

PLECS DEMO MODEL

Swiss Rectifier with Digital Controller

デジタルコントローラを備えたスイス整流器

Last updated in PLECS 4.4.2

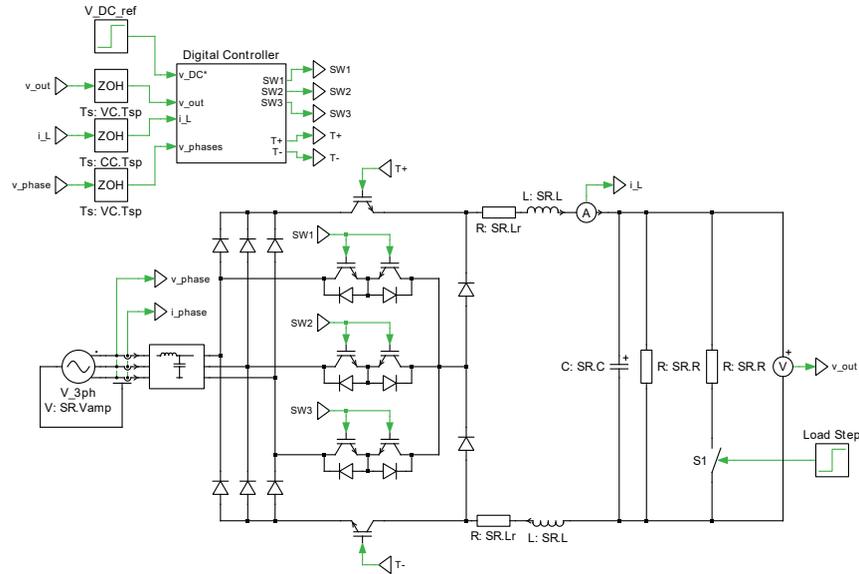
KESCO KEISOKU ENGINEERING SYSTEM

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、出力5kWのスイス整流器(Swiss Rectifier: SR)を紹介します。シミュレーションでは、電力回路とデジタル電圧および電流制御を組み合わせます。

図1: スイス整流器



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

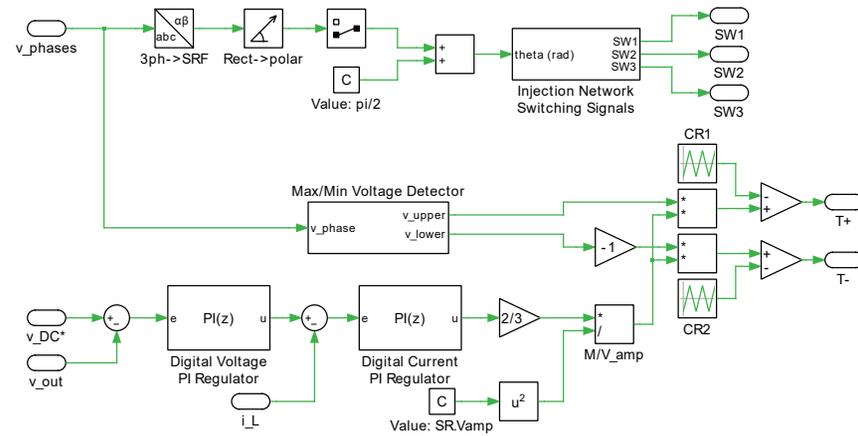
PLECS Blockset: Simulinkモデルウィンドウで右クリック → モデル プロパティ → コールバック → InitFcn*

2 モデル

SRは、力率補正機能を備えた単方向三相降圧型AC-DCコンバータです。SRは、整流器のDC側に2つの高速スイッチ(T_+ および T_-)を備えた三相ダイオードブリッジ整流器で構成しています。通常のダイオードブリッジ整流器では、60度の間隔で2相のみが電流を流します。SRでは、コモンエミッタ回路ベースのIGBT構成(SW1~SW3)を使用して注入ネットワークを実装しています。注入ネットワークは、高速スイッチを制御することによって非アクティブ相に電流を注入できるように、ライン周波数の2倍でスイッチングします。さらに、LC入力フィルタが高周波電流高調波をフィルタリングして、グリッド電流の高調波汚染を軽減します。

