

## 第6章 使用注意事项

1. 主电源	6-2
2. 控制电源	6-3
3. 保护功能	6-5
4. 功率循环寿命	6-7
5. 其他	6-7

本章将对X系列IPM的使用注意事项进行说明。

## 1.主电源

### 1.1 电压范围

- 主电源在所有集电极·发射极主端子之间(=V<sub>CES</sub>)请不要超过绝对最大额定电压(650V系=650V,1200V系=1200V)。
- 为了使开关时的最大浪涌电压在所有端子之间都不超过额定电压,IPM与系统的连线请尽量短,并在靠近P,N端子处安装缓冲电容。所有端子之间是指表6-1中所记载的端子。

表6-1 各系列的端子间

封装	端子间
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的主电源请连接在P1—N1之间或P2—N2之间。P1—N2之间、P2—N1之间的交叉连接有可能会产生误动作,请勿尝试。

缓冲电容安装在P1—N1间、P2—N2间的两侧时降低浪涌电压的效果更好。

### 1.2 外来噪音

- IPM内部设计了针对外来噪音的应对措施,但根据噪音的种类和强度不同,可能会出现误动作、损坏的情况。针对施加到IPM上的噪音,请对其进行充分的评估并采取应对措施。

#### 1.2.1 来自系统外部的噪音

- 请采取AC线路噪音滤波器以及强化绝缘对地等措施。
- 如有必要,请在全部相的输入信号—GND之间增加不影响开关时间的电容(100pF以下)。
- 对报警端子施加过高的噪音电压时可能会出现误报警的情况。请根据需要在不影响报警输出的范围内在报警端子上串联0.2~1kΩ的电阻。

此时,请根据光耦的电流传导率(CTR)选择适合的电阻值。

- 为了防止来自AC线路的噪音干扰,请在AC输入的三相各线—地线之间连接对地电容。
- 针对雷击浪涌,请采取防雷器等措施。

### 1.2.2 来自系统内部的噪音

- 整流器外：请采取与1.2.1项相同的措施。
- 整流器内：请采取在P、N线路上安装缓冲电容等措施。

### 1.2.3 来自输出端子的噪音

- 为了防止接触器的开闭浪涌等干扰，请在外部采取相应措施。

## 2.控制电源

### 2.1 电压范围

- 控制电源电压其范围请控制在包括电压纹波的规格值内。

表6-2 基于控制电源电压值的动作

控制电源电压 ( $V_{CC}$ ) [V]	IPM动作	控制电源 欠压保护 (UV)	IPM输入 信号电压	IGBT 动作
$0 \leq V_{CC} \leq 5.0$	控制IC不能正常动作，对IGBT的门极输出不稳定。但即使5V以下的 $V_{CC}$ 直接施加到IGBT上时，IGBT的门极阈值仍在 $V_{th}$ 以下，因此无法开启。控制电源欠压保护不动作，不输出报警信号。	—	Hi	—
			Lo	—
$5.0 < V_{CC} \leq 11.0$	控制IC动作。控制电源欠压保护将使IGBT固定在关断状态。控制电源欠压保护动作，输出报警信号。	动作	Hi	OFF
			Lo	OFF
$11.0 < V_{CC} \leq 12.5$	存在控制电源欠压保护动作和不动作2种条件。 ①控制电源欠压保护动作时： IGBT不动作，输出报警信号。 ②控制电源欠压保护不动作时： IGBT将根据IPM的输入信号动作。 不输出报警信号。	①动作	Hi	OFF
			Lo	OFF
		②解除 or 动作前	Hi	OFF
			Lo	ON
$12.5 < V_{CC} \leq 13.5$	控制电源欠压保护不动作。IGBT将根据IPM的输入信号动作，不过存在损耗增加噪音降低的倾向。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$13.5 < V_{CC} \leq 16.5$	推荐的动作电压范围。驱动电路稳定运行。IGBT将根据IPM的输入信号动作。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$16.5 < V_{CC} \leq 20$	控制电源欠压保护不动作。IGBT将根据IPM的输入信号动作，不过存在损耗降低噪音增加的倾向。由于保护特性变化，有可能出现短路电流增加的情况。	解除	Hi	OFF
			Lo	ON
$V_{CC} < 0, 20 < V_{CC}$	控制电源电压低于0V以及超过20V时，有可能出现功率芯片、控制IC误动作或损坏的情况。绝对不要施加。	—	—	—
			—	—

