一に塗布してしてください。推奨厚みは  $100 \sim 200 \mu\text{m}$  の範囲です。

グリース以外の材質、例えばシリコンラバー・サーモストレート等を使用すると、I P Mケース・放熱フィン間の熱抵抗が、実際にはその製品仕様よりも大きな値になることがあります。これはそりがある場合に、グリースではその隙間に入り込み熱を伝導できる場合でも、グリース以外の材質では接触できず、熱を伝える面積が低下するためです。このような熱伝導特性の悪いスポットがある場合には、I P M内部のチップが異常に高温になってしまいます。

I P M対応としてはデータブックに記載した以外の材質は推奨いたしません。

## その他の注意事項

## 9. その他の注意事項

## ■ ブレーキ出力

通常は、P側との間に電力消費用抵抗を接続します。

このIGBTチップは、主出力チップの約50%程度の電流定格です。

回生電流が過大であるような用途では、発熱による温度上昇に注意してください。

## ■ 空き端子の処理

CSD/CSEタイプには外観上ブレーキ出力端子が付いていますが、IPM内部ではこの端子は何も接続されていません。

この端子にパターンを接続することは不可能ではありませんが、その引き回しは注意してください。

パターンを接続すると、この端子を経由してノイズがIPM内部に侵入することがあります。

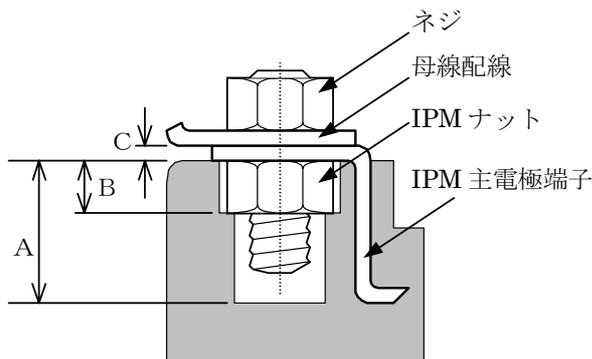
この端子はオープンのままにすることを推奨しています。

IPMの内部の特定相を使用しない場合でも、その不使用の回路にも制御電源を印加して、かつ制御入力端子をプルアップしてオフに固定してください。

その不使用の回路が、ノイズで不用意にオンすることを防ぐためです。

## ■ 主端子ネジ部構造。

RSD/RSE/CSD/CSE060の主端子ネジ部の構造を示します。



パッケージ	電流定格 (A)	電圧定格 (V)	IPMネジ穴深さ 図記号A (mm)	IPMナット厚み 図記号B (mm)	IPM主電極厚み 図記号C (mm)
小型タイプ	50,75,100,150	600	typ 9.5 / min 9.0	Typ 4.0	Typ 0.8
大型タイプ	200, 300	600	typ 9.5 / min 9.0	Typ 4.0	Typ 1.0

