

NI VeriStand Target *DEMO MODEL*

DC Motor Control

DCモータ制御

- PXIeハードウェア向けモータ制御アプリケーション -

Last updated in NI VeriStand TSP 1.0.1

1 はじめに

このデモモデルは、ブラシ付き永久磁石DC (PMDC)モータのリアルタイムコントローラとして動作するNI PXIeシステムを紹介するものです。

オフラインシミュレーションで、模擬プラントモデルを用いてコントローラ設計を検証します。このシミュレーションには、PWM波形の生成やモータ位置を検出するためのカウンタなど、NI社のハードウェアペリフェラルの動作モデルが含まれています。

適切なハードウェアを使用して、制御ロジックをNI PXIeシステムに直接実装し、モータの速度と電流の閉ループ制御を実行します。NI PXIeハードウェアは、シミュレーションモデルの設定に基づいて自動的に構成されます。

注意 このモデルには、以下の方法で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

[図1](#)に最上位レベルの回路図を示します。NIハードウェアにデプロイされる制御ロジックは、回路図の下部にある"NI PXIe"サブシステム内に含まれています。このモデルは、コントローラに加えて、DC電源、インバータボード、PMDCモータ、シンプルな機械システム、および電流、電圧、位置を測定するためのセンサモデルで構成されています。

PXIeコントローラ、センサ、およびインバータボード間の信号接続は、"NI PXIe"サブシステムへの入力および出力として示されています。これらの信号接続は、NIハードウェアペリフェラルの動作モデルと組み合わせることで、コントローラをハードウェアにデプロイする前にオフラインでシミュレーションすることを可能にします。

ハードウェアと電源回路

DCモータコントローラのハードウェアは、以下の主要コンポーネントから構成されています:

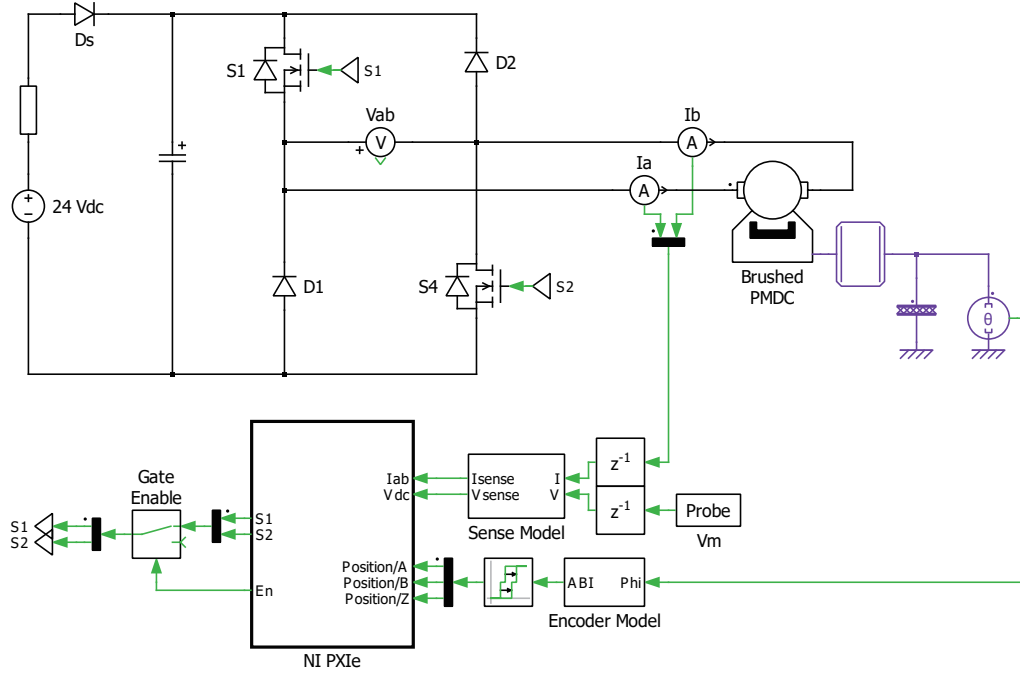
- NI-DAQモジュールを搭載したNI PXIeシステム
- 24V DC、2.5Aの電源を備えたインバータボード[\[1\]](#)
- 機械的負荷がかかったPMDCモータ[\[2\]](#)
- 1024ラインペアのエンコーダ[\[3\]](#)

24VDC、2.5Aの電源は、DC電圧源、電源抵抗、逆電流阻止ダイオード、および出力容量によって表されます。このシンプルなモデルは、モータが回生モードで動作するときのDCバス電圧の上昇傾向を表すことができます。

電源はTexas Instruments社の三相DC/AC GaNインバータに接続されています[\[1\]](#)。このインバータには、DC電源電圧の検出機能と、インバータ出力電流のインライン測定機能が内蔵されています。"Sense Model"サブシステムは、センシング回路のゲインを表します。インバータの3つの位相のうち2つがPMDCモータに接続されています。インバータの3相目は明示的にモデル化されていません。自然転流のみで動作するMOSFETは、ボディダイオードによってモデル化されます。

