

# 富士 IGBT V-IPM アプリケーション マニュアル



**富士電機株式会社**

---

## - 第 6 章 -

### 使用上の注意

---

|   | 目次              | ページ |
|---|-----------------|-----|
| 1 | 主電源 .....       | 6-2 |
| 2 | 制御電源 .....      | 6-3 |
| 3 | 保護機能 .....      | 6-4 |
| 4 | パワーサイクル寿命 ..... | 6-5 |
| 5 | その他 .....       | 6-6 |

## 1 主電源

### 1.1 電圧範囲

- ・主電源は、全てのコレクタ・エミッタ主端子間(=V<sub>CES</sub>)において、絶対最大定格電圧(600V 系 = 600V、1200V 系 = 1200V)を超えないようにしてください。
- ・スイッチング時の最大サージ電圧が全ての端子間にて、定格電圧を超えないように、IPM と組込製品の結線を短くし、P、N 端子直近にスナバコンデンサを接続してください。全ての端子間とは  
P629、P626、P630(6in1)、P636(6in1) : [P-(U,V,W)、(U,V,W,)-N]  
P630(7in1)、P636(7in1) : [P-(U,V,W,B)、(U,V,W,B)-N]  
P631(6in1) : [P1-(U,V,W)、P2-(U,V,W)、(U,V,W)-N1、(U,V,W)-N2]  
P631(7in1) : [P1-(U,V,W,B)、P2-(U,V,W,B)、(U,V,W,B)-N1、(U,V,W,B)-N2]
- ・P631 の場合、主電源は P1 - N1 間もしくは P2 - N2 間に接続してください。P1 - N2 間、P2 - N1 間のような襷掛けでの接続は誤動作の原因になる可能性があるため、行わないでください。  
スナバコンデンサは P1 - N1 間、P2 - N2 間の両側につけるとサージ電圧低減に効果的です。

### 1.2 外来ノイズ

- ・IPM 内部で外来ノイズに対する対策を行っておりますが、ノイズの種類や強度により誤動作、破壊の可能性がります。IPM に加わるノイズに対して、十分な対策を行ってください。

#### 1.2.1 装置外部からのノイズ

- ・AC ラインのノイズフィルター、および絶縁アースの強化等の対策を行ってください。
- ・必要があれば、全相の信号入力 - 信号 GND 間に 100pF 以下のコンデンサを付加して対策を行ってください。
- ・アラーム端子に過大なノイズ電圧が加わった場合、アラーム誤出力となる可能性があります。必要に応じて、0.2 ~ 1 K $\Omega$  程度の抵抗をアラーム端子へ直列接続してください。その際は、フォトカプラの CTR を考慮した最適な抵抗値として下さい。
- ・AC ラインからのノイズ侵入を防ぐため、AC 入力の三相各線 - アース間に 4700pF 程度の接地コンデンサを接続してください。
- ・雷サージに対しては、アレスタ等の対策を行ってください。

#### 1.2.2 装置内部からのノイズ

- ・整流器外：1.2.1 項と同様の対策を行ってください。
- ・整流器内：PN ラインにスナバコンデンサ等を付加して対策を行ってください。  
(特に、1 個の整流コンバータに複数のインバータを接続する場合など)

