

Application NOTE

244PB230046

IGBTの短絡と システムの保護

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

このアプリケーションノートは主に、 V_{ce} の検出方法に焦点を当てて、低電圧、中小規模の電力システムで使われる IGBTの一般的な短絡保護方法について簡単に説明します。

短絡保護の動作原理と保護回路設計の合理性について簡単に説明します。

目次

1. 短絡保護の概要
2. 汎用的な短絡保護のフォトカプラ
3. 短絡保護実験
4. まとめ

1. 短絡保護の概要

短絡保護設計では一般的には、N-BUSシャント抵抗検出、出力側での検出、および V_{ce} 電圧検出の電流など、検出方法は主に 3 つあります。

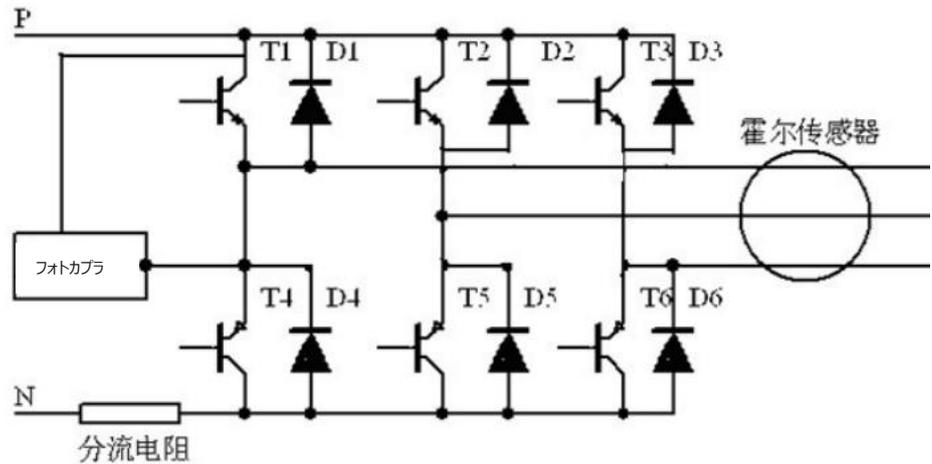


図 1

Nバス回路に小さな抵抗を直列に接続することで、電圧信号をオームの法則に従って短絡を識別するための基準として使用します。この方法は精度と感度が高く、アースへの短絡を保護できますが、低電力マシンにのみ適しており、大電流では抵抗器に必要な電力が高すぎるという欠点があります。電流の大きさを電圧変換する機能だけでなく、短絡識別だけでなくハードウェア回路による短絡電流の保護も実現できます。ただ、検出抵抗の挿入位置からも分かるように出力端に設置されているため、上下のアームの通過を防ぐ事はできないので、信頼性は他の 2 つの方法に比べて相対的に低くなります。

フォトカプラはC-E間電圧を検出することでIGBTを保護しており、 V_{ce} と I_c の関係により、 I_c が急激に上昇するとそれに伴って V_{ce} も上昇します。 V_{ce} 値が保護電圧まで上昇すると、フォトカプラは自らソフト シャットダウンを実現し、同時に 制御側のICにエラー信号を送信します (プロセス全体には通常 5 ~ 10 μ s かかります)。このタイプの保護は高感度で低精度なので、短絡保護にのみ適しています。図2に

GD200HFL120C2SのVceとIcの関係を示しますが、Vceが大きくなるとIcの立ち上がり振幅が大きくなり、+7V時のIcはモジュールの短絡電流を大きく上回ります。一般的に、スイッチング特性、ループ負荷、干渉に応じて、電流は増える傾向があるので動的短絡試験を行う場合は、L、Vg、tr、tfなどのパラメータは厳密に管理し電流は一般にIcの8～10倍に制御されている必要があります。