モータの機械的パラメータは[\[2\]](#)のデータシートから導き出されます。このマシンモデルはカスタムコンポーネントです。軸荷重における回転慣性および摩擦損失は明示的にモデル化されています。角度センサーはシャフトの位置を測定し、それをパルス列に変換して、1回転あたり1024カウントの回転エンコーダをモデル化します[\[3\]](#)。

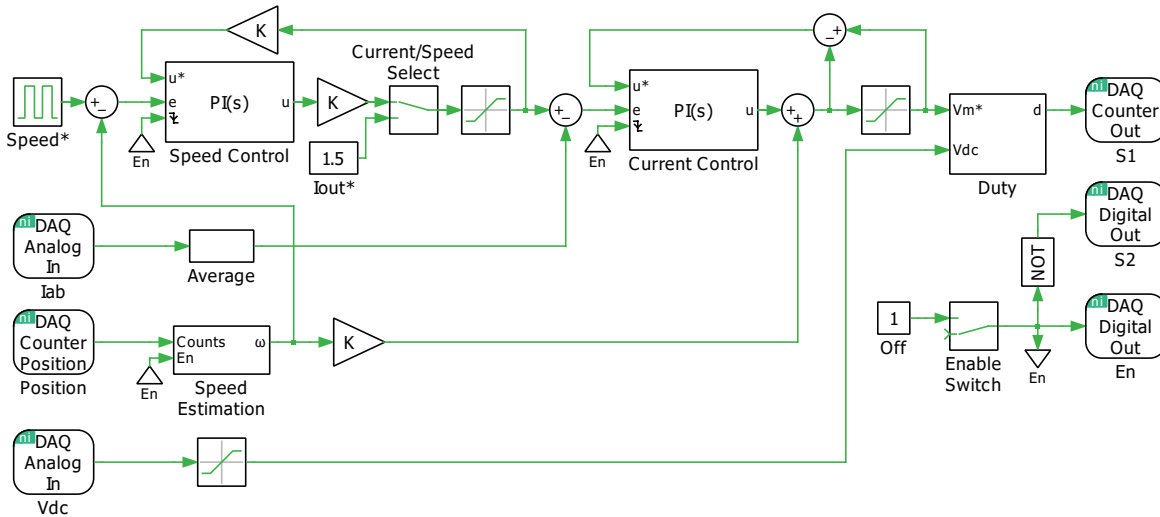
図1: NI PXIeコントローラ搭載PMDCモータ



2.1 Controller

制御ハードウェアは、NI-DAQモジュールを備えたNI PXIeシステムで構成されています。図2は制御ロジックを示しています。NI VeriStand Target Support Libraryのコンポーネントは、NI-DAQハードウェアを構成します。シャーシには、最低でも3つのアナログ入力、2つのカウンタモジュール、および2つのデジタル出力が必要です。

図2: 制御システムの回路図



DAQ Analog Inブロックは、インバータボードによって検出された電圧と電流を測定します。各アナログ入力には、インバータボードのセンサゲインを考慮したスケーリングパラメータが関連付けられています。DAQ Counter Positionコンポーネントは、ロータリエンコーダによって生成されたパルス列を検出し、パルス数に変換します。このモデルでは、パルス数が速度推定器への入力となります。

モータの制御には、カスケード制御方式を用います。内側のループは、フィードフォワードおよびアンチwindアップ機能を

備えたPI制御器を使用して、PMDCモータの電流を制御します。外側のループは、2つ目のPI制御器を用いてモータ速度を制御します。速度リファレンスは、速度設定値の変化に対するコントローラの応答を示すために、1秒ごとに切り替わります。"Current/Speed Select"手動切替スイッチは、速度コントローラからの電流基準値と、ユーザが手動で指定したリファレンスを切り替えます。

電流レギュレータの出力は、DAQ Counter Outコンポーネントのデューティ比に変換され、ダイオード内蔵MOSFET S1を制御するための10kHzのPWM信号を生成します。