#### 1.2.3 出力端子からのノイズ

- ・コンタクトの開閉サージ等が侵入しない様に外部にて対策を行ってください。

## 2 制御電源

### 2.1 電圧範囲

- ・制御電源電圧範囲は、リップルを含め規格内に入るようにしてください。

| 制御電源電圧<br>(Vcc) [V] | IPMの動作                                                                                                                                                              | 制御電源<br>電圧低下<br>保護(UV) | IPM入力<br>信号電圧 | IGBTの<br>動作 |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|-------------|
| 0 Vcc 5.0           | 制御ICが正常動作せずIGBTへのゲート出力が不定となります。<br>ただし、5V以下のVccがそのままIGBTに加わってもIGBTの<br>ゲート閾値Vth以下のためONは出来ません。<br>制御電源電圧低下保護は動作せず、アラームは出力されません。                                      | -                      | Hi            | -           |
|                     |                                                                                                                                                                     |                        | Lo            | -           |
| 5.0 < Vcc 11.0      | 制御ICが動作します。<br>制御電源電圧低下保護により、IGBTがOFFに固定されます。<br>制御電源電圧低下保護が動作するため、アラームを出力します。                                                                                      | 動作                     | Hi            | OFF         |
|                     |                                                                                                                                                                     |                        | Lo            | OFF         |
| 11.0 < Vcc 12.5     | 制御電源電圧低下保護が動作している場合と<br>動作していない場合の2条件が存在します。<br>制御電源電圧低下保護が動作している場合：<br>IGBTは動作せず、アラームを出力します。<br>制御電源電圧低下保護が動作していない場合：<br>IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従います。<br>アラームは出力されません。 | 動作                     | Hi            | OFF         |
|                     |                                                                                                                                                                     |                        | Lo            | OFF         |
|                     |                                                                                                                                                                     | 解除<br>or<br>動作前        | Hi            | OFF         |
|                     |                                                                                                                                                                     |                        | Lo            | ON          |
| 12.5 < Vcc < 13.5   | 制御電源電圧低下保護は動作しません。<br>IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従いますが、損失が増加し<br>ノイズが低下する傾向にあります。保護特性がシフトするため<br>保護機能が不十分でチップ破壊に至る場合もあります。                                                  | 解除                     | Hi            | OFF         |
|                     |                                                                                                                                                                     |                        | Lo            | ON          |
| 13.5 Vcc 16.5       | 推奨電圧範囲です。ドライブ回路が安定動作します。<br>IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従います。                                                                                                                | 解除                     | Hi            | OFF         |
|                     |                                                                                                                                                                     |                        | Lo            | ON          |
| 16.5 < Vcc 20       | IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従いますが、損失が低下し<br>ノイズが増加する傾向にあります。保護特性がシフトするため<br>保護機能が不十分でチップ破壊に至る場合もあります。                                                                        | 解除                     | Hi            | OFF         |
|                     |                                                                                                                                                                     |                        | Lo            | ON          |
| Vcc < 0, 20 < Vcc   | 制御電源電圧が0V未満(バイアス)、および20Vを超える場合<br>ドライブ回路、メインチップが破壊する可能性があります。<br>絶対に印加しないでください。                                                                                     | -                      | -             | -           |
|                     |                                                                                                                                                                     |                        | -             | -           |

### 2.2 電圧リップル

- ・推奨電源範囲の 13.5V ~ 16.5V は、Vcc の電圧リップルを含んだ範囲です。  
制御電源の設計においては、電圧リップルを十分低くするように注意してください。  
また、電源に重畳されるノイズについても、十分低くするように注意してください。  
推奨電圧範囲以上の制御電源を印加した場合は、IPM が誤動作または破壊する可能性があります。
- ・制御電源は、dv/dt が 5V/μs 以下となるよう設計してください。  
また、電源電圧の変動は±10%以内を推奨します。

### 2.3 電源立上げ / 立下げシーケンス

- ・ Vcc が推奨電圧範囲になったことを確認した後、主電源(P - N 間電圧)を印加してください。  
Vcc の立下げは、主電源よりも遅く立下げてください。  
推奨電圧に到達する前に主電源が印加される場合や、主電源が残っている状態では、外来ノイズで誤動作することがあり、最悪、チップが破壊することがあります。

### 2.4 電源立上げ時、立下げ時のアラーム

- ・ 電源立上げ時、UV 保護動作レベルの電圧ではアラーム(typ = 4ms)が出力されます。  
typ = 4ms 後にアラーム信号は復帰しますが、保護動作解除条件を満たさない限り、入力信号は受け付けません。保護動作の解除条件(保護要因解消、tALM 経過、入力信号 OFF)が揃ったときに、入力信号を受け付けます。アラーム解除後に入力信号を入れるよう、ドライブ回路側での対応をしてください。
- ・ 電源立下げ時もアラームを出力しますので、同様に対応してください。
- ・ タイミングチャートに関しては、第3章5項「タイミングチャート」をご参照ください。

