

アプリケーション ノート

SCALE™-2 IGBT ドライバでマルチレベル コンバータトポロジを制御する方法

はじめに

このアプリケーション ノートでは、異常の発生時に SCALE™-2 IGBT ドライバでマルチレベル コンバータトポロジを制御する方法について説明します。マルチレベル コンバータは、直列接続された IGBT により出力を増加させ、コンバータの電圧と電流高調波歪みを抑えます。

マルチレベル コンバータの基本的なトポロジでは、IGBT のコレクタエミッタ電圧があらかじめ設定したレベルを超えないようにするために、専用のターンオン及びターンオフのシーケンスを必要とします。原則として、ハーフブリッジの外側は最初に必ずオフにする必要があります (図 1 の IGBT S1 と S4)。異常ターンオフの場合は、通常のシーケンスを実行するか、代替シーケンスと、IGBT のコレクタエミッタ電圧及びターンオフのエネルギーを制限する追加の方法を組み合わせて適用する必要があります。

SCALE-2 ドライバを使用した提案

専用のターンオフシーケンスは、SCALE-2 ドライバをアドバンスド アクティブ クランプ (AAC) と併用した場合の報告された異常状態 (短絡など) の印加では必要ありません。IGBT ドライバは異常状態を検出すると、コンバータトポロジ内のポジションに関係なく、ただちに (あるいは対応する遅れ /1/ を伴い) 対応する IGBT スイッチをオフにし、異常の信号を短時間 /1/ でユーザー インターフェイスに送信します。適用されたターンオフシーケンスが適切でない場合は、AAC は安全のために該当する IGBT の V_{ce} 電圧の最大値を制限します。ホストコントローラはドライバの異常が報告されるとただちに、IGBT 及び IGBT ドライバの熱過負荷を避けるため、共通のターンオフパルスですべての IGBT に適用することだけを必要とします。

以下に示したいいくつかの測定はこの事実を確認するために行ったものです。

調査内容

図 1 に示すように、Infineon F3L200R07PE4 650V/200A 3 レベル NPC1 IGBT モジュールを 2SC0108T2D0-07 SCALE-2 ドライバとともに 3 レベル NPC トポロジで使用していくつかの調査を行いました。詳細については /2/ を参照してください。通常の TVS ブレークダウン電圧を 1mA/25°C で 479V に設定し、870V の最大 DC リンク電圧 V_{dc} を可能にします (半 DC リンク電圧は両方もすべての測定で同じ値に設定します)。2 種類の異なる短絡モードを想定しました。

アプリケーションノート

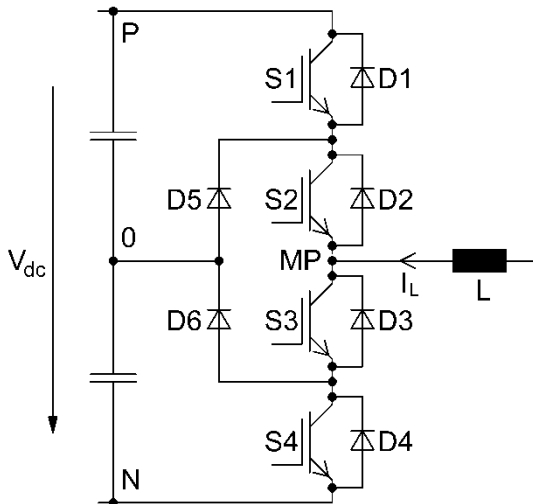


図1 3レベルNPCトポロジ

中点 (MP) 及び 中立点 (0) 間の短絡

図1のトポロジの中点MPと中立点0の間に短絡経路を配置します。図2に示した測定は、最大DCリンク電圧 V_{dc} 870Vで実行したものです。

初期状態ですべてのスイッチはオフの状態にします (a)。IGBTのS3をオンにします (b)。半分のDCリンク電圧435VがIGBTのS4 (V_{ce4}) に印加され、短絡電流が流れなくなります。S4をオンにすると (c)、IGBTのS3、その少し後にS4が非飽和するまで短絡電流 I_{c4} が、S3及びS4を通して増加します。専用のターンオフシーケンスではS3より先にS4をターンオフにする必要があります。しかし、S3が最初にターンオフになります (d)。保護手段がないと、短絡電流は図1のダイオードD1及びD2に流れ、全DCリンク電圧約870VがS3 (V_{ce3}) に印加され、最大IGBT電圧容量をはるかに上回りことになります。図2に、電圧制限値 V_{ce3} が完全ターンオフのフェイズ (d) 中に最大値の500Vに近づいていることがはっきりと示されています。短絡電流が完全にターンオフになると、IGBT S3 (e) には半DCリンク電圧435Vが印加されます。