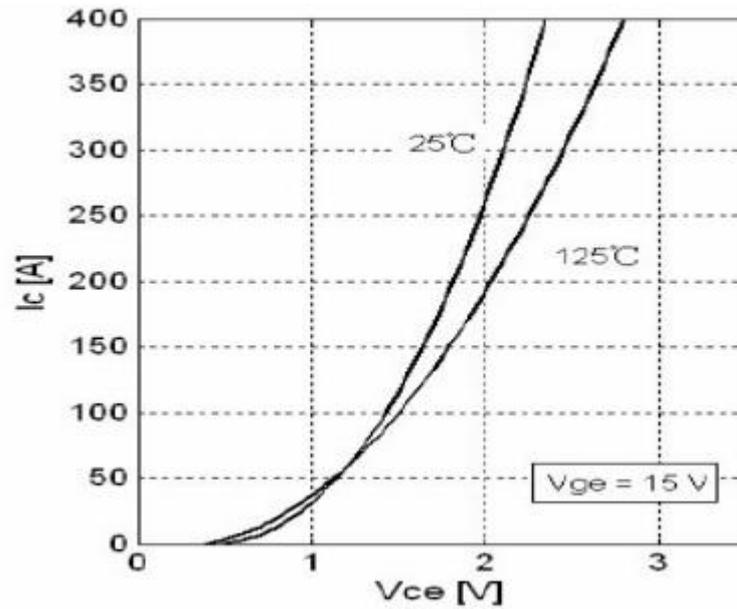


図2

IGBT が正常にオンになっている場合、保護誤動作の主な原因は、IGBT がオンになっているときの Vce の低下時間と Cp の充電時間です (図 4 を参照)
 電源 Vcc は Rc を介して Cp を充電し、充電電圧は Ucp です。
 Vce が経路 a に沿って降下した場合、Ucp が +7V に達する前に Vce が +7V 未満に降下しているため、ピン 9 の電圧は +7V より高く表示されません。Vce が経路 c に沿って降下すると、Ucp が +7V に達したときに Vce がまだ +7V より高く、ピン 9 の電圧検出が +7V より高くなり、短絡保護が作動します。つまり、アクティベーションの誤動作を回避するには、充電時間を延長するか、デバイスのアクティベーションを速くすることで回避できます。

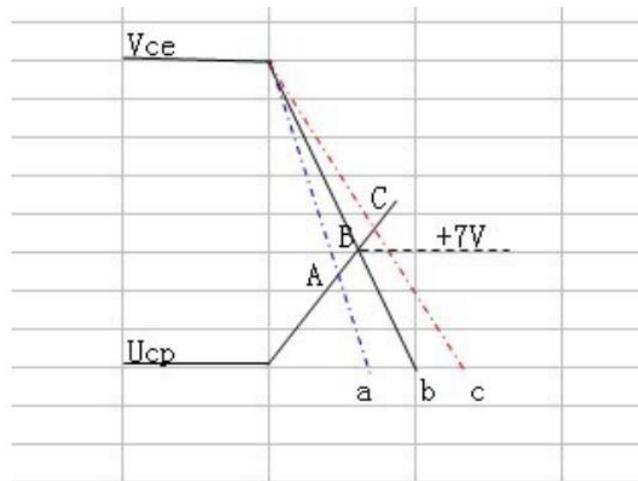


図 4

316J

316J も IGBT 駆動に広く使用されている Vce 検出機能付きフォトカプラですが、PC929 との最大の違いは、外部アンプを必要とせず150A クラスのモジュールを直接駆動できることです。保護メカニズムは PC929 と非常に似ています。詳細については図 5 を参照してください。IGBT がオフになると、DESAT (14) は高速 MOSFET を介してグランドにプルダウンされます。IGBT がオンになると、MOSFET はオフになります。ピン 14 を充電すると、電圧は +7V 以上に上昇し、316J によって保護されます。PC929 は Vcc を使用して抵抗を介してコンデンサを充電しますが、316J は内部電流源を通じて定電流源で直接コンデンサを充電するため充電時間は正確に計算出来ます。

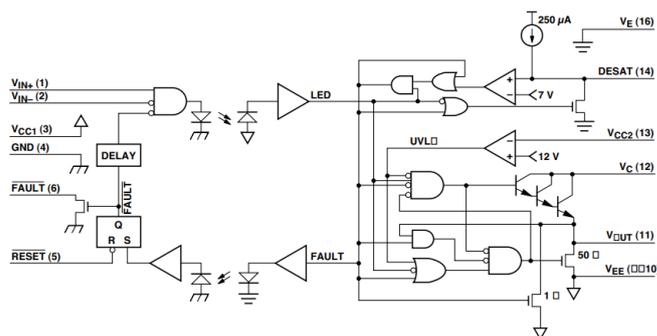


図 5

M57959/M57962

三菱製のM57959、M57962も短絡保護機能を備えたドライバー一体型ICです。PC929、316Jと異なりフォトカプラと周辺部品を1パッケージ化しています。利点は高度な機能と使いやすさですが、内部デバイスパラメータは変更できません。

