

PLECS *DEMO MODEL*

Flying Capacitor Single-Phase Inverter

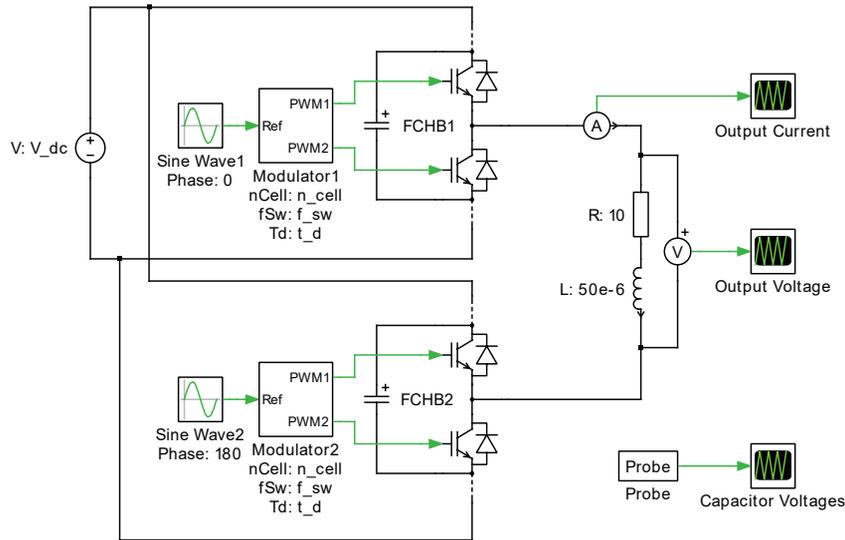
フライングキャパシタ単相インバータ

Last updated in PLECS 4.8.1

1 概要

このデモは、フライングキャパシタ(Flying Capacitor: FC)単相フルブリッジ電圧源インバータ (Voltage Source Inverter: VSI)を紹介しています。FC VSIはマルチレベルインバータの一種で、スイッチングセルをスタックしてインバータレグを形成することにより、振幅 $V_{dc}/2$ の階段状AC波形を生成できます。図1に示すようにフルブリッジ方式で配置すると、インバータはRL負荷の両端に $\pm V_{dc}$ を生成します。このモデルは、PLECSのdemosライブラリのデモモデル"Flying Capacitor DC-DC Converter"に基づいています。

図1: フライングキャパシタ単相インバータ



Note このモデルには、次からアクセスできるモデル初期化コマンドが含まれています。

PLECS Standalone: シミュレーションメニュー + シミュレーション・パラメータ... → 初期化

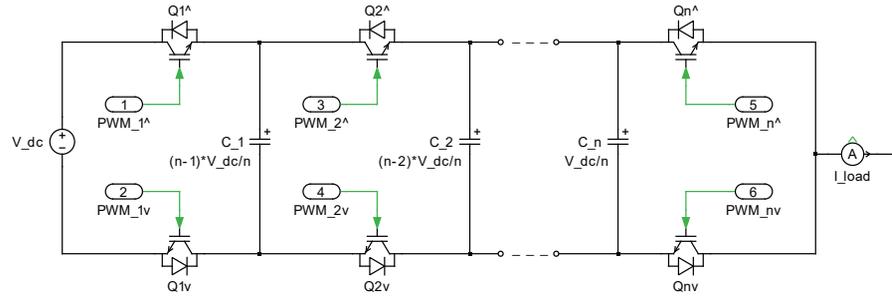
PLECS Blockset: Simulinkモデルウィンドウで右クリック → モデル プロパティ → コールバック → InitFcn*

2 モデル

2.1 電源回路

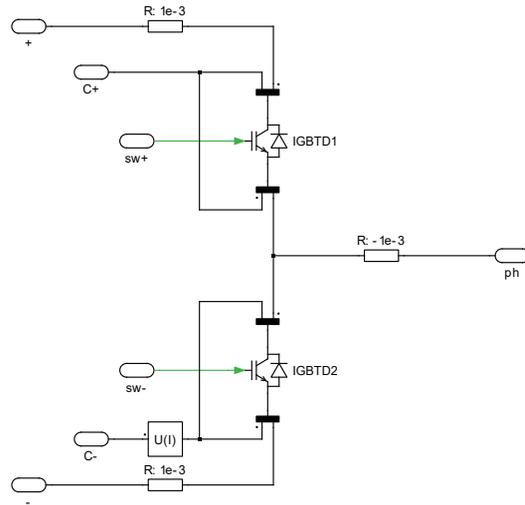
この回路はモジュラーマルチレベルVSIとしてモデリングしており、各スイッチペアの2つのスイッチがキャパシタで接続されています。次に、スイッチペアとキャパシタを直列に接続して、チョッパ回路ネットワークを形成します。入力にDC電圧源が接続されており、スイッチトキャパシタネットワークの出力はAC量です。一般的な長さの構成可能なマルチセルネットワークを図2に示します。