## • 2.2 电压纹波

- 推荐电压范围13.5V~16.5V包含 $V_{CC}$ 的电压纹波。

在设计控制电源时请注意应充分考虑减小电压纹波。此外，也应采取充分的措施来降低叠加到电源上的噪音。施加高于推荐电压范围的控制电源时，有可能会導致IPM误动作。

- 控制电源在设计时应尽量保证 $dv/dt$ 在5V/ $\mu$ s以下。

此外，电源电压的变化推荐在 $\pm 10\%$ 以内。

## 2.3 电源上电 / 下电顺序

- 在确认 $V_{CC}$ 已达到推荐电压范围后再施加主电源（P、N间电压）。

$V_{CC}$ 的下降请保证比主电源缓慢。在达到推荐电压之前施加主电源时或在主电源残留的状态下，有可能会因外来噪音而误动作，也有可能造成损坏。

## 2.4 电源上电时、下电时的报警

- 电源上升时，将输出UV报警。

虽然在经过 $t_{ALM(UV)}$ 之后报警信号就会恢复，不过只要未满足保护动作解除条件，IPM就不会接收输入信号。保护动作的解除条件（保护因素消除、时间经过 $t_{ALM(UV)}$ 、输入信号OFF）达成时，将开始接收输入信号。请在驱动电路侧采取措施保证在报警解除后能够接收输入信号。

- 电源下电时也会输出报警。
- 时序图请参照第3章第5项“时序图”。

## 2.5 控制电路设计上的注意事项

- 控制电源 $V_{CC}$ 请使用绝缘的4组电源（上桥臂3组电源、下桥臂1组电源）。

此外，请在各控制电源端子附近安装频率特性良好的电容等，尽可能减少过大的电压波动。

- 请充分考虑驱动电路的消耗电流规格值（ $I_{CC}$ ），在设计时要留有充分的裕量。
- 为了防止误动作，请注意与其他相配线的间隔及并行的方式等，在布线配置上避免受到串扰的影响。
- 请在高速光耦的 $V_{CC}$ -GND之间靠近的位置安装电容。
- 高速光耦请使用 $tp_{HL}$ 、 $tp_{LH} \leq 0.8\mu$ s、高CMR的产品。
- 对于报警输出电路，请使用低速光耦 $CTR \geq 100\%$ 的产品。
- 请注意，在输入端子—GND之间连接电容时，会导致对光耦一次侧输入信号的响应时间变长。
- 请尽可能缩短光耦与IPM输入端子之间的配线，通过布线配置降低光耦一次侧与二次侧的寄生电容。
- 设计光耦的一次侧电流 $I_F$ 时，应充分考虑所使用光耦的CTR，保留充分的裕量。为了降低噪音的影响，光耦二次侧的上拉电阻请尽可能设定的低一些，以降低阻抗。

## 3. 保护功能

如第4章的“应用电路示例”所述，必须确定光耦一次侧的 $I_F$ ，以便在光耦二次侧产生上拉电阻电流 $I_R$ 与恒定电流 $I_{in}$ 合并的电流。 $I_F$ 不充分时，二次侧可能会出现误动作。同时，由于光耦使用寿命有限，因此在选定一次侧限制电阻时也需要考虑使用寿命的因素。

此外，有些系列中没有上桥臂报警输出，请在第3章1项“功能一览表”中对IPM的报警规格进行确认。

### 3.1 保护动作

#### 3.1.1 保护范围

- IPM的保护功能用于应对非重复的异常现象。请避免让IPM的保护动作反复触发。最坏情况下有可能会造成损坏。过电流、短路保护可在控制电源电压13.5~16.5V、主电源电压=200~400V（650V系）、400~800V（1200V系）的条件下正常工作。

#### 3.1.2 对报警输出的处置

- 报警输出后，请立即停止向IPM输入信号并停止系统动作。
- IPM的保护功能仅用于对异常现象进行保护，并不能消除导致异常的原因。
- 上桥臂检测到异常时，将仅关闭所检测桥臂的IGBT的输出，检测到异常的桥臂将会输出报警(P629、P639除外)。此时，其他各相可以进行开关。

另一方面，下桥臂的逆变部分检测到异常时，无论输出报警的是哪一相，下桥臂逆变部分所有的IGBT都将被关闭，并由下桥臂输出报警。此时，下桥臂的制动部与上桥臂的各相可进行开关。下桥臂的制动部检测到异常时，制动部+下桥臂所有的IGBT都将被关闭，并由下桥臂输出报警。此时，上桥臂的各相可以进行开关。

