

PLECS DEMO MODEL

Boost Converter with PFC and Thermal Model

PFCと熱モデルを備えた昇圧コンバータ

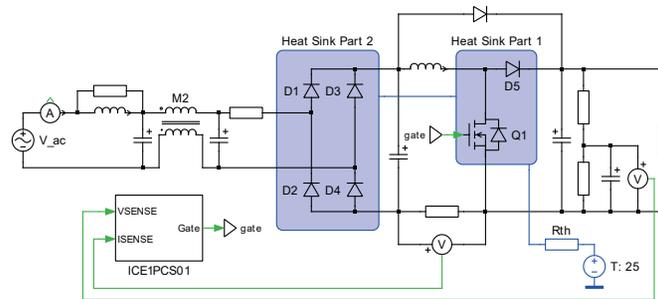
Last updated in PLECS 4.7.1

1 概要

このデモでは、300Wのスイッチング電源を紹介しています。AC入力電圧は、 $85V_{rms}$ から $265V_{rms}$ の間で変動します。制御出力電圧は390VDCです。

シミュレーションでは、電力回路、標準ICによる制御、および半導体の熱挙動を組み合わせます。

図1: 力率改善機能を備えた300Wスイッチング電源(PLECS Standalone)



2 モデル

2.1 電源回路

電源は、ダイオード整流器と昇圧トポロジの力率補正回路に基づいています。CLC構成のEMIフィルタを通過した後、単相ライン電圧は標準のブリッジダイオードによって整流されます。効率を改善するため、昇圧コンバータはInfineonのCoolMOSパワースイッチとシリコンカーバイド(SiC)ショットキーダイオードで実現しています。

2.2 制御

PLECS Standaloneでは、コントローラIC(Infineon [1]のICE1PCS01)とプラントは、個々のサブシステム内の関数ブロックでモデリングしています。平均電流制御を備えた連続導通モード(Continuous Conduction Mode: CCM)で動作します。PLECS Blocksetの場合、コントローラはSimulinkレベルで実装されます。

制御はカスケード接続されており、内側の電流ループと外側の電圧ループで構成しています。

- 内側の電流ループは、平均入力電流の正弦波プロファイルを制御します。これはライン入力電圧に対するPWMデューティ比の依存性を使用して、対応する入力電流を決定します。これはデバイスがCCMで動作している限り、平均入力電流が入力電圧に追従することを意味します。軽負荷状態では、チョークインダクタンスによっては、システムが不連続導通モード(Discontinuous Conduction Mode: DCM)に移行する場合があります。DCMでは、平均電流波形がわずかに歪みます。
- 外側の電圧ループは、バス電圧出力を制御します。出力電圧には、入力電圧の2倍の周波数のリップルが含まれます(たとえば、北米では120Hz)。ICに接続された補償ネットワークは、制御ループによって増幅されてはならないこのリップルを抑制します。

コントローラブロックのマスクには、実際にはICに直接接続されている受動部品のパラメータが含まれています。スイッチング周波数は直接指定できますが、実際には外部抵抗を介してプログラムされます。

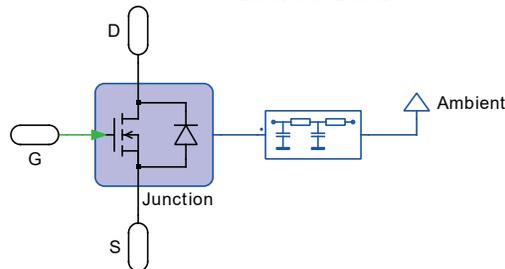
コントロールICのモデルは、低出力電圧のソフトスタートをサポートしています。ただし、過電圧保護やピーク電流保護などのその他の保護機能は実装されていません。

2.3 熱モデル

Infineon SPP20N60C3 CoolMOS MOSFETおよびSDP04S60 SiCショットキーダイオードのデータシート情報は、熱設定の損失ルックアップテーブルに入力するために使用されます。