## ■ 上下アームの出力について

P側各U、V、Wのグラウンドは各々絶縁してください。

更にVNCとも絶縁してください。共用できません。

## ■ 並列運転

IPMは、並列接続できません。

各モジュールのスイッチング時間・電流バランスが同一にならず、そのためIPMの損失が一方に偏ります。

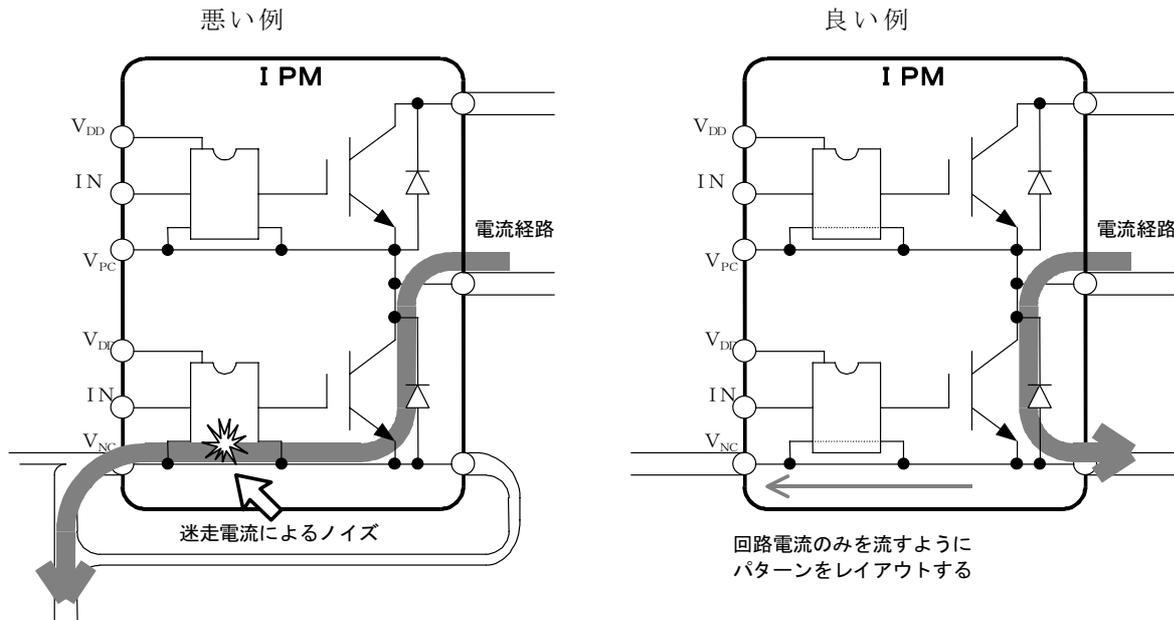
また各IPM間の保護協調ができず、異常時に破壊する可能性があります。

## その他の注意事項

■ 制御電源グランド( $V_{NC}/V_{PC}$ )と出力エミッタ(NまたはU/V/W)との接続について

この両方の端子を I P M 外部の基板上でパターン接続しないことを推奨いたします。(ノイズの影響を受けやすいので、制御部の回路電流ループと母線電流ループは、分離して配線されることを推奨します)

例えば、 $V_{NC}$ とNの両端子は I P M 内部で接続されていますが、 $V_{NC}$ には制御部の回路電流が流れ、Nには母線電流が流れるように、I P M 外部のパターンを設計してください。 $V_{NC}$ は制御 I C の電源の基準グランドですので、迷走電流(本来Nを通るべき母線電流)が流れると、内部パターンの寄生インダクタンス成分で、N- $V_{NC}$ 間に電位差が生じて、制御 I C のグランドレベルが変動し誤動作を起す場合があります。

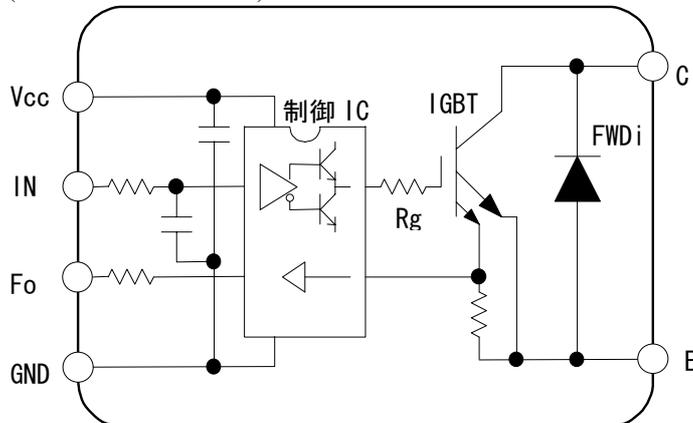


## ■ 内部構造について

I P M の内部は下図のようになっていて、IGBTチップ・F W ダイオード・制御 I C、および抵抗・コンデンサ・サーミスタなどで構成されています。IGBTチップのゲート部はM O S 構造ですが、I P M の信号端子には直接接続されていません。制御電源・グランド・制御信号・F o 出力の各信号端子は、バイポーラの内部制御 I C に接続されています。そこで、I P M を端子から見るとすべてバイポーラ構成であると見なせますので、M O S 構造の I C に対して行なう静電対策は、不要です。

