

PLECS DEMO MODEL

Servo Drive with Optimum Braking

サーボドライブの最適制動

Last updated in PLECS 4.3.1

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、PLECSの電気回路、制御器、機械回路ブロックを組み合わせたサーボドライブアプリケーションを紹介します。このシステムには、ボールねじと連動したサーボモータに電力を供給するベクトル制御(Field-Oriented Control: FOC)を備えたインバータが含まれています。ギアの出力はスライドに取り付けられ、製造工程(フライス加工など)で位置制御する部品を保持します。

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。

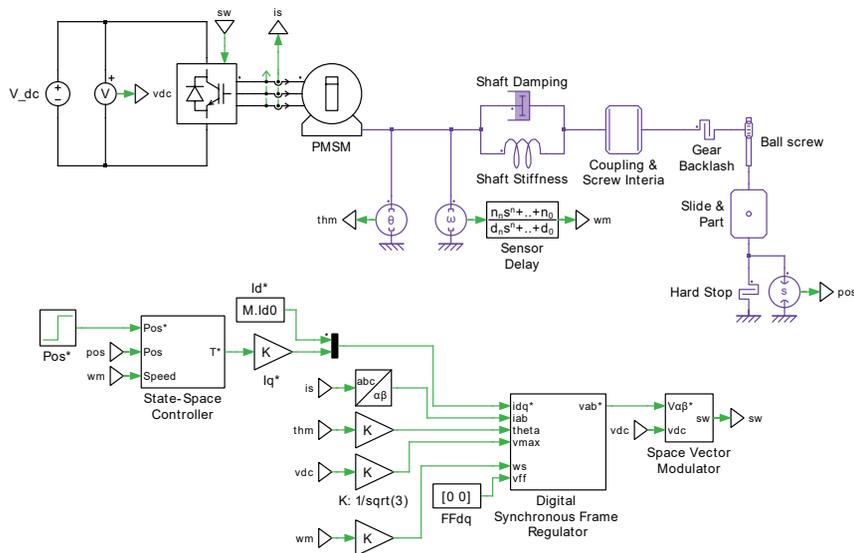
PLECS Standalone: シミュレーションメニュー + シミュレーション・パラメータ... → 初期化

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

モデルのシステムレベルの概要を図1に示します。

図1: 電気、機械、制御回路を含むシステムレベルの概要



2.1 電源回路

インバータ回路は、直流安定化電源を備えた理想的な3レグブリッジとしてモデリングしています。空間ベクトルPWM(SVPWM)は、インバータの出力電圧を制御するために使用します。閉ループ制御のために3相電流を測定します。

2.2 機械

アクチュエータは、3相永久磁石型同期機(PMSM)で構成します。その出力は、従属シャフトを介してボールネジギアに接続されます。これら2つの要素間の連結は、PLECSコンポーネントライブラリの慣性および回転バックラッシュコンポーネントによってモデリングしています。ギアは回転運動を直線運動に変換し、スライドに沿って部品を動かします。スライドの端には並進強制停止があり、適切に制御しないと部品が衝突します。

2.3 制御

スライドの位置決めには、高度な高帯域幅の状態空間制御が実装されています。コントローラはユニット単位(pu)システムで実現され、内部状態リミッタとアンチwindアップ手法を使用してスライド位置とモータ速度の両方を制御します。モータ速度の制限には2つの選択肢があります。i) 1puに設定した固定制限、およびii) 目標位置からの実際の偏差に基づいて動的に調整される最適制限です。設定値を大幅に変更する場合は、リミットサイクルを回避するために最適な速度制限を使用する必要があります。

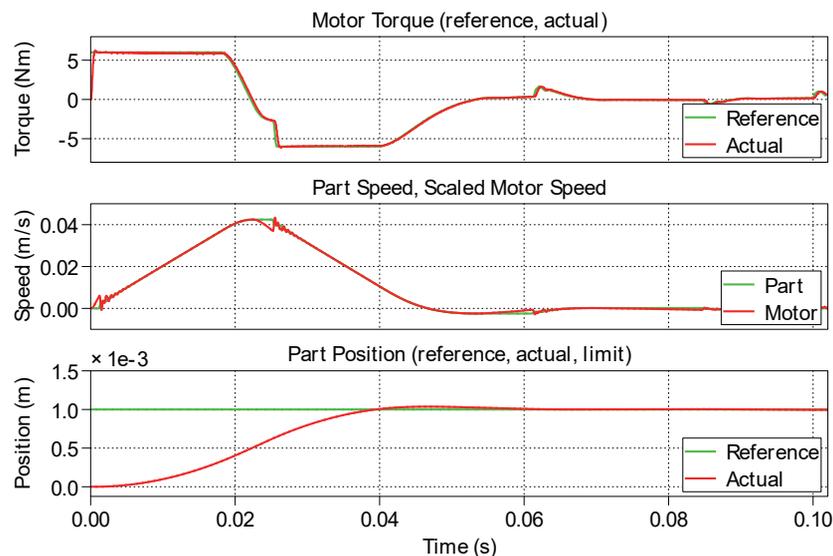
State-Space Controllerの出力は電動機のトルク設定値となります。これはDigital Synchronous Frame regulatorによって制御する等価な直交電流設定値(i_q^*)に変換します。このレギュレータはモータ速度に基づいて数値的に切り離されており、状態制限およびアンチwindアップ手法も備えています。

3. シミュレーション

このモデルは、次の手順に従って観察することを推奨します:

