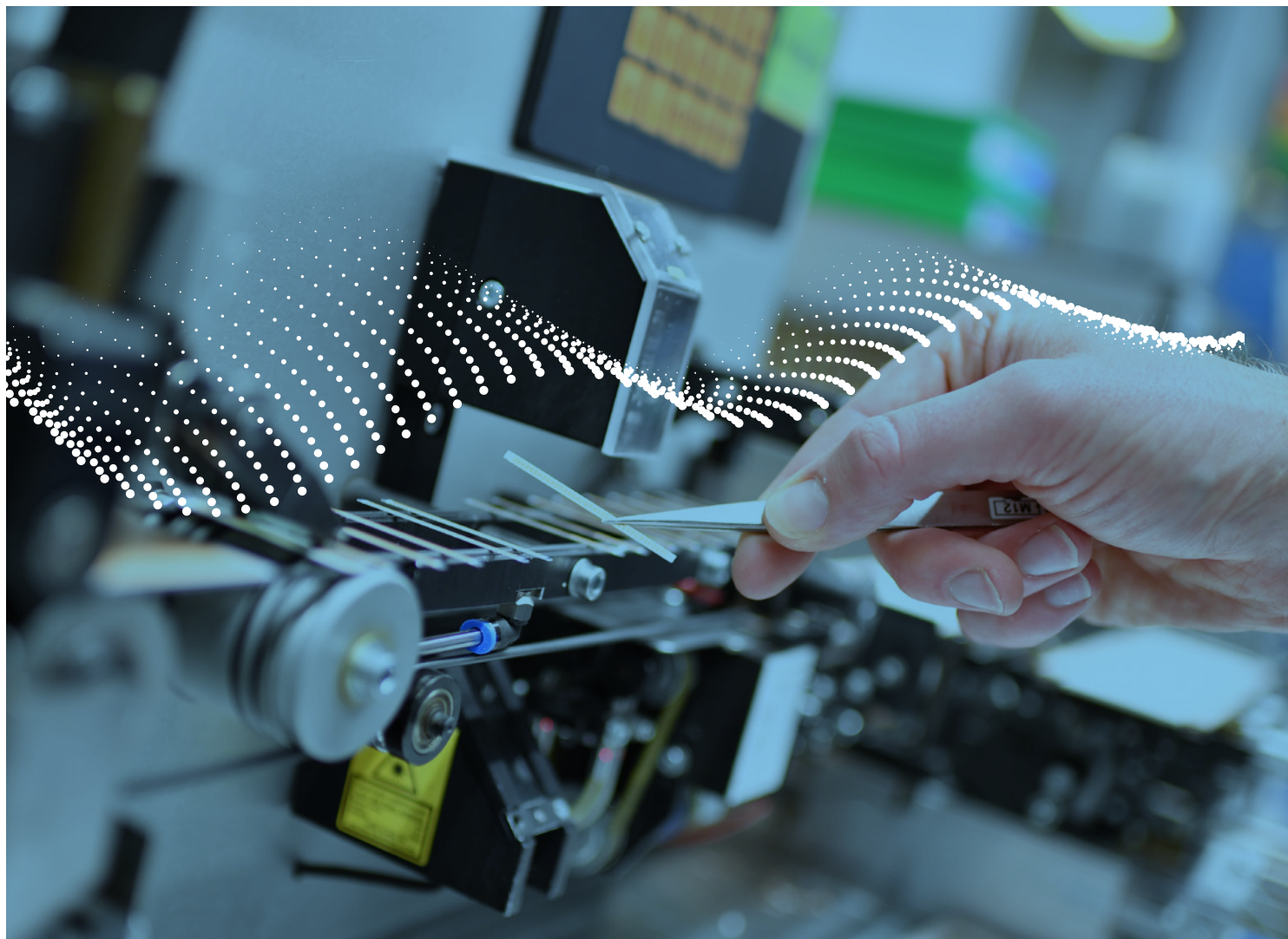


ディスクリート部品を使った最大22kWの オンボード充電器の設計

VISHAY INTERTECHNOLOGY



最新のオンボード充電(OBC)システムは、電気自動車やプラグインハイブリッド車の高電圧バッテリーパックの充電に使われる電力をACグリッドからDC電圧に変換します。

急速充電システムへの傾向が続く中、OBCが求める電力は5.5kWから11kWまでどんどん増加し今現在は22kWまでになっています。この電力増加の一方で、システムコストの低減と高効率高電力密度の要求も求められています。それを実現するためには3相トポロジを使うことになります。

