

PLECS *DEMO MODEL*

Buck Converter with Parameter Sweep

降压コンバータのパラメータスイープ

PLECS Standaloneの並列シミュレーション機能の使用

Last updated in PLECS 4.8.1

1 概要

このデモは、PLECS demosライブラリの"Buck Converter with Analog Controls"に基づいています。シミュレーションスクリプトでインダクタ L_1 の値を変更することにより、パラメータスイープを実行します。バージョン4.6.1以降のPLECS Standaloneでは、並列シミュレーションを実行する機能を備えており、このデモモデルでも実証されています。

1.1 要件および制限事項

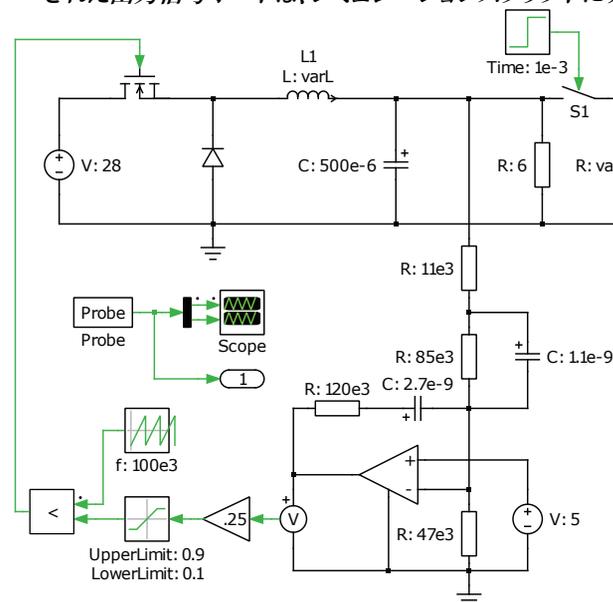
このデモモデルでは、さまざまなPLECSの様々な機能を紹介しています。これらの機能は使用するバージョン(BlocksetまたはStandalone)でのみご利用いただけます。

- PLECS Blocksetモデルは、逐次パラメータスイープを備えたシミュレーションスクリプトを備えています。
- PLECS Standaloneモデルは、パラメータスイープの逐次および並列実装のシミュレーションスクリプトを備えています。
- 並列パラメータスイープ用のPythonスクリプトを実行するには、Python 3のインストールとPLECS Standaloneが必要です。また、PLECS設定 → 基本設定タブでRPCインターフェイスを有効にし、ポートを1080に設定する必要があります。

2 モデル

この回路図は、アナログ比例積分微分(PID)コントローラを備えた降圧コンバータを示しています。インダクタ L_1 は、図1の回路図でラベル付けされており、40~220 μ H間を20 μ H刻みで、自動的に10回シミュレートします。PLECSプローブコンポーネントに接続された出力信号ポートは、シミュレーションスクリプトとRPCインターフェイスにデータを渡します。

図1: アナログ制御を備えた降圧コンバータの回路図。PLECSプローブコンポーネントに接続された出力信号ポートは、シミュレーションスクリプトにデータを返すために使用します。



3 シミュレーション

シミュレーションは、コンバータの起動と1秒での負荷変動を示します。モデルの初期化時に L_1 に40 μ Hのインダクタンス値が割り当て、単一の過渡シミュレーションを実行できます。あるいは、**シミュレーション** → **シミュレーションスクリプト**で定義されたシミュレーションスクリプトを使用して、 L_1 のパラメータスイープを実行することもできます。各シミュレーションの結果は、PLECSスコープに新しいトレースとして表示されます。それぞれのトレースには、対応するインダクタンス値がラベル付けされています。また、スクリプトはシミュレーション結果を解析し、ピーク電流値をMATLABまたはOctaveコンソールに出力します。

3.1 PLECS Standalone用Octaveスクリプト

降圧コンバータのインダクタ値のパラメータスイープを実装する2つのシミュレーションスクリプトがあります。1つは逐次パラメータスイープを実行し、もう1つは並列パラメータスイープを実行します。

Parameter Sweep (Sequential)