### 3.2 保护动作的注意事项

#### 3.2.1 过电流（OC）

- 过电流保护（OC）在过电流持续超过延迟时间 $t_{dOC}$ 时，将会判定为OC状态并对IGBT进行软关断，同时输出报警。

因此，过电流在 $t_{dOC}$ 时间内被消除时，OC将不会动作并进行正常关断。

- P629、P639中没有上桥臂的报警输出端子，不会进行报警输出，但OC会动作并对IGBT进行软关断。

### 3.2.2 短路 (SC)

· 短路保护 (SC) 在短路电流持续超过延迟时间 $t_{dSC}$ 时, 将会判定为SC状态并对IGBT进行软关断, 同时输出报警。

因此, 短路电流在 $t_{dSC}$ 时间内被消除时, SC将不会动作, 只是进行正常关断。

· P629、P639中没有上桥臂的报警输出端子, 不会进行报警输出, 但是SC会动作并对IGBT进行软关断。

### 3.2.3 对地短路

#### (1)上桥臂IGBT的对地保护与报警输出

· 因对地短路而在上桥臂的IGBT中出现过电流超过延迟时间 ( $t_{dOC}$ 、 $t_{dSC}$ ) 的情况时, 将会由OC (SC) 实施保护动作, 不过各封装系列的报警输出有所不同。

P629、P639: 会通过上桥臂的OC (SC) 进行保护, 但不会进行报警输出。

P626、P630、P631、P636、P638、P644: 通过上桥臂的OC (SC) 进行保护。也进行报警输出。

#### (2)下桥臂IGBT的对地保护与报警输出

· 因对地短路而在下桥臂的IGBT中出现过电流超过延迟时间 ( $t_{dOC}$ 、 $t_{dSC}$ ) 的情况时, 将会由OC (SC) 实施保护动作, 且所有系列均会进行报警输出。

### 3.2.4 负载短路·对地短路状态启动

· OC、SC存在延迟时间 ( $t_{dOC}$ 、 $t_{dSC}$ ), 低于延迟时间的输入信号脉冲宽度将不会引发保护动作。特别是在负载短路的状态下启动时, 如果输入信号脉冲宽度长时间 (数10ms) 处于延迟时间以下时, 将会连续发生短路, 导致芯片温度急剧上升。此时, 一般芯片过热保护 ( $T_{jOH}$ ) 将会动作, 不过由于 $T_{jOH}$ 也有1ms左右的延迟时间, 所以根据芯片温度上升的情况, 可能会出现保护动作过慢造成芯片损坏的情况。

此外, 电源接通时会按照AC电源→地线→输出端子→FWD芯片→电解电容的路径流过电解电容的充电电流, 因此有可能出现FWD芯片损坏的情况。

### 3.3 芯片过热保护

· 包括制动部的所有IGBT中都内置有芯片过热保护 ( $T_{jOH}$ )。芯片异常发热时,  $T_{jOH}$ 将会动作。X-IPM由于没有外壳过热保护, 因此在芯片温度低于 $T_{jOH}$ 时, 即使外壳温度异常发热也不会启动保护。请根据需要由用户自行配备保护功能。

### 3.4 FWD保护

· FWD没有保护功能。

## 4.功率循环寿命

- 半导体产品的使用寿命是有一定期限的。应特别留意因温度上升・下降而导致的热疲劳寿命。当温度连续上升下降时，请尽量减小温度变化的幅度。
- 温度变化导致的热疲劳寿命也称为功率循环寿命（耐量），有下述2种模式。
  - ①  $\Delta T_{vj}$ 功率循环耐量：周期相对较短的时间内发生的芯片温度变化所导致的寿命减少（主要是芯片表面的绑定线接合部老化所导致的寿命减少）  
 $\Delta T_{vj}$ 功率循环寿命曲线请参照MT6M15364。
  - ②  $\Delta T_c$ 功率循环耐量：周期相对较长的时间内发生的底板温度变化所导致的寿命减少（主要是用于接合绝缘DCB与铜底板之间的焊接部分老化所导致的寿命）  
 $\Delta T_c$ 功率循环寿命曲线请参照MT5F39952。
- 此外，请同时参照富士IGBT模块应用手册（RH984）11章“功率模块的可靠性”。请务必仔细阅读。