この22kW OBCは $340V_{AC} \sim 480V_{AC}$ の3相入力電圧(中性なし)で動作するように設計されており、 $250V \sim 500V$ の出力電圧範囲にて最大電流 $\sim 50A$ を供給します。入力ステージ(図1と図2)には、力率補正(PFC)に適用される一般的なトポロジのTタイプウィーン整流器が使用されています。高調波や無効電力のエンド要件を満たし、充電器は幅広い入力電圧範囲で動作することができます。また、仮想中性点にも対応しており、DCバスを二つの対称ステージに分けることが可能です。

この手法により、主要DC-DCステージには他のトポロジで必要となる高価な1200V SiCデバイスの代わりに、650VシリコンMOSFETを利

用することができます。Tタイプウィーン整流器は力率補正(PFC)に対応していますが、他のブースト型トポロジと同様、DCリンクコンデンサ(図2のC1/C2/C5/C6)の初回起動時に発生する突入電流には対応していません。PFCスイッチングが発生する高リップル電流に対応するためには、コンデンサバンク(要件に応じてアルミ電解またはフィルム)が必要になります。

PFCダイオード(図2のD1-D6)の優れたサージ耐性を持ち、3つのPFCインダクタ(図2のL1-L3)がAC入力とDCリンクコンデンサ間に直列に配置されている構成でも、突入電流のアクティブな制御は必要です。この機能はメカニカルリレーで実現できますが、このデバイスは($40A_{RMS}$ 電流に対応するためには)大型なため、OEMの標準寿命要件を満たしませません。ビシェイVS-40TPS12LHM3サイリスタ(図2のTH1-TH4)は標準のオープン双方向型スイッチとして2つの入力部に接続されています。

サイリスタと並行にビシェイの高エネルギー吸収PTCEL突入電流リミッタが使われています。充電器の初回起動時にオンにされ、DCバスが適切なレベルまで充電されるとオフにされます。図2では示されていませんが、必要となるX/Yフィルタと安全コンデンサ(例えばビシェイAY2シリーズ)はヒューズブロックとEMIフィルタ部分に配置されています。

ビシェイVS-E5PH6012LHN3ダイオード(図2のD1-D6)とSQW61N65EF MOSFET(図2のQ1-Q6)はアクティブな整流を提供するために共に動作します。650V MOSFETは双方向スイッチとして構成されていて、ソフトな回復特性を特長とする超高速ダイオードの最小逆回復電流により30kHzでスイッチされます(低損失を実現)。これにより軽減された発生ノイズはAC電力グリッドに戻され、入力フィルタの設計を簡素化します。

図1: 22kW OBC力率補正(PFC)ステージ
(出典: ビシェイ)