逐次パラメータスイープは、forループで複数の連続したシミュレーションを実行します。1つのシミュレーションが終了した場合のみ、次のシミュレーションを開始します。forループの各反復処理で、ModelVars構造体にインダクタ(変数varL)の新しい値が割り当てられます。ModelVars構造体は、plecs('simulate')コマンドのパラメータとしてPLECSに渡されるsimStructの一部です。SolverOpts構造体には、特定の時点のシミュレーションデータのみを返す変数OutputTimesが含まれています。これにより、シミュレーションスクリプト内で処理されるデータの量を減らすことができます([セクション3.2](#)を参照)。このデモモデルでは、デフォルトのソルバ設定と選択されたOutputTimesベクトルを使用して、シミュレーションデータの出力は約4300ポイントから501ポイントに削減されます。

```
% create simStruct with field 'ModelVars'
mdlVars = struct('varL', 50e6);
simStruct = struct('ModelVars', mdlVars);

% clear all previous traces in scope 'Scope' in the current model
plecs('scope', './Scope', 'ClearTraces');

% parametric values to be swept
inductorValues = [40:20:220]; % in uH

for ix = 1:length(inductorValues)
    % set value for L1
    simStruct.ModelVars.varL = inductorValues(ix) * 1e6;
    simStruct.SolverOpts.OutputTimes = 0.001:0.2e5: 0.002;
    % start simulation, return probed signal values in 'out'
    out = plecs('simulate', simStruct);
    % hold and label trace
    plecs('scope', './Scope', 'HoldTrace', ['L=' mat2str(inductorValues(ix)) 'uH']);
    % find maximum current value and index
    [maxv, maxidx] = max(out.Values(1,:));
    % Output maximum current values to Octave console
    printf('Max current for L=%duH: %fA at %fs\n',
        inductorValues(ix), maxv, out.Time(maxidx));
end
```

Parameter Sweep (Parallel)

並列シミュレーションを実行するには、plecs('simulate') コマンドのパラメータに複数のシミュレーション構造体をセル配列として指定する必要があります。各シミュレーション構造体には、Nameと呼ばれる追加変数が含まれる場合があります。これにより、個々の並列シミュレーションにラベルを付け、シミュレーションデータやエラーを特定のシミュレーションに関連付けることができます。この例では、 $L_1 = 120\mu\text{H}$ のときに人為的な短絡が作成されます(シミュレーション5)。シミュレーションが完了すると、OctaveコンソールとPLECS回路図の右下隅にエラーメッセージが表示されます。図2を参照してください。

図2: 負荷での短絡を示すシミュレーション5のエラーメッセージシンボル。



plecs('simulate') コマンドには、並列シミュレーション設定用の追加パラメータがあります。これは各シミュレーションの後実行されるコールバック関数です。この関数を使用して、シミュレーションデータ量を重要な数値のみに絞り込むことができます。これは、RPC インタフェースを介してシミュレーションを開始する場合、大量のデータ転送を避けたい場合に特に役立ちます。

```
% clear all previous traces in scope 'Scope' in the current model
plecs('clc');
plecs('scope', './Scope', 'ClearTraces');

% Evaluate simulation results in callback function
function result = callback(index, data)
    % hold and label trace
    name = ['L = ', mat2str(inductorValues(index)), 'uH'];
    plecs('scope', './Scope', 'HoldTrace', name);

    % Find maximum current values and index
    if isstruct(data)
        [maxi, maxidx] = max(data.Values(1,:));
        maxt = data.Time(maxidx);
        % Reducing simulation results by return value 'result'
        result = [maxi, maxt];
    else
        % Print error message to Octave console
        printf(' Error in Simulation %d for L=%duH: %s\n',
            index, inductorValues(index), data);
    end
end

% Set value for L1 to be swept
inductorValues = [40:20:220]; % in uH
% Initialize simStruct as cell array with all values for L1
for ix = 1:length(inductorValues)
    simStructs{ix}.ModelVars.varL = inductorValues(ix) * 1e6;
    % Name of 'ModelVars' can be assigned for diagnostic purposes
    simStructs{ix}.Name = ['L=' mat2str(inductorValues(ix)) 'uH'];
end

% Create a shortcut in simulation 5
simStructs{5}.ModelVars.varR = 0;

% Start simulation, return result from callback function into 'out'
% Analysis will be moved to callback function to reduce
```

```

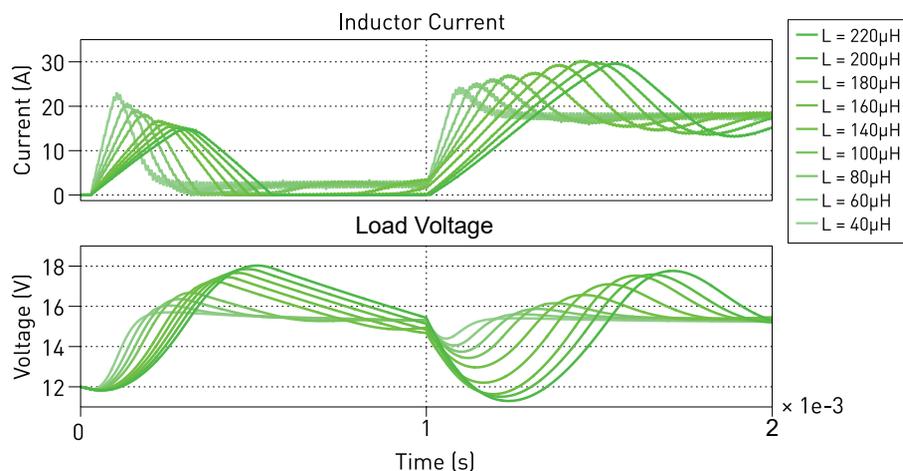
simulation results
out = plects('simulate', simStructs, @(index, data) callback(index, data));

for ix = 1:length(inductorValues)
    % Detect if errors occurred in parallel simulation
    if ischar(out{ix})
        printf(' Error for L=%duH: %s\n',
            inductorValues(ix), out{ix});
        % Output maximum current values to Octave console
    else
        printf(' Max current for L=%duH: %fA at %fs\n',
            inductorValues(ix), out{ix}(1), out{ix}(2));
    end
end
end

