

Application NOTE
244PB230052

IGBTゲート抵抗の考察

萩原レクトロニクス株式会社
パワーデバイス拡販部

このアプリケーションNOTEは[Starpower社が発行している情報を和訳した参考資料](#)です。
詳しくは、リンク先を参照してください。

概要

ゲート抵抗 R_g は IGBT のスイッチング特性に大きな影響を与えるため、適切なスイッチングをさせるにはゲート抵抗を正しく選択することが重要です。しかし、ゲート抵抗の選択は非常に複雑で、簡単に言えば、 R_g を小さくするとターンオン時間とターンオフ時間が短くなり、スイッチング損失も小さくなりますが、逆にゲート発振や高速な di/dt と、 dv/dt はシステムに対して悪影響を及ぼすノイズを発生する可能性があります。一方、 R_g を増やすと、スイッチング遅延が増加することに加えて、システム保護、IGBT 自体の保護、および放熱設計にさまざまな影響を及ぼします。

目次

1. ゲート抵抗の選定について
2. ゲート抵抗の特性要件
3. ゲート抵抗の電力要件
4. その他の注意事項

1. ゲート抵抗の選定について

回路には浮遊インダクタンスが存在するため、 R_g を低減する際には di/dt の影響を考慮する必要があります。高速な di/dt は、IGBT のオフ時に過剰なピーク電圧を生ずるだけでなく、スパイク電圧を引き起こします。更には、ターンオン時にダイオードの逆回復電流が過大になり、IGBT 内でラッチアップが発生しやすくなり、故障につながります。同時に、 dv/dt と di/dt が高すぎると、コモンモードノイズとディファレンシャルモードノイズも増加し、駆動回路や他のデバイスの誤動作につながります。逆に、 R_g を大きくする場合は、ターンオフ遅延やゲート電圧上昇の影響を考慮する必要があり、ターンオフ時間が長くなるとデッドタイムの設定に充分配慮する必要があります。また、発生したドリフト電流の影響で、オフ状態の IGBT が誤ってオンになるリスクが高くなります。誤ったターンオンを防ぐためにターンオフに十分な負電圧を与えるのが最も一般的な方法ですが、過度の負電圧はターンオン遅延をさらに増大させるだけでなく、IGBT のターンオフ速度も速め、過電圧による故障のリスクが高まります。また、ゲート抵抗は短絡電流に耐えられる時間とゲート電圧の上昇高さにも影響するので、 R_g が小さすぎると IGBT の短絡電流に耐えられる時間が短くなり、保護が不十分になります。逆に、 R_g が大きすぎると短絡電流がさらに増加し、IGBT がラッチアップしたり、瞬間的に過熱して故障する可能性があります。さらに、 R_g は IGBT のスイッチング損失にも影響を与えるため、定常動作時のモジュールの内部温度に影響を与え、異常動作に対するマージンが減少します。

上記の様に、考慮すべき事はトレード・オフの関係です。ゲート抵抗の選択と最適化は実際には複雑な問題であり、適切な設計には実機の検証が欠かせません。適切なゲート抵抗 R_g を迅速に設計する為に、特定の前提に基づいたリファレンスを提供します。

特定の駆動電圧下での IGBT のゲート抵抗と動的特性の関係は、次の表 1 に簡単に表されます。

表. 1

主要特性	ゲート抵抗Rg 増加	ゲート抵抗Rg 低下
ton	増大	減少
toff	増大	減少
Eon	増大	減少
Eoff	増大	減少
突入電流	減少	増大
シャットダウン・サージ電圧	減少	増大
ターンオン・ピーク電流	減少	増大
ダイオード・ターンオフ・ピーク電流	減少	増大
dv/dt	減少	増大
di/dt	減少	増大
EMI	減少	増大

2. ゲート抵抗の特性要件

- 1) 低インダクタンスまたは無誘導抵抗。
- 2) 高精度;
- 3) 温度係数が小さい。
- 4) さまざまな環境下でも安定した機械的特性。

3. ゲート抵抗の電力要件

$$P(\text{tune on}) = F \times \left(\frac{1}{2} Qg \times | +Vge | + \frac{1}{2} Cies \times | -Vge |^2 \right)$$

$$P(\text{tune on}) = P(\text{tune off})$$

$$P(\text{driving}) = P(\text{tune on}) + P(\text{tune off})$$

$$= F \times \left(Qg \times | +Vge | + Cies \times | -Vge |^2 \right)$$

ゲート抵抗の電力レベルは、計算された合計消費電力の 2 倍を超えている必要があります。

$P(\text{tune on})$: オン時の Rg の消費電力。

$P(\text{tune off})$: ターンオフ時の Rg での電力損失。

$P(\text{driving})$: Rg で失われる総消費電力。

+Vge : 順バイアス電源電圧。

-Vge : 逆バイアス電源電圧。

F : スイッチング周波数。

Qg : 0V から +Vge までの電荷量。

Cies : IGBT 入力容量。

4. その他の注意事項

1. ドライブのリード線はできるだけ短くし、長いリード線を使用する必要がある場合は、1本に撚り合わせてください。
2. IGBT の駆動リード線と主回路配線は可能な限り離し、直交させて配線することを推奨します。
3. 他の信号線と束ねないでください。
4. クランプ ダイオードとプルダウン抵抗は、IGBT のゲートにできるだけ近づける必要があります。
5. ゲートが開回路状態にある場合、ESD 保護対策が有効であることを確認する必要があります。