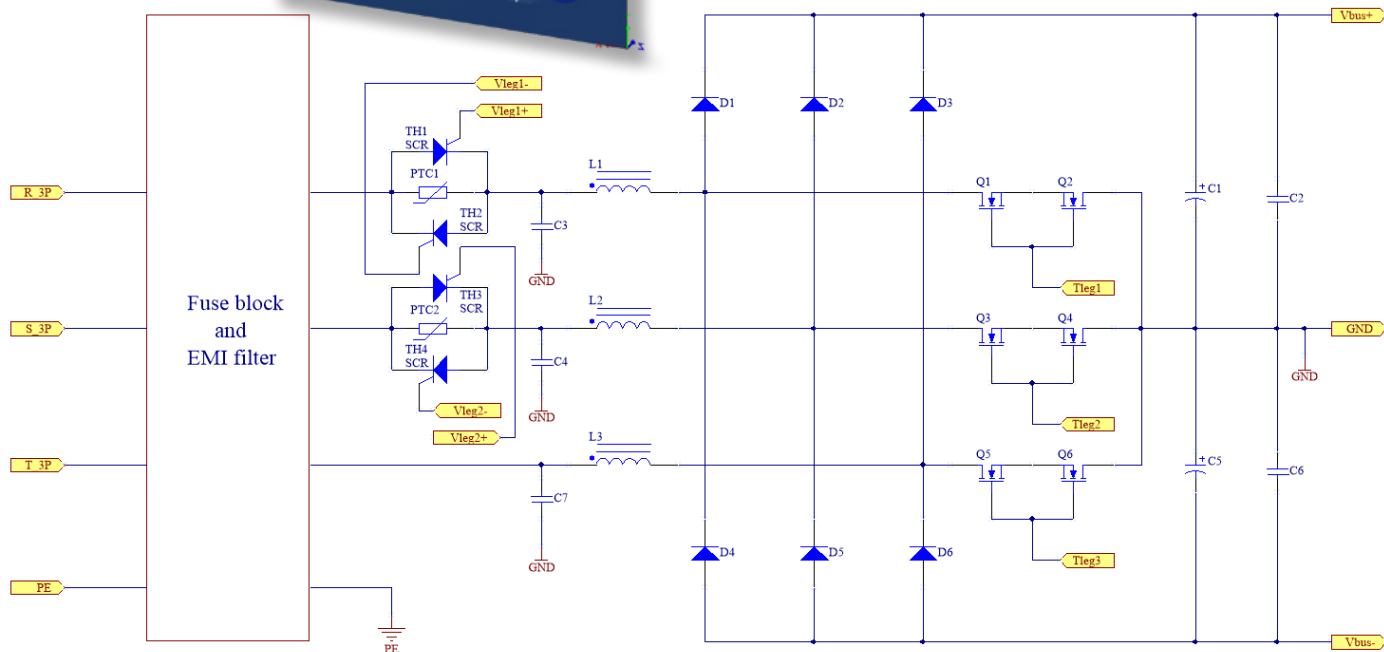
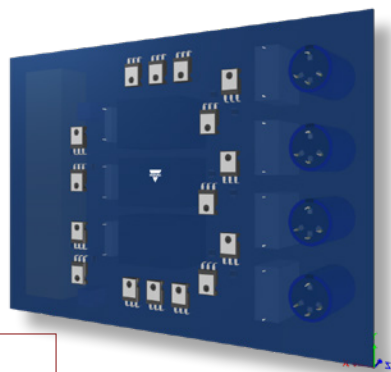


図2: 力率補正(PFC)ステージの簡略化された回路図(出典: ビシェイ)

「急速充電システムへの傾向が続く中、OBCが要求する電力は5.5kWから11kWまで徐々に増加し、今現在は22kWまで増加しています。」

充電器の主要DC/DC部分 (図3と図4) では、ビシェイSQW61N65EF MOSFET (図4のM1-M4とM5-M8) がプラスのDCリンクステージ (M1-M4) とマイナスのDCリンクステージ (図4のM5-M8) を横切る形で配置されています。左右対称の2つのステージは、それぞれ150kHz~250kHzでスイッチするLLC共振コンバータとして動作します。2つの変圧器を利用することで、1つの変圧器を利用した場合と比べて大きさと高さを減少します。2つのステージは独立して稼働しますが、それぞれの出力電圧に差がある場合はDCバスにおける不均衡を防ぐために同時にシャットダウンします。LLCコンバータの重要な部品である共振コンデンサ (図4のC5とC15) は、高ピーク電圧や高リップル電流、高di/dtに対応します。

この機能のリップル電流要求を満たすためには、1つのフィルムコンデンサでは不十分で、通常は複数のコンデンサを並列に接続します。今回の場合は、ビシェイ高電圧共振コンバータのMKP385eシリーズを採用し、7つの15nF/2000Vコンデンサを並列に接続し、35A_{RMS}のリップル電流要求を満たします。主要DC/DCコンバータ (両ステージ) の出力は、バッテリーパックの充電へのDC電圧を提供するために整流される必要があります。コンバータの各ステージに、フルブリッジ整流器の構成を適用します。ブリッジの各ダイオードには、ピーク正弦波電流での低電圧降

下や共振周波数での低逆回復エネルギー向けに最適化されているビシェイVS-E5PX7506LHN3 (図4プラスステージのD7- D10、図4マイナス

図 3: 22kW OBC主要DC/DCコンバータステージ (出典: ビシェイ)



ステージのD11-D14)を採用しています。VS-E5PX7506LHN3はこの用途のあらゆる動作条件において、400V_{AC}入力と500V/45A出力 (60°Cの冷媒温度) で最大~96.7%の高効率性能を提供します。

機械的設計の面では、力率補正 (PFC) ボードと逆側の主要DC/DCボードの間に冷却式コールドプレートを設置しています。TO-247パワーデバイス (MOSFET、ダイオード、サイリスタ) は全てネジでコールドプレートに固定され、絶縁バリアにはカプトンフィルムが採用されています。