### 2.5 制御回路設計上の注意

- ・ ドライブ回路の消費電流仕様(Icc)を考慮して、十分余裕をもった設計としてください。
- ・ フォトカプラと IPM の入力端子間の配線は極力短くし、フォトカプラの一次側と二次側の浮遊容量を小さくしたパターンレイアウトにしてください。
- ・ 高速フォトカプラの Vcc-GND 間に、コンデンサを近接して取り付けてください。
- ・ 高速フォトカプラは、tpHL、tpLH 0.8μs、高 CMR タイプをご使用ください。
- ・ アラーム出力回路は、低速フォトカプラ CTR 100%のタイプをご使用ください。
- ・ 制御電源 Vcc は、絶縁された 4 電源を使用してください。  
また、各制御電源端子には、周波数特性の良いコンデンサを近接して取り付けるなどして、過渡的な電圧変動を抑えた設計をしてください。
- ・ 入力端子 - GND 間にコンデンサを接続すると、フォトカプラ一次側入力信号に対する応答時間が長くなりますので、ご注意ください。
- ・ フォトカプラの一次側電流 IF は、お使いのフォトカプラの CTR を考慮し、十分に余裕をもった設計にしてください。ノイズの影響を抑えるためには、フォトカプラ二次側のプルアップ抵抗はなるべく低く設定し、インピーダンスを下げてください。  
第4章の「応用回路例」にありますように、フォトカプラ二次側には、プルアップ抵抗を流れる電流 IR と定電流 Iin を合わせた電流を流せるようにフォトカプラ一次側の IF を決める必要があります。IF が不十分な場合、二次側が誤動作を起こす可能性があります。  
ただし、フォトカプラには寿命があるため、一次側制限抵抗の選定に関しては、寿命についても考慮する必要があります。

### 3 保護機能

- ・パッケージによって、アラーム出力の有無が異なりますので、第3章1項「機能一覧表」にて、お手持ちのIPMの保護機能をご確認ください。

#### 3.1 保護動作全般

##### 3.1.1 保護の範囲

- ・IPMの保護機能は非繰返しの異常現象に対応するものです。IPMの保護動作が繰返し動作するような使用は避けてください。
- ・過電流、短絡保護は、制御電源電圧 13.5 ~ 16.5V、主電源電圧 = 200 ~ 400V(600V 系)、400 ~ 800V(1200V 系)において保証されます。

##### 3.1.2 アラーム出力に対する処置

- ・アラームが出力された場合、直ちにIPMへの入力信号を停止して、装置を停止してください。
- ・IPMの保護機能は、異常現象に対して保護しますが、異常原因を取り除くことはできません。装置停止後にお客様にて異常原因を除去した後に、再起動してください。
- ・上アームで異常を検出した場合は、検出した相のIGBTのみ出力をオフさせ、検出したアームはアラームを出力します(P629は除く)。この時、他の各相はスイッチング可能です。一方、下アームで異常を検出した場合は、アラームを出力した相にかかわらず、下アーム(+ブレーキ部)全てのIGBTをオフさせ、下アームからアラームを出力します。この時、上アームの各相はスイッチング可能です。

#### 3.2 保護動作の注意事項

##### 3.2.1 過電流(OC)

- ・過電流保護(OC)は、過電流が不感時間約 5 $\mu$ s( $t_{doc}$ )を超えて継続した場合、OC状態と判定してIGBTをソフト遮断し、アラームが出力されます。  
従って、 $t_{doc}$ の期間内に過電流が除去された場合は、OCが動作せず、通常(ハード)遮断されます。
- ・P629は、上アームのアラーム制御ピンがないため、アラーム出力は行いませんが、OCは動作し、IGBTをソフト遮断します。

##### 3.2.2 短絡(SC)

- ・短絡保護(SC)は、短絡電流が不感時間約 2 $\mu$ s( $t_{dsc}$ )を超えて継続した場合、SC状態と判定してIGBTをソフト遮断し、アラームが出力されます。  
従って、 $t_{dsc}$ の期間内に短絡電流が除去された場合は、SCが動作せず、通常(ハード)遮断されます。
- ・P629は、上アームのアラーム制御ピンがないため、アラーム出力は行いませんが、SCは動作し、IGBTをソフト遮断します。

### 3.2.3 地絡

- ・地絡により、下アームの IGBT に過電流が不感時間( $t_{doc}$ 、 $t_{dsc}$ )を超えて流れた場合は、OC(SC)により保護動作し、全ての IPM でアラーム出力します。
- ・地絡により、上アームの IGBT に過電流が不感時間( $t_{doc}$ 、 $t_{dsc}$ )を超えて流れた場合は、OC(SC)により保護動作しますが、パッケージによってアラーム出力が異なります。  
P629：上アームの OC(SC)により保護しますが、アラーム出力は行いません。  
P626、P630、P631、P636：上アームの OC(SC)により保護します。アラーム出力も行います。