特別なコンポーネントモデルを使用して、MOSFETの熱挙動をシミュレートします。このコンポーネントのマスク内を見て、デバイスの熱等価回路を確認します。

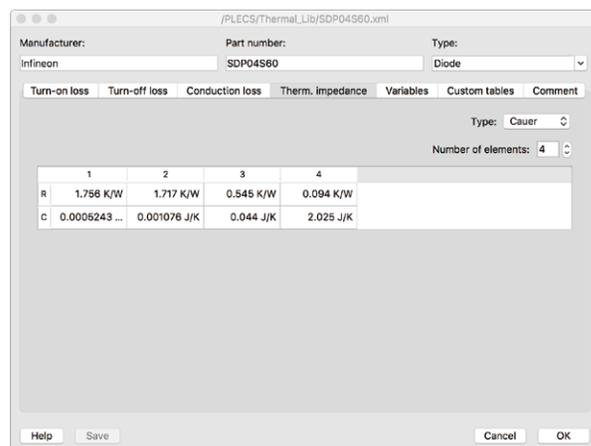
図2: ボディダイオードと熱設定を含むMOSFETモデル



MOSFETモデルでは、ヒートシンク(青色枠)はチップの熱容量を表します。MOSFETと逆方向ダイオードが停止するすべてのスイッチング損失エネルギーと伝導損失電力を収集します。また、正確な損失の測定値を得るために、温度をチップに戻します。損失は、コンポーネントのケースをモデリングする熱等価RCモデルを介して伝播されます。最後にAmbient Temperatureコンポーネントを、コンポーネントが取り付けられている放熱体をモデリングした外側のヒートシンクに接続します。

これらの設定は、コンポーネントをダブルクリックし、**熱設定**パラメータのドロップダウンメニューから**編集...**を選択することで、表示および編集できます。SiCショットキーダイオードモデルでは、デバイスの熱インピーダンスが熱設定に直接入力されています。

図3: SiCショットキーダイオードモデルの熱インピーダンス



主回路では、整流ダイオードとPFCステージの半導体の両方を構成するために、放熱体が2つのヒートシンクフレームに分割されていることがわかります。熱抵抗器は、放熱体を周囲空気の温度に接続します。

MOSFETとダイオードの熱設定は、このデモのディレクトリ/boost_converter_with_pfc_and_thermal_model_plecsに保存されます。

3 シミュレーション

シミュレーションは、一定負荷の下での電源の起動を示しています。電気量を含む図4は、正弦波の主電源電流と出力電圧の上昇を示しています。出力電圧に120Hzのリプルが見られます。図5は、MOSFET(緑)とブーストダイオード(赤)のジャンクション温度を示しています。外付けのヒートシンク温度は、シミュレーションの時間枠内で非常にゆっくりと上昇しています。

図4: 一定負荷下での電源起動時の電氣的動作

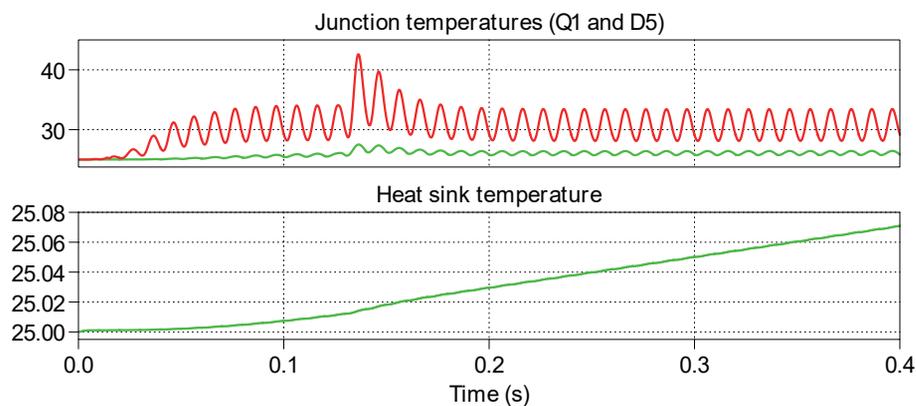
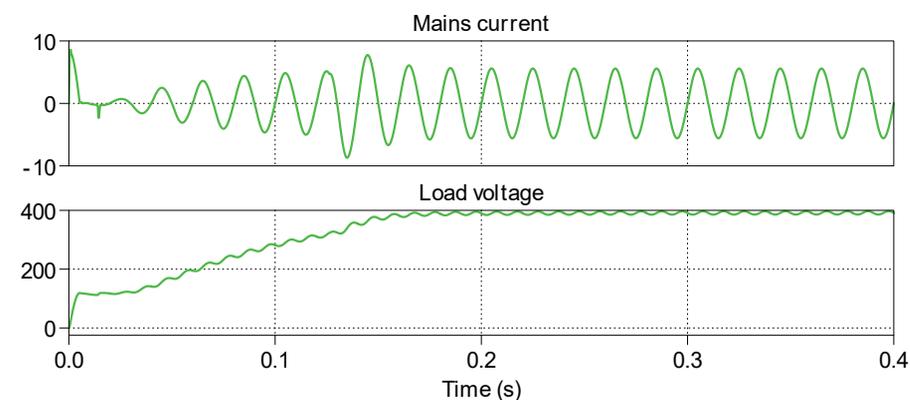