ここでは3相AC入力で最大22kWまでの動作が可能な分離型のOBC設計を示しています。コスト効率の良いトポロジーを採用し、97%近い動作効率を実現します。

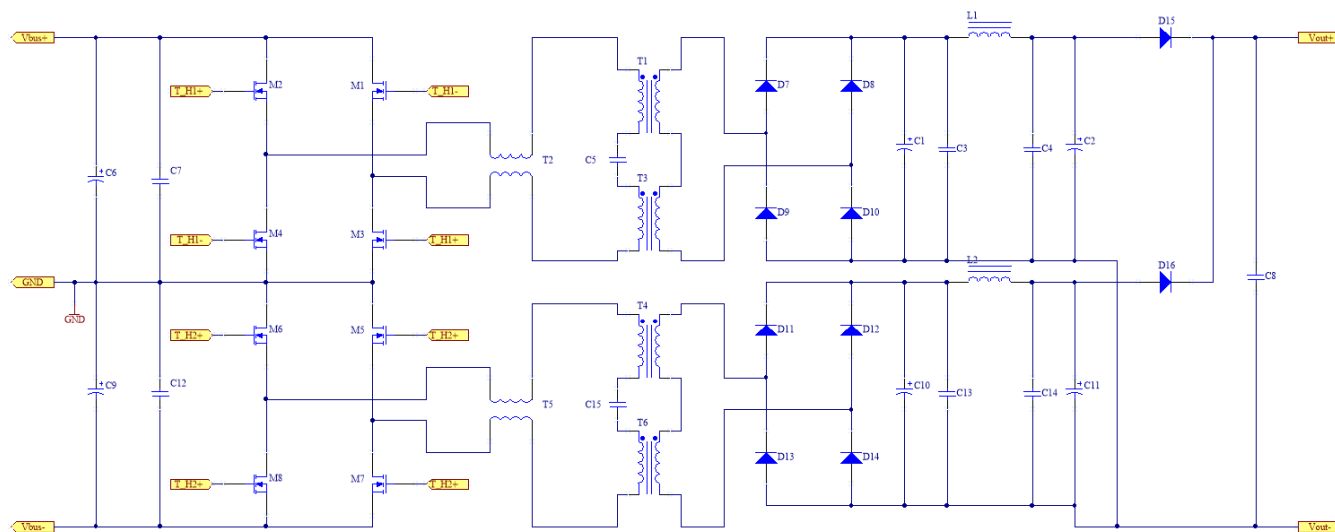
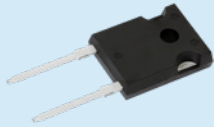


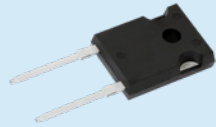
図 4: 主要DC/DCコンバータステージの簡略化された回路図 (出典: ビシェイ)

VS-E5PH6012LHN3
Hyperfast 整流器、
60 A FRED Pt® G5



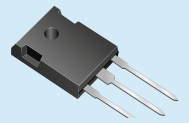
[詳細を見る](#)

VS-E5PX7506LHN3
Hyperfast 整流器、
75 A FRED Pt® G5



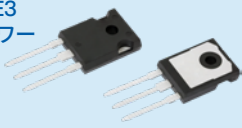
[詳細を見る](#)

VS-40TPS12LHM3
高電圧サイリスタ、
位相制御SCR, 40 A



[詳細を見る](#)

SQW61N65EF-GE3
車載 E シリーズパワー
MOSFET



[詳細を見る](#)

MKP385eTHB AC &
パルス金属化フィルム
コンデンサ



[詳細を見る](#)

PTCEL PTC
サーミスタ



[詳細を見る](#)



MUSTAFA DINCはVishay Intertechnology社で自動車分野のビジネスを23年以上担当し、現在は同社の自動車分野のビジネスの開発担当のバイスプレジデントを務めています。同氏は1999年にVishay Intertechnologyに自動車分野のアプリケーションエンジニアとして入社し、その後、ワールドワイドの自動車分野のアプリケーションエンジニアリングやEU地域のFAE部門のシニアディレクターを歴任しました。Dinc氏は、ビシェイで同社の半導体から受動部品のさまざまな製品全般を使った自動車関連アプリケーションのほとんどに（パワートレイン、シャーシ、ADAS、EV/HEV、センサーなど）に携わってきました。彼はまた、48Vマイルドハイブリッド車や、電気およびプラグインハイブリッド電気自動車用の車載充電器、ハイブリッド車用のDC/DCコンバーターに使用される部品の製品開発にも深く関わっています。彼は、ドイツのRWTHアーヘン大学で電気工学と電子工学の工学士を取得しています。