M57962は、PC929と同様に、IGBTがオンするとコンデンサもVccを通じて充電され、基準電圧Vtripと比較して短絡があるかどうかを判断します。外付けコンデンサCtripを変更してDELAY時間を調整することで、保護時間を調整して起動時の誤動作を回避できます。

3. 短絡保護実験

短絡保護は、短絡の形態に応じて、相間短絡と相地短絡に分類できます。ただし、どのような短絡であっても、電流を流したい場合にはループを形成する必要があるため、短絡保護を設計する際にはループ内のどの位置でも検出可能ですが、当然その効果は異なります。比較的効果的で信頼性が高いので通常はVce電圧の検出を選択します。

業界における相間短絡保護テストには、最初に短絡してから運転する方法と、最初に運転して後から短絡する方法の2つのタイプがあります。前者の短絡条件は、出力が短絡され、ターンオン信号が到着すると電流が上昇し始めるという比較的単純な条件ですが、後者の短絡条件は複雑です。短絡位置は動作サイクルのどの時点でも可能であるため、短絡が発生するたびに出力される波形も大きく異なります。IGBTがオン時にショートするとVgがさらに上昇し、ICが動作中にショートして電流が急激に増加する可能性があります。線形領域は主にVgの影響を受けます。

図7に短絡波形を示します。この波形ではIscが急峻に上昇した後、チップ自体によって制限されている事がわかります。プロセス全体を通じて、ゲート電圧Vgは大きく変動しません。

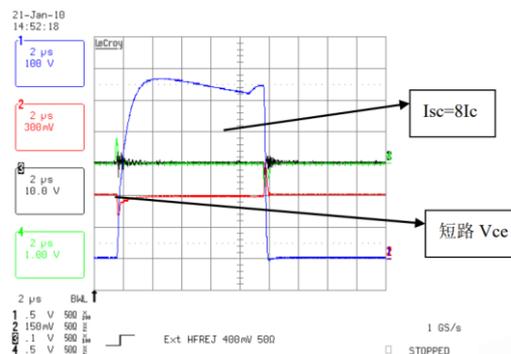


図7

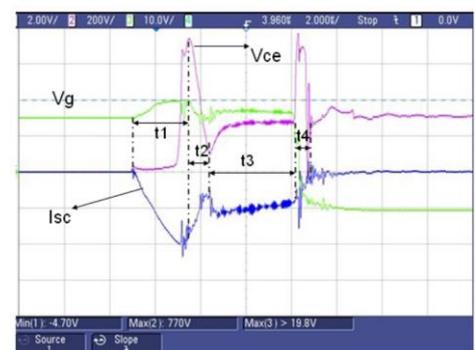


図8

図 8 について

1. t_1 : dv/dt は V_g に影響し続けます。 I_{sc} は上昇段階にあり、傾きは寄生負荷インダクタンス L によって決まります、 $I_{sc}=K(V_g-V_{th})^2$
2. t_2 : dv/dt が V_g に影響を与えなくなり、 V_g が減少し、 V_g とともに I_{sc} が減少します。
3. t_3 : V_g が安定、 I_{sc} が安定。
4. t_4 : IGBT がオフになり、 I_{sc} が減少し、 $V_{ce}=V_{dc}+di/dt \cdot L_{bus}$ になるため、電圧オーバーシュートが発生します。

4. まとめ

IGBTは電源回路における重要な転流素子であり、ひとたび事故が発生するとクラッシュする可能性が高いため、IGBTの保護は特に重要です。短絡が発生した後の保護機能が動作するまでに時間が期待以上に長い場合は壊滅的な結果になります。このアプリケーションノートを通じて、IGBTの短絡保護原理とその動作モードを理解し、IGBTを保護できる合理的な保護回路を設計してください。