```

同様な並列シミュレーションは、Python 3とデモモデル内と同一フォルダにあるPython スクリプトparameter_sweep_script.pyを使用して開始することもできます。これには、**PLECS設定**のGeneralタブで、RPCインターフェイスポート番号を有効にし、1080設定する必要があることに注意してください。パラメータスイープのシミュレーション結果を図3に示します。

図3: パラメータスイープの出力結果



3.2 シミュレーションデータの量を削減

シミュレーションの時間範囲、平均シミュレーション時間ステップ、および記録された信号の数に応じて、結果として得られるシミュレーションデータは大量になる可能性があります。シミュレーションを並行して実行すると、メモリ消費量がさらに増加します。以下では、シミュレーションデータの量を最小限に抑える方法を示しています。

- シミュレーションパラメータダイアログの**最大時間刻み幅**パラメータを小さくしないでください。
- シミュレーション結果の評価は、スクリプトParameter Sweep (Parallel)に示されているように、対応するコールバック関数内で行うする必要があります。これにより、関連するシミュレーションデータ(result)のみがスクリプトに返されます。後処理用のコールバック関数がを用していない場合、すべてのシミュレーション結果がシミュレーションスクリプトに返されます (戻り値out)。

- シミュレーション時間内の任意のステップサイズを持つ時間ベクトルOutputTimesを指定して、シミュレーションデータを削減できます。SolverOptsと組み合わせて、シミュレーションパラメータダイアログで指定されたソルバ設定をオーバーライドできる構造体変数を使用する必要があります。これをParameter Sweep (Sequential)の14行目で示しています。

結果はOctaveコンソールに出力されます。Octaveコンソールには、**ウィンドウメニューからOctaveコンソールの表示**を選択してアクセスできます。

3.3 PLECS Standalone用のPython 3スクリプト

前のセクションで説明したものと同一シミュレーションスクリプトがPython 3に実装されています。スクリプトは次のコマンドで実行できます:

```
python3 parameter_sweep_script.py
```

PLECS設定 → **基本設定**タブでRPCインターフェイスを有効にし、ポートを1080に設定してください。スクリプトを実行するには、最初にPLECSを手動で起動する必要があります。

3.4 PLECS Blockset用のスクリプト

Simulinkモデルのサブシステムブロックをダブルクリックして、MATLABエディターでmファイルparameter_sweep_script.mを表示して実行します。このファイルの内容は次のとおりです:

```
% create path to scope
scope = ('buck_converter_with_parameter_sweep/Circuit/Scope');

% clear all previous traces in scope 'Scope' in the current model
plecs('scope', scope, 'ClearTraces');

% parametric values to be swept
inductorValues = [40:20:220]; % in uH

for ix = 1:length(inductorValues)
    % set value for L1
    varL = inductorValues(ix) * 1e6;
    % start simulation, return probed signal values
    % to workspace using Output port '1'
    [t, x, y] = sim('buck_converter_with_parameter_sweep');
    % hold and label traces in scope
    plecs('scope', scope, 'HoldTrace', ['L=' mat2str(inductorValues(ix)) 'uH']);
    % find maximum current value and index
    [maxv, maxidx] = max(y(:,1));
    % Output maximum current values to MATLAB console
    fprintf('Max current for L=%duH: %fA at %fs\n',
        inductorValues(ix), maxv, t(maxidx));
end
```

結果は MATLAB コンソールに出力されます。

4 結論

このモデルは、シミュレーションスクリプトを使用して、PLECS BlocksetまたはPLECS Standaloneで物理回路値のパラメータスイープを実行する方法を示しています。このコード例は、他のアプリケーションに簡単に適用できます。

改訂履歴:

- PLECS 4.3.1 初版
- PLECS 4.6.1 PLECS Standaloneにパラメータスイープの並列実装を追加。XML-RPCでパラメータスイープを実行するPython 3スクリプトを追加
- PLECS 4.6.5 JSON-RPCを使用するオプションをインクルード
- PLECS 4.8.1 Python 3スクリプトにパラメータスイープの逐次実装を追加しました。JSON-RPCに関する軽微な問題を修正しました。



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す。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。