図5: 一定負荷下での電源起動時の熱挙動



3.1 定常状態運転

熱過渡現象が落ち着くまでシミュレーションを実行して、放熱器と半導体の定常温度レベルを決定することは実用的ではありません。熱時定数が大きいため、このようなシミュレーションには数時間かかります。

代わりに、モデルで事前構成されている定常解析を実行できます。PLECS StandaloneまたはBlockset(Simulink内)の場合、次の手順を実行します。

- *Standalone*: シミュレーションメニューから**解析ツール...**を選択します。これにより、解析が事前に構成されているダイアログが開きます。解析を開始するには、**解析開始**ボタンをクリックします。**ログを表示**ボタンをクリックすると、解析の進行状況を表示できます。
- *Blockset*: Steady-State Analysisブロックをダブルクリックしてダイアログを開き、**Start analysis**ボタンをクリックします。解析の進行状況は、MATLABコマンドウィンドウに表示されます。

解析が完了すると事前構成されたすべての波形に対して、5つの定常周期のシミュレーションがPLECSスコープで表示されます。

4 結論

このデモモデルはPFCと熱モデリングを使用した、グリッド接続の昇圧コンバータを示しています。このシステムは、別のサブシステムの関数ブロックでモデリングしたInfineonのICによって制御されます。制御はカスケード接続されており、内側の電流ループと外側の電圧ループで構成されています。MOSFETとショットキーダイオードの熱挙動を説明するために、部品パラメータに熱設定を追加しました。熱時定数が大きいため、過渡シミュレーションでは定常状態に達するまでに数時間かかります。代わりに、数秒以内に定常状態を検出する回路で**定常解析**を実行できます。制御IC、回路、およびパワー半導体に関する詳細については、<http://www.infineon.com/pfc>を参照してください。

参照

- [1] Standalone Power Factor Correction (PFC) Controller in Continuous Conduction Mode (CCM) Click to access online: [ICE1PCS01 Control IC from Infineon](#).

改訂履歴:

PLECS 4.3.1 初版

PLECS 4.7.1 スイッチ損失算出でモデルを更新



Pleximへの連絡方法:

☎ +41 44 533 51 00	Phone
+41 44 533 51 01	Fax
✉ Plexim GmbH	Mail
Technoparkstrasse 1	
8005 Zurich	
Switzerland	
@ info@plexim.com	Email
http://www.plexim.com	Web



計測エンジニアリングシステム株式会社

<https://kesco.co.jp>

PLECS Demo Model

© 2002-2023 by Plexim GmbH

このマニュアルに記載されているソフトウェアPLECSは、ライセンス契約に基づいて提供されています。ソフトウェアは、ライセンス契約の条件の下でのみ使用またはコピーできません。Plexim GmbHの事前の書面による同意なしに、このマニュアルのいかなる部分も、いかなる形式でもコピーまたは複製することはできません。

PLECSはPlexim GmbHの登録商標です。MATLAB、Simulink、およびSimulink Coderは、The MathWorks, Inc.の登録商標です。その他の製品名またはブランド名は、それぞれの所有者の商標または登録商標です。