

# PLECS *DEMO MODEL*

*Neutral-Point Clamped Converter*

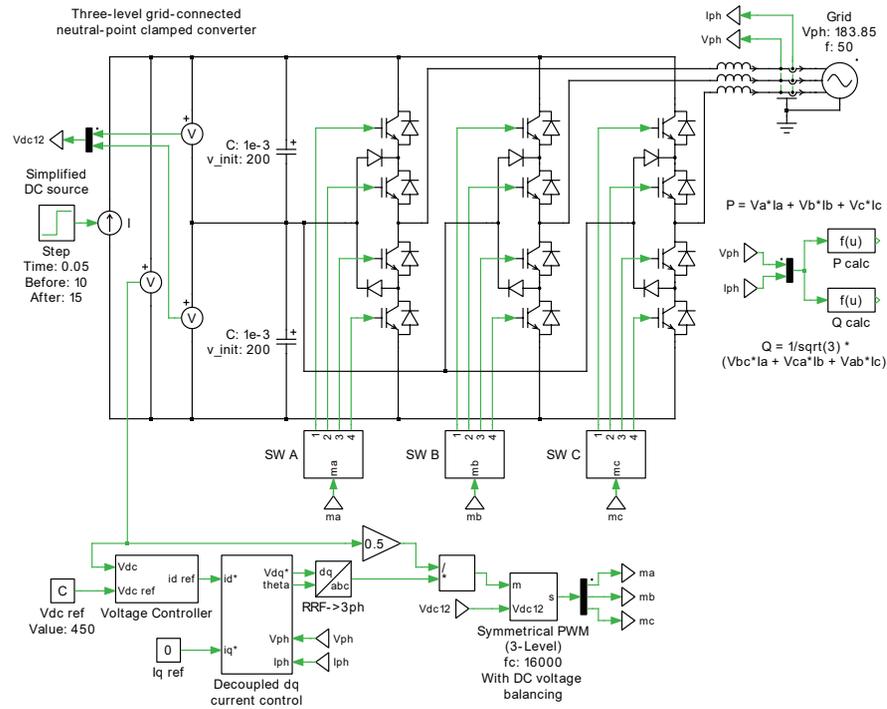
中性点クランプコンバータ

Last updated in PLECS 4.3.1

# 1 概要

このデモでは、中性点クランプ(Neutral-Point Clamped: NPC)の3レベル電圧源インバータについて紹介します。NPC方式は、従来の2レベル電圧源インバータよりも高調波の低減に優れており、関連する制御戦略によって半導体損失を最小限に抑えられるため、大電力アプリケーションに採用されています。このモデルは、電流源(可変)ブロックから50Hz、130V<sub>RMS</sub>を送電網に電力を供給するように設計しています。

図1: NPCコンバータ



## 2. モデル

### 2.1 電源回路

回路モデルは双方向の3レベル電圧源インバータ(Voltage-Source Inverter: VSI)で、3つのレッグ(各相に1つ)を持ち、それぞれに2つの直列接続されたハイサイド/ローサイドスイッチが含まれています。NPCコンバータのスイッチとしては多くの場合、逆並列ダイオードを備えたIGBTを使用することが多いですが、2象限スイッチの構成も可能です。この場合、3レベルハーフブリッジ(NPC)パワー素子モジュールコンポーネントを使用し、それぞれが NPCコンバータ用の一つのレッグを実装します。電源モジュールには、半導体を表す理想スイッチの構成と、電圧源(可変)および電流源(可変)を使用して平均化構成の2つがあります。平均化構成は、ハードウェアインザループ(Hardware-In-the-Loop: HIL)テストなど、スイッチング周波数の高いリアルタイムシミュレーションに特に適しています。

DC電源(ソーラーインバータに電力を供給する太陽光発電パネルなど)は、電流源(可変)としてモデリングします。受け取った太陽エネルギーの急激な増加に対応するため、シミュレーションの前半では $10A_{DC}$ を提供し、シミュレーションの後半では $15A_{DC}$ を提供します。この電流は直列接続した2つのキャパシタに分割されたDCバスを充電します。その中性点が3つのIGBTレッグそれぞれに接続しています。クランプダイオードは、キャパシタの中性点と各レッグの4分の1および4分の3の間に配置しています。各レッグの中性点は、インダクタを介してACグリッドのそれぞれの位相に供給します。グリッドは、理想的な三相50Hz、 $130V_{RMS}$ 電圧源としてモデリングしています。DCキャパシタの初期電圧は $200V_{DC}$ ですが、DCバスの設定値は $450V_{DC}$ であるため、シミュレーションの開始時に充電されます。

## 2.2 制御

PIレギュレータとして実装した外側の電圧コントローラは、内側のdq電流コントローラに電流設定値を供給します。電圧コントローラはDC電圧を測定し、 $450V_{DC}$ リファレンス値との誤差を計算します。電流コントローラには、Vdqリファレンスを生成する直流と直交電流用の個別のPIレギュレータがあります。AC相の電圧と電流を測定し、電流コントローラに供給します。位相同期回路(Phase-Locked Loop: PLL)は、abcからdqへ変換するリファレンス位相角を生成します。電流センサの限られた帯域幅を表すために、 $I_a$ 、 $I_b$ 、 $I_c$ 測定値からのフィードバックパスにローパスフィルタを挿入します。変調指数は、3相レッグの3つの個別の変調器それぞれに対して生成されます。

3レベルPWM変調器には、単純な中性点電位制御アルゴリズムが含まれています。詳細については、Symmetrical PWM(3-Level)サブシステムのマスクを参照してください。"Vdc12"信号入力ポートは、DC電圧の上限と下限を測定します。理想的なDC電圧の上限と下限に対する比率を計算し、正のキャリア(または負のキャリア)が比例して上昇(または下降)するため、変調された中性点電圧はそれに応じて変化します。

## 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、過渡現象から安定後にDC電圧が $450V_{DC}$ に調整されることを観察します。PVアレイからの電流のステップ変化によって引き起こされる外乱は、約50msで調整されます。スイッチングパターンは、基本波形が位相シフトした3レベルのパルス列を明確に示しています。グリッドに供給される有効電力と無効電力も観察できます。

改訂履歴:

PLECS 4.3.1 初版



**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*

© 2002-2023 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。