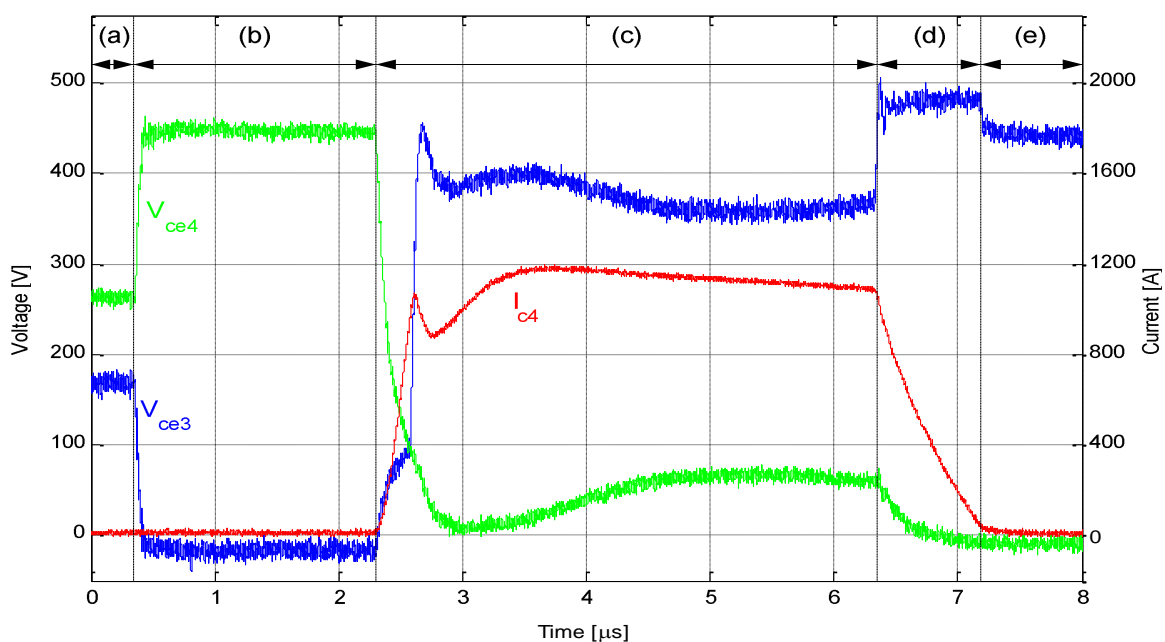


図2 「不適切な」MP-0間の短絡時のターンオフシーケンス

アプリケーション ノート

中点 (MP) 及び DC リンク プラス (P) 間の短絡

図 1 のトポロジの中点 MP と DC リンク プラス (P) の間に短絡経路を配置します。図 3 に示した測定は、DC リンク電圧 V_{dc} 550V で実行したものです。

初期状態ですべてのスイッチはオフの状態にします (a)。IGBT の S3 をオンにします (b)。短絡電流 I_L が P から MP に流れ始め、さらに S3 から D6 まで流れます。DC リンク電圧 V_{dc} の半分が IGBT の S4 (V_{ce4}) に印加されます。約 $1 \mu s$ 後、S4 がオンになります (c)。即座に短絡電流が D6 から S4 に流れます (I_{c4} の増加)。IGBT S3 が不飽和の時、電流は短期間の V_{ce3} 過電圧 (図 3 には表示されません) のため大きく軽減します。短絡電流 I_L は誘導動作 (短絡経路が持つ最小インダクタンス) により相対的に安定な状態にとどまるため、(d)、(e) 及び (f) の全フェーズを通して I_L - I_{c4} 間に等しい電流がダイオード D1 と D2 の間に流れます。つまり、 I_L - I_{c4} 間の電流は D1 と D2 の間ではフリーホイールとなります。結果的に、MP と N の間に全 DC リンク電圧 V_{dc} が印加されます。AAC はこの間に電圧 V_{ce3} を約 500V に安全に制限します (V_{ce3} は S3 の非飽和直後は高いものの、IGBT RBSOA を超えません)。DC リンク電圧 V_{dc} と V_{ce3} との差は $550V-500V=50V$ ほどで、比率が減少しても (d) I_{c4} をさらに増加させる S4 が飽和されるため、これが MP、S3、S4 及び N の間で利用可能な浮遊インダクタンスに印加されます。