### 3.2.4 負荷短絡・地絡状態での起動

- ・OC、SC には不感時間( $t_{doc}$ 、 $t_{dsc}$ )があるため、不感時間以下の入力信号パルス幅では、保護動作しません。特に、負荷短絡した状態で起動した場合に、入力信号パルス幅が長時間(数 10ms)にわたり不感時間以下であると、短絡が連続して発生するため、チップ温度が急激に上昇します。この場合、チップ温度上昇に対して、通常はチップ過熱保護( $T_{jOH}$ )が動作しますが、 $T_{jOH}$  も 1ms 程度の遅れがあるため、チップ温度上昇の状況によっては保護動作が間に合わず、チップ破壊に至る可能性があります。

### 3.3 チップ過熱保護について

- ・チップ過熱保護( $T_{jOH}$ )はブレーキ部を含む、全 IGBT に内蔵しています。チップが異常発熱した場合は、 $T_{jOH}$  が動作します。V-IPM では、ケース過熱保護が無いため、チップ温度が  $T_{jOH}$  以下において、ケース温度が異常発熱した場合は保護しません。必要に応じて、お客様にて保護機能の搭載をしてください。

### 3.4 FWD の保護について

- ・FWD には保護機能(過電流・過熱保護)がありません。

## 4 パワーサイクル寿命

- ・半導体製品の寿命は永久ではありません。特に自己発熱での温度上昇・下降による熱疲労寿命には注意が必要です。温度の上昇下降が連続的に発生する場合は、温度変動幅を小さくしてください。
- ・温度変化による熱疲労寿命は、パワーサイクル寿命(耐量)と呼ばれ、下記の 2 パターンがあります。  
 $\Delta T_j$  パワーサイクル耐量：比較的短時間の周期で発生するチップ温度変化による寿命  
 (主にチップ表面のワイヤ接合部の劣化による寿命)  
 $\Delta T_j$  パワーサイクル寿命カーブに関しては、MT5Z02525(P629、P626、P630、P631、P636)をご参照ください。  
 $\Delta T_c$  パワーサイクル耐量：比較的長時間の周期で発生するベース温度変化による寿命  
 (主に絶縁基板 DCB と銅ベース間の接合に使用される半田接合部の劣化による寿命)  
 $\Delta T_c$  パワーサイクル寿命カーブに関しては、MT5Z02509(P629、P626、P630)、MT5Z02569(P630 高放熱タイプ、P631、P636)をご参照ください。
- ・また、富士 IGBT モジュール アプリケーションマニュアル(RH984(\*)) 11 章「パワーモジュールの信頼性」も併せてお読みください。

## 5 その他

### 5.1 装置への組込み、使用時の注意事項

IPM の使用、装置への組込みにあたっては、IPM の納入仕様書も併せてお読みください。

万一の不慮の事故でチップが破壊した場合を考慮して、商用電源と本製品の間に適切な容量のヒューズまたはブレーカーを必ず付けて二次破壊を防いでください。

通常のターンオフ動作におけるチップ発熱の検討の際には、ターンオフ電圧・電流の動作軌跡が RBSOA 仕様内にあることを確認してください。

製品の使用環境を十分に把握し、製品の信頼性寿命が満足できるか検討の上、本製品を適用してください。製品の信頼性寿命を超えて使用した場合、装置の目標寿命より前にチップが破壊する場合があります。

IPM とヒートシンクの間にはサーマルコンパウンドの塗布などを実施して、接触熱抵抗を小さくしてください(第5章3項参照)。

ネジの長さに注意してください。ネジ穴深さ以上のネジを使用するとパッケージが破損する場合があります(第1章6項参照)。

IPM の締付けトルクやヒートシンクの平坦度は、仕様書で定めた範囲でご使用ください。

誤った取り扱いをすると、絶縁破壊を起こす場合があります(第5章2項参照)。

IPM に荷重がかからないように注意してください。

フタ変形を伴うような応力を加えないでください。押し込み方向では IPM 内部回路が破損する恐れがあります。引っ張り方向ではフタが外れる恐れがあります。又、制御端子が曲がらないように注意してください。

主端子、制御端子にリフローによるはんだ付けは行わないでください。他の製品のはんだ付け等による熱、フラックス、洗浄液が IPM に影響を与えないよう注意してください。