注) これは、全ての静電対策は不要であるということではなく、バイポーラ構成 I C (T T L 等) と同等の取扱いで良いという意味です。

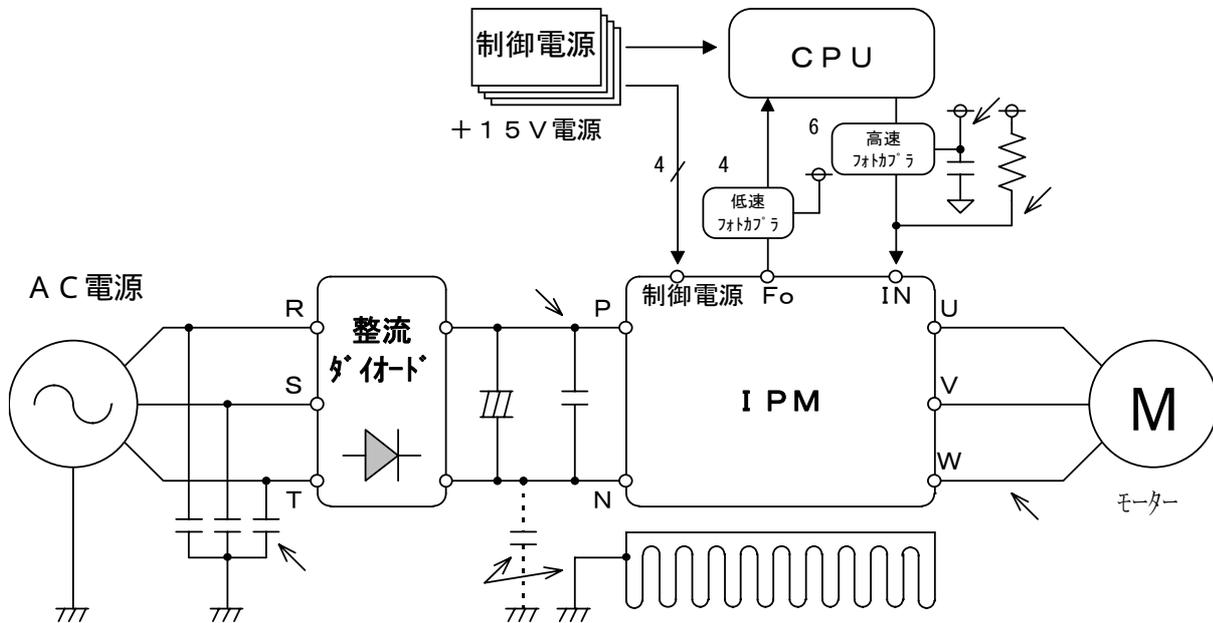
(I P M 回路ブロック)



## 10. 付録

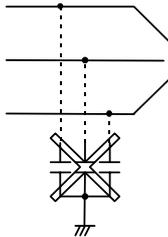
### システム接続 注意図

#### ■ インバータ応用例



#### 注意

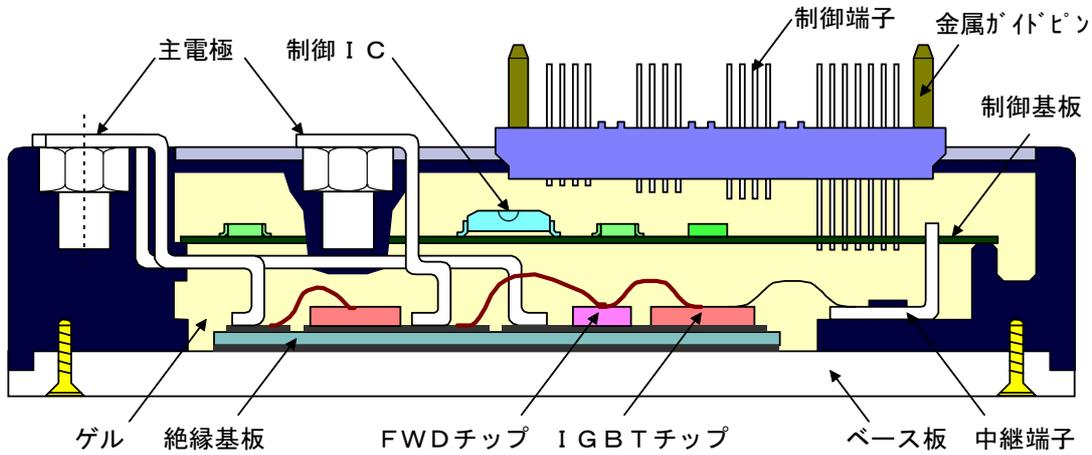
- ①ノイズ除去用にアクロスラインコンデンサを使用する。バリスタを追加する例もある。
- ②放熱フィンよりも、N側を接地した方が効果がある場合もある。
- ③平滑コンデンサとフィルムコンデンサは、IPMの近くに配置する。  
PN間のフィルムコンデンサの容量を増やす。
- ④出力にコンデンサは使用しない。(LCフィルタを使用する。)