S4 が非飽和の時には、(e)、電流 I_{c4} は増加しなくなります。専用のターンオフシーケンスでは最初に S4 をターンオフにする必要があります。しかし実際には、S3 が最初にターンオフになります (f)。この影響は図 3 に示されるように、無視できる程度です。その理由は単純です。AAC がすでに V_{ce3} の電圧を制限していることにより、これ以上増加しないためです。ドライバは S3 のゲートエミッタ電圧を減少させようとしていますが、AAC の機能がこれを妨げます。IGBT S4 がオフとなり (g)、 I_{c4} はすぐにゼロに下降します。対応する V_{ce4} の電圧は S4 の AAC によって安全な値に制限されます。図 3 (g) に一部が示されているように、初期短絡電流 I_L は D1 と D2 の間がフリーホイールになることによって減少します。

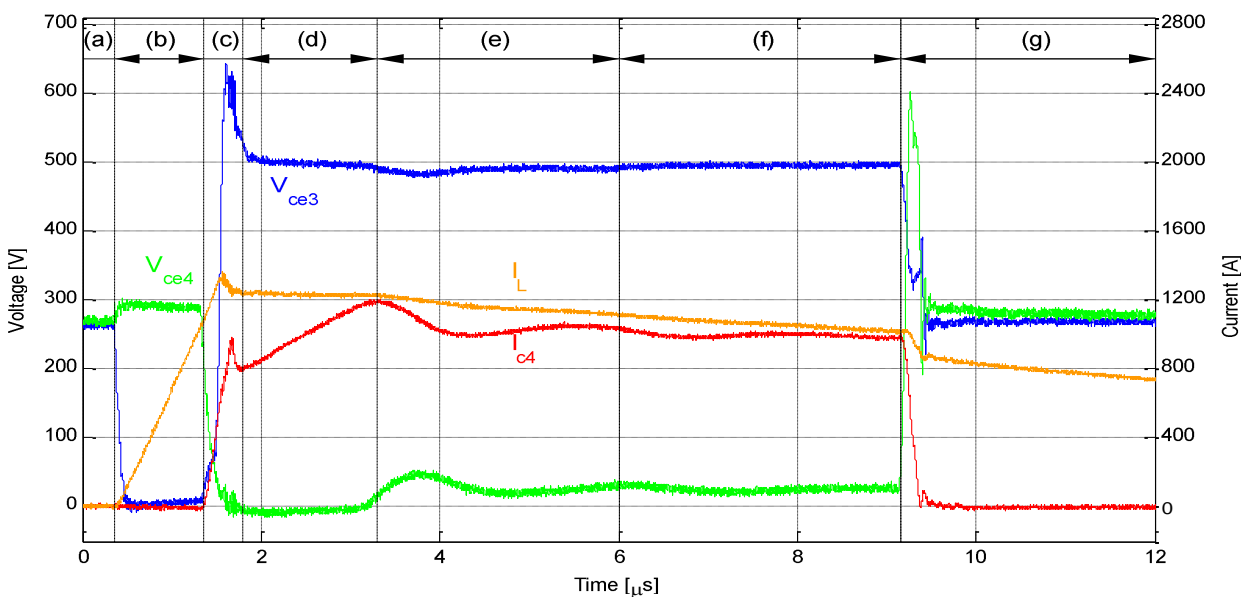


図 3 「不適切な」MP 及び P 間の短絡中のターンオフシーケンス

文献

- /1/ SCALE™-2ドライバコアのデータシート、CONCEPT
- /2/ 論文:高度なゲートドライバ技術の使用により、マルチレベルコンバータの安全運転を実現、PCIM ASIA、2013年6月

アプリケーション ノート

免責条項

ここに含まれる記述、技術情報、及び推奨事項は、契約日の時点で正確であると考えられています。技術情報に含まれるすべてのパラメータ、数、値、及びその他の技術的データは、関連する技術基準（する場合）に従って弊社の知識をフルに活用し算出及び決定されました。それらは、一般的に適用されるわけではない前提や運用上の条件に基づいている場合があります。弊社は、記述、技術情報、及び推奨事項の正確さや完全性に関して、明示または暗示にかかわらず、表現も保証もしません。あらゆる記述、技術情報、推奨事項、または交わされた意見の正確さや充足度に対して責任を負わないものとします。また、そこから発生した直接的、非直接的、または間接的な損失や損害に対するあらゆる法的責任を明示的に放棄します。

メーカー

CT-Concept Technologie GmbH
Power Integrations グループ
Johann-Renfer-Strasse 15
2504 Biel-Bienne
Switzerland

電話 +41 - 32 - 344 47 47
ファックス +41 - 32 - 344 47 40

電子メール Info@IGBT-Driver.com
インターネット www.IGBT-Driver.com

© 2009...2013 CT-Concept Technologie GmbH - Switzerland.
当社は事前の通告なしで任意の技術的変更を加える権利を有しています。

All rights reserved.
2.0 版 2014-03-11