腐食性ガスの発生場所・塵埃の多い場所を避けてください。

主端子、制御端子に静電気が加わらないように注意してください。

制御回路と IPM との着脱に際して、Vcc が 0V であることを確認して行ってください。

制御端子 GNDU と主端子 U、制御端子 GNDV と主端子 V、制御端子 GNDW と主端子 W、制御端子 GND と主端子 N(P631 の場合 : N1、N2)を IPM 外部で接続しないでください。誤動作の原因になる可能性があります。

IPM を単相にて使用する場合やブレーキ内蔵タイプにてブレーキを使用しない場合は、使用しない相も制御電源を供給し、入力端子(VIN)、アラーム出力端子(ALM)共に Vcc へプルアップしてください。入力端子(VIN)がオープン状態で制御電源を上げた場合、アラーム出力状態となります。

アラームを使用しない場合は、それぞれの制御電源 Vcc にプルアップしてください。

アラーム要因識別機能に関しては、IPM から出力されるアラーム信号幅を示しております。アラーム用フォトカブラの 2 次側におけるアラーム出力時間は、フォトカブラの遅れ時間や周辺回路等を考慮して設計する必要があります。

IPM を並列接続で使用できません。IPM は駆動・保護回路をそれぞれの IPM に内蔵しており、並列動作させると、スイッチング時間のずれや、保護のタイミングがずれることにより、特定の IPM に電流が集中し破壊する恐れがあります。

エポキシ充鎮樹脂及びケース材料には UL 規格の 94-V0 認定品を使用していますが、不燃性ではありません。又、主端子や制御端子のはんだ付け時にフタ表面温度がガラス転移温度を超えないように注意してください。はんだが触れた場合、突起部が溶けて変形する、はんだが付着して残る可能性があります。

## ご 注 意

- このカタログの内容（製品の仕様、特性、データ、材料、構造など）は2024年10月現在のものです。この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により事前の予告なく変更されることがあります。このカタログに記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、データを確認してください。
- 本カタログに記載してある応用例は、富士電機の半導体製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、本カタログによって工業所有権、その他権利の実施に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 富士電機（株）は絶えず製品の品質と信頼性の向上に努めています。しかし、半導体製品はある確率で故障する可能性があります。富士電機の半導体製品の故障が、結果として人身事故、火災等による財産に対する損害や、社会的な損害を起こさぬように冗長設計、延焼防止設計、誤動作防止設計など安全確保のための手段を講じてください。
- 本カタログに記載している製品は、普通の信頼度が要求される下記のような電子機器や電気機器に使用されることを意図して造られています。

|               |        |           |          |             |
|---------------|--------|-----------|----------|-------------|
| ・コンピュータ       | ・OA 機器 | ・通信機器（端末） | ・計測機器    | ・工作機械       |
| ・オーディオビジュアル機器 |        | ・家庭用電気製品  | ・パーソナル機器 | ・産業用ロボット など |
- 本カタログに記載の製品を、下記のような特に高い信頼度を持つ必要がある機器に使用をご予定のお客様は、事前に富士電機（株）へ必ず連絡の上、了解を得てください。このカタログの製品をこれらの機器に使用するには、そこに組み込まれた富士電機の半導体製品が故障しても、機器が誤動作しないように、バックアップ・システムなど、安全維持のための適切な手段を講じることが必要です。

|                |          |               |       |
|----------------|----------|---------------|-------|
| ・輸送機器（車載、船用など） | ・幹線用通信機器 | ・交通信号機器       |       |
| ・ガス漏れ検知及び遮断機   | ・防災／防犯装置 | ・安全確保のための各種装置 | ・医療機器 |
- 極めて高い信頼性を要求される下記のような機器及び戦略物資に該当する機器には、本カタログに記載の製品を使用しないでください。

|       |           |          |         |
|-------|-----------|----------|---------|
| ・宇宙機器 | ・航空機搭載用機器 | ・原子力制御機器 | ・海底中継機器 |
|-------|-----------|----------|---------|
- 本カタログの一部または全部の転載複製については、文書による当社の承諾が必要です。
- このカタログの内容にご不明の点がありましたら、製品を使用する前に富士電機（株）または、その販売店へ質問してください。本注意書きの指示に従わないために生じたいかなる損害も富士電機（株）とその販売店は責任を負うものではありません。