



PLECS DEMO MODEL

Single-Phase Active Filter

Shunt Active Filter with Hysteresis Controller

単相アクティブフィルタ

ヒステリシスコントローラを備えた並列系アクティブフィルタ

Last updated in PLECS 4.5.1

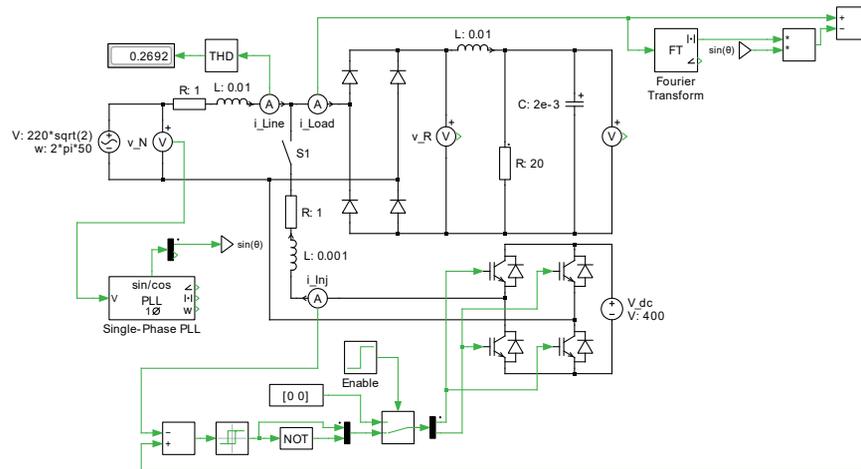
KESCO KEISOKU ENGINEERING SYSTEM

計測エンジニアリングシステム株式会社
<https://kesco.co.jp>

1 概要

このデモでは、並列系アクティブフィルタ回路とヒステリシス電流コントローラを備えた単相ダイオード整流器を紹介します。220V、50Hzの商用電源は、全波ダイオード整流器を介して20ΩのDC負荷に電力を供給し、その結果、高調波成分が多く含まれる電源電流が発生します。アクティブフィルタ回路は無効電流と高調波電流を注入できるため、整流回路の高調波成分が商用電源に伝播することはありません。

図1: 単相ダイオード整流器とアクティブフィルタ



2 電気モデル

DC負荷とダイオード整流器は、一般的な商用負荷に相当する220V_{rms}主電源に接続されています。ダイオードの受動整流は高度に非線形であるため、電源から2倍の周波数でチョップした半波電流により、負荷に伴う電力品質が低下します。ローカル配電ネットワークから引き出されるこれらの歪んだ電流は通常、望ましくないものであり、IEEE-519などの一定基準を満たさない場合があります。

この整流器回路によって生成される高調波を低減するための方法はパッシブフィルタ回路などいくつかあります。並列系アクティブフィルタには、その制御性により動的補償というさらなる利点があります。この回路は、負荷と並列に2レベル電圧形インバータ(Voltage Source Inverter: VSI)を追加し、制御した電流をネットワークに注入します。負荷電流を検出し、その電流に含まれる等しい逆高調波成分がシャント分岐を介して負荷に追加されます。

VSIが必要な電流を生成するには、十分なDC電圧が必要です。この場合、DC400Vの定電圧を使用しますが、VSI出力は単に無効電力であるため、実際にはキャパシタが適しています。定常動作する理想コンバータの場合、ラインサイクルを通じてネットワークと交換される正味電力はゼロです。

2.1 制御

2.2 リファレンス電流の計算

VSIのリファレンス電流を生成するには、フィードバック電流信号を計算する必要があります。これは総負荷電流と基本波負荷電流の差により、除去したい不要な高調波成分を求めます。基本負荷電流は商用電力と同位相にする必要があるため、合成する必要があります。

フーリエ変換を負荷電流に適用して、基本成分 $|i_{load, fundamental}|$ の振幅を測定できます。二次一般化積分器(Second Order Generalized Integrator: SOGI)構成のPLECSコンポーネントライブラリの位相同期ループ(Phase-Locked Loop: PLL)を電源に接続し、電圧源と同位相の負荷電流の目的の角度 θ を生成します。これら2つの値により、VSIの電流に注入するリファレンス信号は次のようになります:

$$i_{inj-ref} = i_{load} - |i_{load, fundamental}| \cdot \sin(\theta)$$

このリファレンス電流は、VSIのコントローラに供給されます。VSIが目的の注入電流を生成すると、主電源は負荷電流の基本波成分のみを効果的に供給し、アクティブフィルタ回路は必要な高調波成分と無効成分を供給します。

2.3 VSI制御

$\pm 0.1A$ の誤差幅の制御リレーブロックを使用した、単純なヒステリシス制御方式を採用しています。リファレンス注入電流は、VSIによってシステムに注入する実際の電流から減算されます。生成された変調信号は、VSI内の4つのMOSFETを制御します。

