



富士 第7世代IGBT-IPM
X シリーズ
第6章 使用上の注意



Application Manual

注意

このマニュアルの内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2020年12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。このマニュアル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。

本資料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、本資料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。

 **注意**

(1) 輸送と保管

段ボール箱の適切な面を上にして運搬してください。そうしないと製品に予期しないストレスがかかり、端子の曲りや樹脂パッケージ内の歪みなど、影響を及ぼす可能性があります。さらに製品を投げたり落下させたりすると、製品に大きなダメージを与える可能性があります。また水に濡れると破壊や故障の原因になりますので、雨や結露には十分な配慮をお願いします。輸送中の温度や湿度などの環境条件は、仕様書に記載してありますので厳守してください。

(2) 組み立て環境

パワーモジュールの素子は静電気放電に対して非常に弱いため、組み立て環境におけるESD 対策を適切に実施してください。特に、制御端子部は、内蔵されている制御ICと内部で接続されているため注意が必要です。

(3) 動作環境

製品を酸や有機物、腐食性ガス(硫化水素、硫酸ガスなど)にさらされる環境で使用した場合、製品性能や外観を十分確保することができません。

第6章 使用上の注意

1. 主電源	6-2
2. 制御電源	6-3
3. 保護機能	6-5
4. パワーサイクル寿命	6-7
5. その他	6-7

本章では、XシリーズIPMの使用上の注意について説明します。

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_{CES})において、絶対最大定格電圧（650V系 = 650V, 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と装置の結線を短くし、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、表6-1に記載されている端子間を示します。

表6-1 各パッケージの端子間

パッケージ	端子間
P639, P629, P626, P630(6in1), P636(6in1), P638	[P-(U,V,W)、(U,V,W)-N]
P630(7in1)、P636(7in1)、P644	[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、破壊する場合があります。IPMに加わるノイズに対して、十分な評価と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、全相の入力信号-GND間にスイッチング時間に影響のない範囲でコンデンサ(100pF以下)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、アラーム出力に影響のない範囲で0.2~1k Ω 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、フォトカプラの電流伝達率(CTR)を考慮した最適な抵抗値としてください。
- ・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-Aース間に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: P, N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。

1.2.3 出力端子からのノイズ

- ・コンタクタ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、電圧リップルを含め規格内に入るようにしてください。

表6-2 制御電源電圧値による動作

制御電源電圧 (V_{CC}) [V]	IPMの動作	制御電源電圧低下保護 (UV)	IPM入力信号電圧	IGBTの動作
$0 \leq V_{CC} \leq 5.0$	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。ただし、5V以下の V_{CC} がそのままIGBTに加わってもIGBTのゲート閾値 V_{th} 以下のためONはできません。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	—
$5.0 < V_{CC} \leq 11.0$	制御ICが動作します。制御電源電圧低下保護により、IGBTがOFF固定されます。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
$11.0 < V_{CC} \leq 12.5$	制御電源電圧低下保護が動作している場合と動作していない場合の2条件が存在します。 ①制御電源電圧低下保護が動作している場合: IGBTは動作せず、アラームを出力します。 ②制御電源電圧低下保護が動作していない場合: IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従います。 アラームは出力されません。	①動作	Hi	OFF
			Lo	OFF
		②解除 or 動作前	Hi	OFF
			Lo	ON
$12.5 < V_{CC} \leq 13.5$	制御電源電圧低下保護が動作しません。IGBTへの動作は、IPMへの入力信号に従いますが、損失が増加しノイズが低下する傾向にあります。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$13.5 < V_{CC} \leq 16.5$	推奨動作電圧範囲です。ドライブ回路が安定動作します。IGBTの動作は、IPMへの入力信号に従います。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$16.5 < V_{CC} \leq 20$	制御電源電圧低下保護が動作しません。IGBTへの動作は、IPMへの入力信号に従いますが、損失が低下し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短絡電流が増加する可能性があります。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$V_{CC} < 0, 20 < V_{CC}$	制御電源電圧が0V未満、および20Vを超える場合は、パワーチップ、制御ICが誤動作、または破壊する場合があります。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、 V_{CC} 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が誤動作する可能性があります。
- ・制御電源は、 dv/dt が $5V/\mu s$ 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

- ・ V_{CC} 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。
 V_{CC} 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、破壊する可能性があります。

2.4 電源立上げ時、立下げ時のアラーム

- ・電源立上げ時、UVアラームが出力されます。
 $t_{ALM(UV)}$ 経過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、IPMIは入力信号を受け付けません。保護動作の解除条件(保護要因解消、 $t_{ALM(UV)}$ 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。
- ・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