図2: 長さの構成可能なマルチセルネットワーク



PLECSのフライングキャパシタハーフブリッジモジュールは、モジュラサブシステム概念を用いて実装しており、動的にサイズ調整可能なコンポーネントのチェーンを、ワイヤとマルチプレクサを使用して接続しますこのセルの実装を図3に示します。モジュールの入出力は、フライングキャパシタチェーンの端子として構成されます。整流セルは、ユーザ指定のセル数 n に対して、出力を $n-1$ 回入力に戻すことによって繰り返されます。以下に示すように、この実装の秘訣は、各マルチプレクサのワイヤの1つを $n-1$ の幅に定義することです。配線ループを使用することで、マルチプレクサ間のコンポーネント(スイッチペアとクランプキャパシタ)が直列接続された形で n 回複製されるチェーンが作成されます。

図3: フライングキャパシタ単相インバータのセル実装



このモジュールに接続されているキャパシタはベクトル化されています。バランスを取ったチョップキャパシタの電圧レベルは、 $(n-1)V_{dc}/n, \dots, 2V_{dc}/n, V_{dc}/n$ となり、外側から内側のレベルに順序づけされます。入力が600VDCで $n=5$ であるため、4つのキャパシタの電圧レベルは480、360、240、および120VDCになります。マルチレベル出力電圧波形がRL負荷に印加されます。

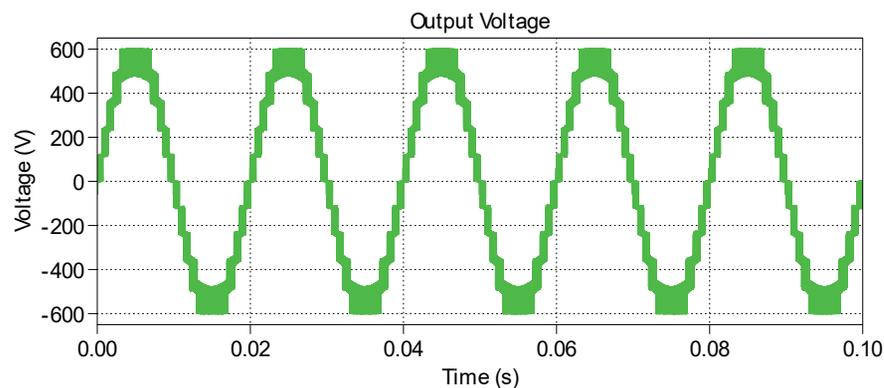
2.2 制御

変調方式は、 n 個の三角波キャリアで構成される位相相シフトキャリアパルス幅変調(Phase Shifted Carrier Pulse Width Modulation: PSCPWM)技術で、それぞれが前のキャリアから $2\pi/n$ だけシフトしています。正弦波のリファレンス波形を2つの変調器に供給し、2番目の位相レグのリファレンスは最初のレグと比較して 180° の位相シフトします。コントローラは、2つのパルス幅変調信号を出力し、上下のIGBTを同じデューティ比で相補的にゲート制御します。各スイッチペアのスイッチ整流間のターンオンを遅延させるデッドタイムを設けています。[1]および[2]で説明しているように、各整流セルのデューティ比と $2\pi/n$ の位相シフトが等しいため、キャパシタ自体が自己平衡を保っており、コンバータは閉ループ制御を必要としません。DC入力が増加すると過渡現象が発生しますが、システムはフィードバック調整なしで明確に定義された定常動作点に落ち着きます。

3. シミュレーション

添付したモデルでシミュレーションを実行して信号を表示し、負荷電圧が $\pm 600\text{VAC}$ のステップ波形であることを確認します。結果を図4に示します。キャパシタ電圧が V_{dc}/n のDCレベルのスタックであることを注意してください。初期キャパシタ電圧を変更してシミュレーションを再実行すると、トポロジの自己平衡特性を示し、キャパシタ電圧が平衡状態に移行します。またネットワーク内のセルの数は、シミュレーションパラメータのモデル初期化コマンドで変更できます。

図4: 負荷電圧のシミュレーション結果



参照

- [1] T. A. Meynard, H. Foch, P. Thomas, et al, “Multicell converters: Basic concepts and industry applications”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 49, no. 5, pp. 955-964, Oct. 2002.
- [2] R. H. Wilkinson, T. A. Meynard, and H. du T. Mouton, “Natural balance of multicell converters: The general case”, *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 21, pp. 1658-1666, Nov. 2006.

改訂履歴:

PLECS 4.3.1 初版

PLECS 4.8.1 ライブラリのフライングキャパシタハーフブリッジモジュールを使用



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

KESCO KEISOKU ENGINEERING SYSTEM
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

© 2002-2024 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。