フィルタのスイッチングを遅延させ、初期起動過渡時のスイッチングを回避するためのイネーブル回路を組み込んでいます。

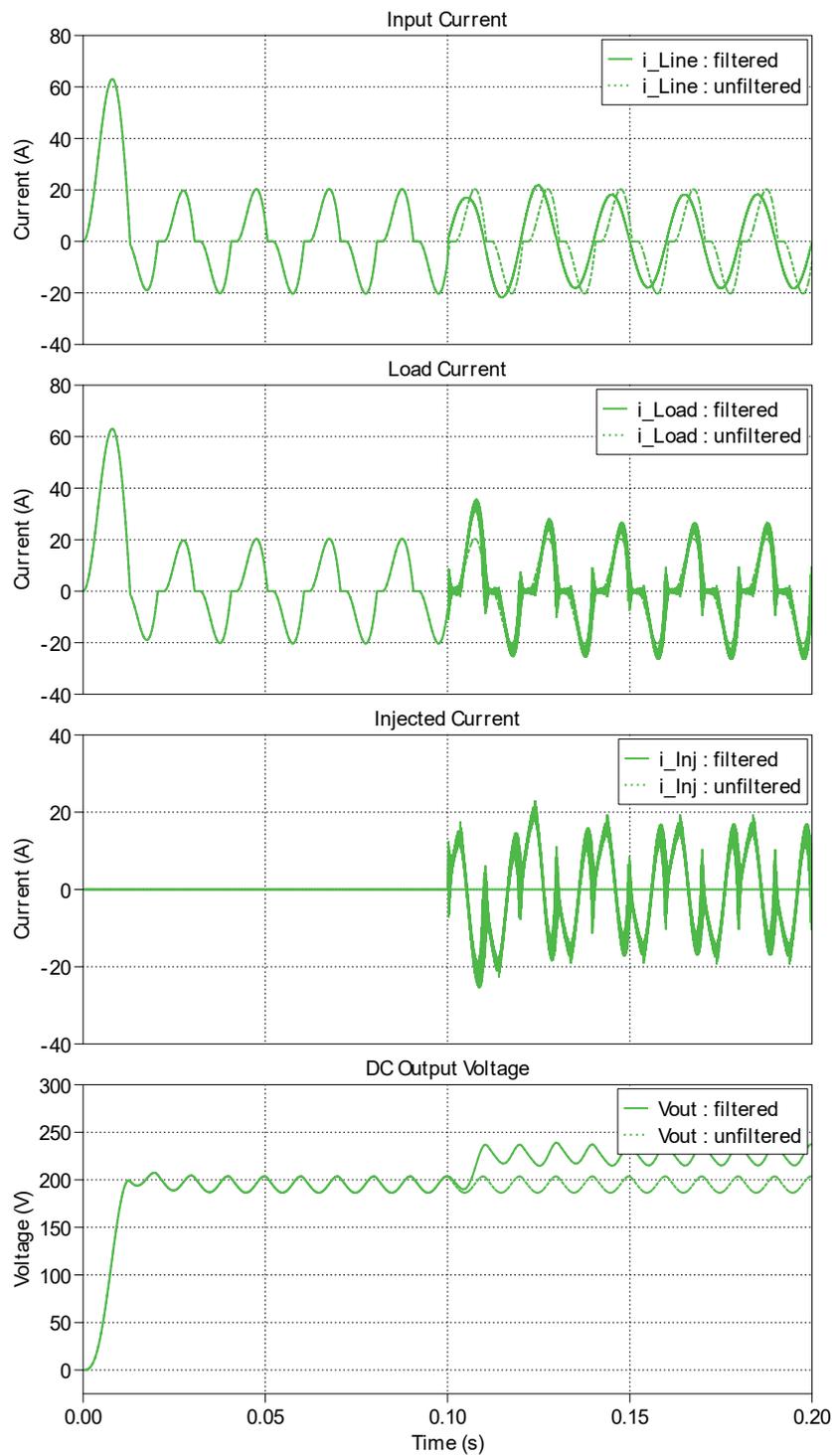
3 シミュレーション

添付したモデルを使用してシミュレーションを実行します。手動スイッチ(S1)はデフォルトで開いており、アクティブフィルタ回路はシステムから切断されています。非線形性で、高調波を多く含んだ入力電流波形を確認できます。全高調波歪み(Total Harmonic Distortion: THD)は約27%です。次に、手動スイッチS1をダブルクリックして閉じ、シミュレーションを再実行します。初期起動過渡後、コントローラが有効になり、[図2](#)に示すように、入力電流はより正弦波になり、THDは約1%になります。アクティブフィルタによって注入される追加の高調波電流により、負荷電圧が増加することに注意してください。これは、必要に応じて、追加の降圧回路やより複雑な制御方式によって低減できます。

Powerとラベルの付いたPLECSスコープを開くと、ラインサイクル全体でVSIによって注入される平均電流はほぼゼロであり、適切な制御でDC電圧を調整することにより、単純なキャパシタをVSIのDC電圧源として使用できるという仮定を検証しています。

図2: アクティブフィルタを使用した場合と使用しない場合のシステム波形のシミュレーション

結果



4 まとめ

このモデルは、単相アクティブフィルタを実装して、ダイオード整流回路に伴う高調波電流歪みを低減します。このデモは、非常に単純な制御構造を備えた基本的なPLECSライブラリの基本コンポーネントで大部分を構成したモデルを使用して、単相アクティブフィルタの概念実証モデルを迅速に開発および評価できる方法を紹介しています。

改訂履歴:

PLECS 4.4.1 初版

PLECS 4.5.1 新しいライブラリ ブロックによる PLL コンポーネントの更新



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。