## 5.其他

### 5.1 在设备上使用时的注意事项

- ① IPM使用时以及安装到设备上时的注意事项，请同时阅读IPM的交货规格书。
- ② 为了防止芯片损坏，请务必在商用电源与本产品之间安装容量合适的保险丝或断路器，防止二次损坏。
- ③ 在分析通常关断动作中芯片功能是否正常时，请确认关断电压・电流动作轨迹是否符合RBSOA规格。  
另外，由于IPM中配备了能够检测短路电流并在损坏前进行自我关断的短路保护功能，因此未对SCSOA进行规定。短路时，请确认浪涌电压在绝对最大额定值范围内。
- ④ 请充分掌握产品的使用环境，在确认能否满足产品的可靠寿命要求的基础上再选用本产品。超出产品的可靠寿命进行使用时，IPM有可能会在系统的目标寿命之前发生损坏。
- ⑤ 即使在最大额定值范围内使用，产品寿命也可能会因温度及使用环境的影响而改变。使用时请充分考虑产品寿命及使用环境等因素。
- ⑥ 重新启动功率芯片已经损坏的IPM时，保护功能将无法正常工作，有可能会造成大规模的损坏。请勿重新启动已经损坏的IPM。

## 5.2 安装至设备时的注意事项

- ① 请在IPM与散热器之间涂上导热硅脂等，以降低接触热阻。  
(参照第5章第3项)。
- ② 请注意螺栓的长度。如果使用比螺孔深度更长的螺栓，有可能损坏外壳。  
(参照第1章第5项)。
- ③ IPM的紧固扭矩及散热器的平坦度，请参考规格书所规定的范围进行紧固及调整。  
如果超过规格书所规定的范围或错误的安装，有可能引起绝缘损坏(参照第5章第2项)。
- ④ 请注意不要向IPM施加机械应力。  
请勿施加使盖子变形的应力。否则在按压方向上可能损坏IPM内部电路。  
向外拉扯盖子可能会导致脱落。另外，请注意不要弯曲控制端子。
- ⑤ 请勿对主端子、控制端子进行回流焊。  
在焊接其他部件时，请不要让产生的热量、助焊剂、清洗剂影响IPM。
- ⑥ 请避免在有腐蚀性气体及灰尘较多的场所使用。
- ⑦ 请不要对主端子、控制端子施加静电。
- ⑧ 在进行IPM与控制电路之间的装卸时，请确认 $V_{CC}$ 为0V后再进行操作。
- ⑨ 请勿在IPM外部将控制端子GNDU与主端子U、控制端子GNDV与主端子V、控制端子GNDW与主端子W、控制端子GND与主端子N(P631为N1、N2)进行连接。  
否则可能导致误动作。
- ⑩ 如果仅使用IPM单相或者不使用内置制动系列的制动相，未使用的相也需供给控制电源，将输入端子( $V_{in}$ )、报警输出端子(ALM)上拉到VCC。  
在输入端子( $V_{in}$ )悬空的状态下供给控制电源时，将输出报警信号。
- ⑪ 在不使用预警功能时，推荐悬空预警端子。  
当预警端子上拉到 $V_{CC}$ 时，在预警动作时因 $V_{CC}/R_{WNG}$ 所产生的消耗电流将会增加。  
此时请考虑控制电源的设计。  
另外，如果将预警端子下拉GND时，通常情况下会有大约200uA的电流通过控制IC，因此不推荐这样做。
- ⑫ 报警输出信号因保护信号的不同输出的脉宽也不同。(参照第3章第2项)  
报警用光耦二次侧的报警输出时间，应结合光耦的延时及周边电路等情况进行设计。
- ⑬ IPM不能并联使用。各个IPM内置驱动、保护电路，如果将各个IPM并联，可能会因开关时间的偏差及保护时间的偏差导致电流集中于特定的IPM并使其损坏。
- ⑭ 外壳虽然使用的是UL规格的94-V0认定品，但并非不燃材料。
- ⑮ 在进行主端子及控制端子的焊接时，需注意勿让盖子表面温度超过焊接耐热温度。  
如果焊料接触到盖子，可能导致盖子融化变形及焊料附着残留的情况发生。
- ⑯ X系列的IPM是以逆变器用途为前提而设计的。将本产品应用于整流器时，需充分研讨。  
如欲将其应用于整流器，请咨询相关人员。
- ⑰ 制动部是以电阻负载为前提进行设计的。如需使用电感负载或用于升压电路等，请咨询相关人员。