- ・制御電源 V_{CC} は、絶縁された4電源(上相3電源、下相1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するなどして、過渡的な電圧変動を抑えた設計をしてください。
- ・ドライブ回路の消費電流仕様(I_{cc})を考慮して、十分余裕をもった設計としてください。
- ・誤動作防止のため、他相配線との間隔や並走の仕方などに注意し、クロストークの影響を受けにくい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 V_{CC} -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、 tp_{HL} 、 $tp_{LH} \leq 0.8 \mu s$ 、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 $\geq 100\%$ のタイプをご使用ください。
- ・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。
- ・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。

3. 保護機能

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 I_R と定電流 I_n を合わせた電流を流せるようにフォトカプラ一次側の I_f を決める必要があります。 I_f 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。

また、パッケージによって上相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のアラーム仕様をご確認ください。

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。最悪の場合、破壊する場合があります。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(650V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。

・上相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、検出した相はアラームを出力します(P629、P639は除く)。この時、他の各相はスイッチング可能です。

一方、下相のインバータ部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、下相のインバータ部全てのIGBTをOFFさせ、下相からアラームを出力します。この時、下相のブレーキ部と上相の各相はスイッチング可能です。下相のブレーキ部で異常を検出した場合は、ブレーキ部＋下相全てのIGBTをオフさせ、下相からアラームを出力します。この時、上相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 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が動作せず通常遮断します。

・P629、P639は、上相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 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が動作せず通常遮断します。

・P629、P639は、上相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

(1) 上相IGBTの地絡保護とアラーム出力

・地絡により、上相の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、P639: 上相の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、P638、P644: 上相のOC(SC)により保護します。アラーム出力も行います。

(2) 下相IGBTの地絡保護とアラーム出力

・地絡により、下相の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、全てのパッケージでアラーム出力します。

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程度の不感時間があるため、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、破壊する場合があります。

また、電源投入時はAC電源→アース→出力端子→FWDチップ→電解コンデンサの経路で電解コンデンサの充電電流が流れるため、FWDチップが破壊す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。X-IPMでは、ケース過熱保護が無い場合、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。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。
 - ① ΔT_{vj} 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)
 ΔT_{vj} パワーサイクル寿命カーブに関しては、MT6M15364をご参照ください。
 - ② ΔT_{jc} 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)
 ΔT_{jc} パワーサイクル寿命カーブに関しては、MT5F39952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 装置への使用時の注意事項

- ① IPMの使用、装置への取り付けにあたっては、IPMの納入仕様書も併せてお読みください。
- ② 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。
- ③ 通常のターンオフ動作におけるチップ責務の検討の際には、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。なお、IPMには、短絡電流を検出して破壊前に自己遮断する短絡保護機能があるため、SCSOAを規定していません。短絡時においては、サージ電圧が絶対最大定格内であることを確認してください。
- ④ 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IPMが破壊する場合があります。
- ⑤ 最大定格内の使用であっても、温度や使用環境により製品寿命が異なる場合があります。製品寿命や使用環境等を十分考慮の上御使用ください。
- ⑥ パワーチップが破壊したIPMを再起動すると保護機能が正常に動作できないため、大規模な破壊になる可能性があります。破壊したIPMの再起動は行わないでください。

5.2 装置への取り付けの注意事項

- ① 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）。
- ② 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5項参照）。
- ③ 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。
この範囲を超えて使用したり、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）。
- ④ 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。
- ⑤ 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。
- ⑥ 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。
- ⑦ 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。
- ⑧ 制御回路とIPMとの着脱に際して、 V_{CC} が0Vであることを確認して行ってください。
- ⑨ 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。
- ⑩ 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(V_{in})、アラーム出力端子(ALM)共に V_{CC} へプルアップしてください。
入力端子(V_{in})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。
- ⑪ ワーニング機能を使用しない場合は、ワーニング端子をオープンにすることを推奨します。
なお、ワーニング端子を V_{CC} にプルアップする場合は、ワーニング動作時に V_{CC}/R_{WNG} による消費電流が増加しますので制御電源の設計を考慮してください。
また、GNDにプルダウンすると常時200uA程度の電流が制御ICから流れるため、推奨いたしません。
- ⑫ アラーム出力は、保護要因によってアラーム時間が異なって出力されます。（第3章2項参照）
アラーム用フォトカプラの2次側におけるアラーム出力時間は、フォトカプ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。
- ⑬ 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場合があります。
- ⑭ 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。
- ⑮ 主端子や制御端子のはんだ付け時にフタ表面温度がはんだ耐熱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、フタが溶けて変形する、はんだが付着して残る可能性があります。
- ⑯ XシリーズIPMは、インバータ用途への適用を前提に設計されています。コンバータ用途へ適用される場合は、十分な検討が必要です。コンバータへ適用される場合はお問合せください。
- ⑰ ブレーキ部は抵抗負荷の適用を前提として設計されています。インダクタ負荷の接続や昇圧回路等を使用する場合はお問合せください。