"State-Space Controller"ブロックをダブルクリックしてConfigurationパラメータのドロップダウンリストから"Fixed Speed Limit"を選択します。ステップ信号ブロック("Pos*")を小さい値、たとえば1ミリメートル(0.001)に設定します。部品が適切に減衰し、オーバーシュートが非常に少ない状態で目標位置に到達する様子を観察します。加速および減速段階の開始時にモータのトルクが最大6Nm(1pu)に制限されていることに注目してください。参考となる結果を図2に示します。

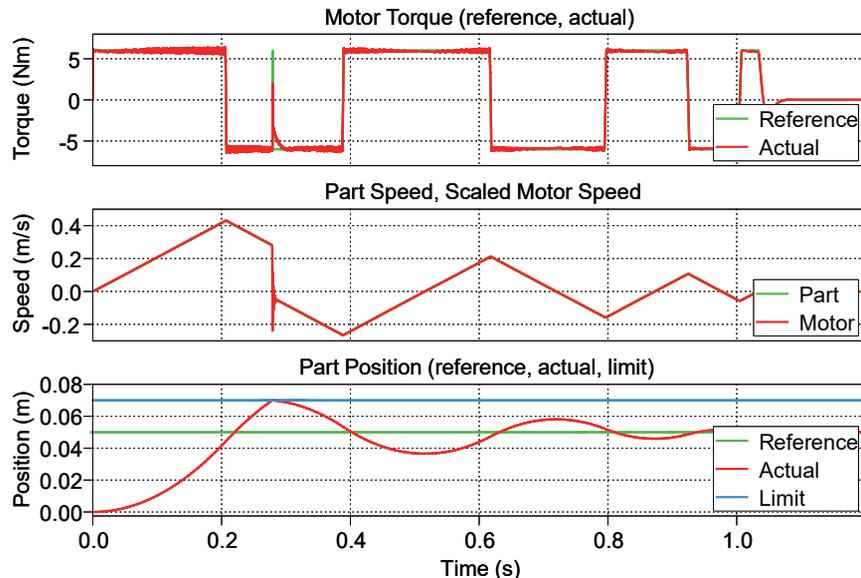
図2: 固定速度制限と小さな位置ステップでのシミュレーション結果



次に、設定値に達した後、PLECSスコープの"ズーム"機能を使用して、波形をより詳しく調べます。ドライブが完全に停止しないことがわかります。代わりに、設定値付近で継続的に振動していることが確認できます。この"ハンチング"はボールネジのバックラッシュによって発生します。初期化スクリプトのP.b1の値を減らし、振動がどのように軽減され、最終的に除去されるかを観察します。

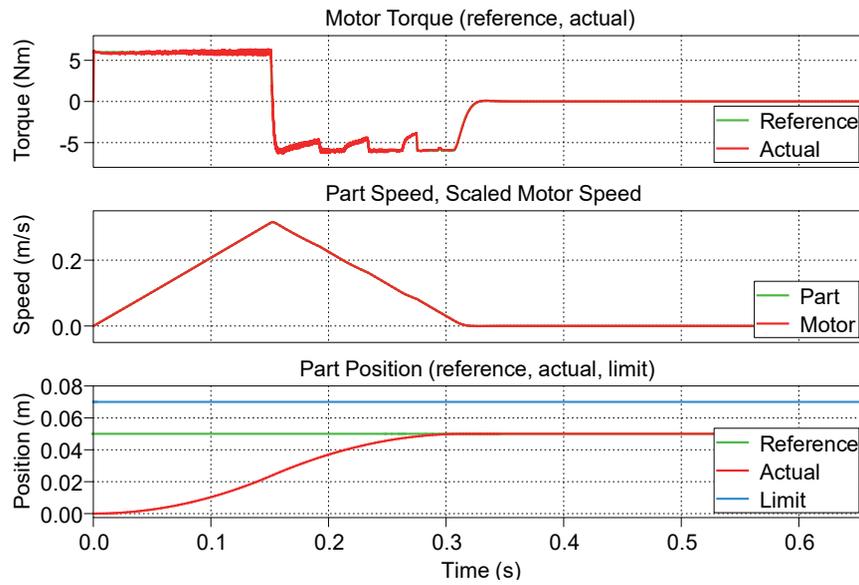
ここで、位置ステップを5cm(0.05)を増やしてシミュレーションを再実行し、少なくとも1.2秒のシミュレーション時間を確保します。参考となる結果を図3に示します。シミュレーションの実行結果からわかるように、位置制御は不十分です。初期に大きなオーバーシュートが発生し、その結果、スライドがハードストップに衝突し、その後、設定点に達するまで2回目の大きな振動が発生します。これは、電動機がスライドを減速させるのに十分なトルクを生成できず、設定点をはるかに超えてしまうことが原因のリミットサイクル現象です。その結果、トルク設定値はフルスロットル加速と減速の間で方形波状に変化します。

図3: 固定速度制限と大きな位置ステップでのシミュレーション結果



この動作を排除するには、Optimum Speed Limit(最適な速度制限)を有効にする必要があります("State-Space Controller"ブロックをダブルクリックし、ドロップダウンリストから選択します)。シミュレーションを再実行すると、この高度な速度制限アルゴリズムの有効性が実証されます。最小限のオーバーシュートで位置設定点に到達し、可能な限り短い時間で安定します。参考となる結果を図4に示します。

図4: 最適な速度制限と大きな位置ステップでのシミュレーション結果



参考文献

- [1] H. Bühler, Réglage de systèmes d'électronique de puissance, vol 1: Théorie, Presses Polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1997.
- [2] H. Bühler, Réglage de systèmes d'électronique de puissance, vol 2: Théorie, Presses Polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 1997.

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



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。