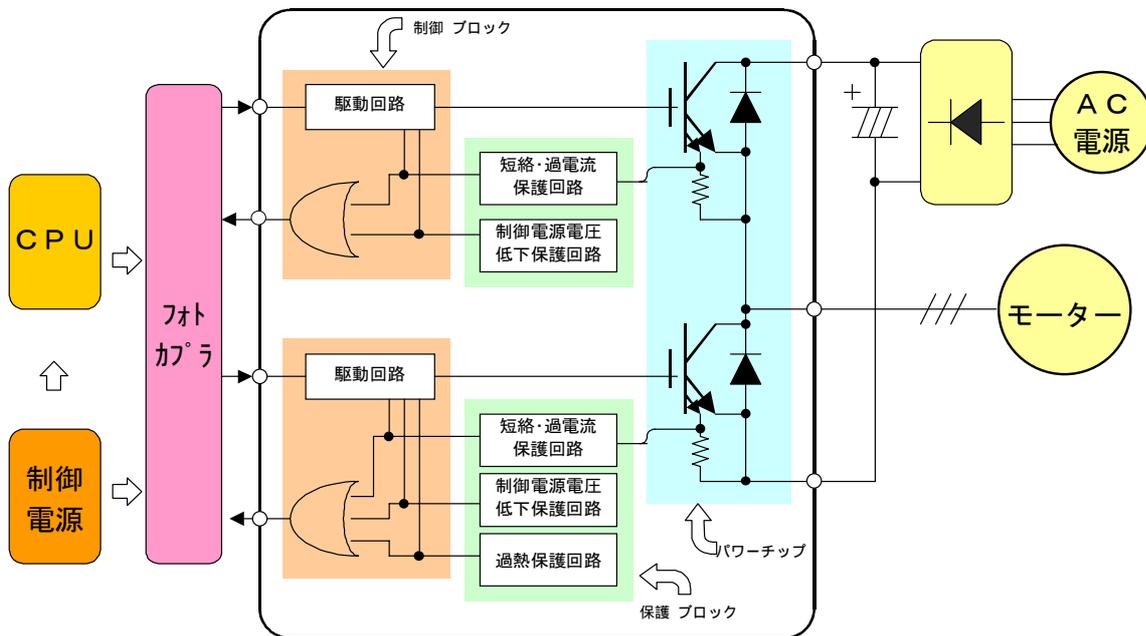
- ⑤入力端子とフォトカプラは最短に配置する。
- ⑥フォトカプラの安定動作(リングング出力防止)のために、制御電源を低インピーダンスにする。  
(電界コンデンサとセラミックコンデンサを接続。)

内部構造&ブロック図

■ I P M の内部構造図



■ I P M の内部機能ブロック図



## 安全設計に関するお願い と 本資料ご利用に際しての留意事項

### 安全設計に関するお願い

- ・弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分にご留意ください。

### 本資料ご利用に際しての留意事項

- ・本資料は、お客様が用途に応じた適切な三菱半導体製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報について三菱電機が所有する知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾するものではありません。
- ・本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例の使用に起因する損害、第三所有の権利に対する侵害に関し、三菱電機は責任を負いません。
- ・本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他全ての情報は本資料発行時点のものであり、三菱電機は、予告なしに、本資料に記載した製品または仕様を変更することがあります。三菱半導体製品のご購入に当りましては、事前に三菱電機または特約店へ最新の情報をご確認頂きますとともに、三菱電機半導体情報ホームページ(<http://www.semicon.melco.co.jp/>)などを通じて公開される情報に常にご注意ください。
- ・本資料に記載した情報は、正確を期すため、慎重に制作したものです。万一本資料の記述誤りに起因する損害がお客様に生じた場合には、三菱電機はその責任を負いません。
- ・本資料に記載の製品データ、図、表に示す技術的な内容、プログラム及びアルゴリズムを流用する場合は、技術内容、プログラム、アルゴリズム単位で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。三菱電機は、適用可否に対する責任を負いません。
- ・本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、三菱電機または特約店へご照会下さい。
- ・本資料の転載、複製については、文書による三菱電機の事前の承諾が必要です。
- ・本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気づきの点がございましたら三菱電機または特約店までご照会下さい。