2.1 制御

図2: コントローラサブシステム



SRの制御は、注入ネットワーク制御と高速スイッチング制御の2つの主要部分に分かれています。

グリッド側の三相電圧を測定し、瞬時に位相角を決定します。位相角情報はルックアップテーブルに入力され、注入ネットワークスイッチのスイッチング信号を生成するために使用します。

SRの高速スイッチは、カスケード接続したデジタルコントローラを備えた内側の電流ループと外側の電圧ループを使用して制御します。SRの出力電圧を測定し、リファレンス電圧と比較します。電圧誤差はデジタル電圧のPIレギュレータに入力され、電圧設定値を生成します。インダクタ電流を測定し、電流設定値と比較します。誤差はデジタル電流PIレギュレータに入力され、電圧設定値が生成されます。この電圧設定値は、次の式で与えられる変調指数 (M) に変換されます:

$$M = \frac{2 \cdot V_{\text{set}}}{3 \cdot V_{\text{amp}}} \quad (1)$$

ここで、 V_{set} は電流レギュレータによって生成される電圧設定値、 V_{amp} は三相グリッド電圧のピーク値です。

三相電圧の測定値は、瞬間最大相電圧と最小相電圧(それぞれ V_{upper} と V_{lower}) の決定にも使用します。これらは、変調指数とともに高速スイッチのデューティ比を決定するために使用します。 T_+ と T_- のデューティ比、 α_+ と α_- は、それぞれ次の式で表します:

$$\alpha_+ = M \frac{V_{\text{upper}}}{V_{\text{amp}}} \quad (2)$$

$$\alpha_- = -M \frac{V_{\text{lower}}}{V_{\text{amp}}} \quad (3)$$

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、グリッド側と負荷の波形を表示します。初期出力電圧リファレンスは350VDCに設定しています。出力キャパシタとフィルタキャパシタは、システムが定常状態に達するまでの最初の10ms間で充電します。起動時の突入電流と、出力電圧および負荷のステップ変化による電流により、入力フィルタの共振周波数を励起します。その結果、電流波形に振動が見られます。

t = 0.1秒で、出力リファレンス電圧は450VDCまで段階的に増加します。出力キャパシタは次の4ミリ秒にかけて充電し、システムは新たな定常状態に達します。

t = 0.25秒まで、出力リファレンス電圧は450VDCを維持し、負荷は半分になります。出力キャパシタは次の2msにかけて放電し、システムは再び定常状態に達します。PLECSスコープの"Load"と"Grid Side"のトレースを保存し、"phase-shifted carriers"というラベルを付けます。

次に、"CR2"というラベルの付いたコントローラの三角波発生器の位相遅れを0秒に変更します。シミュレーションを再実行し、このスイッチング手法が出力電流リップルに及ぼす影響を観察します。これは"最小注入電流リップル"スイッチング戦略を表し、位相シフトされたキャリアはSoeiroが提案した"最小DCインダクタ電流リップル"スイッチング戦略を表しています。"InjectionCurrent"というラベルが付いた事前構成済みの保存ビューで指定した間隔は、b相(赤色のトレース)に電流を注入するために注入ネットワーク スイッチ(SW2)がオンのままになっているときの3相のグリッド側電流を示します。"最小注入電流リップル"スイッチング戦略の効果は、"InjectionCurrent_zoomed"というラベルが付いた事前構成済みの保存ビューで指定した間隔で、提案された2つのスイッチング戦略のb相グリッド電流を比較することで確認できます。

参考文献

- [1] Soeiro, T.B.; Friedli, T.; Kolar, J.W., "Swiss rectifier - A novel three-phase buck-type PFC topology for Electric Vehicle battery charging," Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2012 Twenty-Seventh Annual IEEE, pp. 2617-2624, 5-9 Feb. 2012.
- [2] Nussbaumer, T.; Heldwein, M.L.; Kolar, J.W., "Differential Mode Input Filter Design for a Three-Phase Buck-Type PWM Rectifier Based on Modeling of the EMC Test Receiver," Industrial Electronics, IEEE Transactions, vol. 53, no. 5, pp. 1649-1661, Oct. 2006.

改訂履歴:

PLECS 4.3.1 初版

PLECS 4.4.2 PIコントローラーコンポーネントを更新



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。