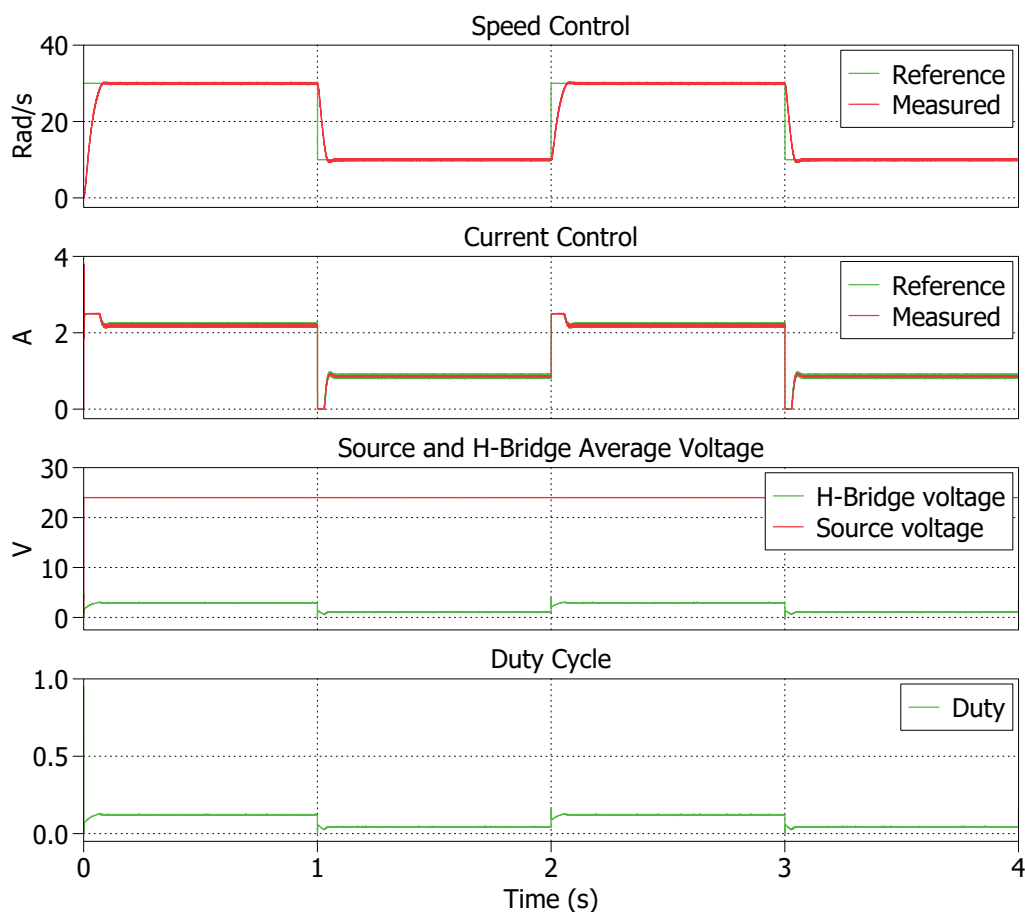
2つ目の手動切替スイッチは、PWM出力の有効化または無効化に使用します。"En" DAQ Digital Outは、GaNインバータボード上のアクティブLowのグローバルイネーブル信号に接続されます。PWMが有効でない場合、ダイオード内蔵MOSFET S4もデジタル出力によって開かれるため、ダイオード内蔵MOSFET S1を切り替えてもモータに電流が流れません。

3 シミュレーション

3.1 オフラインモード

シミュレーションメニューから**開始**を選択すると、オフラインシミュレーションを実行します。図3はオフラインシミュレーションの結果を示しており、モータ速度が最小限のオーバーシュートで目標設定値に到達していることがわかります。出力電流は、DC電源の出力電流容量を考慮して2.5Aに制限されています。

図3: 速度制御モードでのオフラインシミュレーション結果



3.2 NIハードウェア上での実行

"NI PXIe"サブシステムに実装されたコントローラは、オフラインシミュレーションで機能するだけでなく、NI PXIeハードウェアおよびNI VeriStandと互換性のあるターゲット固有のコードに直接変換することもできます。このワークフローの鍵となるのは、NI VeriStandソフトウェアと互換性のあるコンパイル済みモデルを生成することと、コントローラ回路図内のターゲット固有のコンポーネントからNIハードウェアペリフェラルを構成できる機能です。

コンパイルされたモデルには、[図2](#)に示すNI Veri-Stand Target Support Libraryのブロックに対応する入力信号と出力信号が含まれます。入力信号ポートと出力信号ポートは、適切なスケールリングを適用した上で、設定済みのハードウェアの入力と出力にマッピングされます。"Speed*"、"Iout*"、"Current/Speed Select"および"Enable Switch"は、**Coder**メニューから**Coderオプション...**の**パラメータインライン化**タブから実行時に設定できます。モデル内のPLECSスコープや数値表示は、モデルがVeriStandにインポートされると自動的に信号に変換されます。PLECSのPLECSスコープと数値表示も、外部モード経由でターゲットに接続されると更新されます。

このモデルは、**Build type**がデフォルトのVeriStand engineに構成されています。ハードウェアのターゲットの設定やその他のビルドオプションに関する詳細な手順は、NI VeriStand Target Support User Manual[\[5\]](#)に記載されています。

注意 対象デバイスで使用可能なハードウェアは、デモモデルで指定しているデフォルトのハードウェアI/Oと一致しない場合があります。続行する前に、NI Maxでターゲットマシン用の新しいハードウェア構成ファイル(*.nce)を生成し、モデルで使用するスロット番号とIOチャンネルを更新してください。新しいハードウェア構成ファイルの生成方法については、NI VeriStand Target Support User Manual[\[5\]](#)の**クイックスタート**を参照してください。

VeriStand engine

以下の手順は、Veristand engineの**Build type**を使用して完全なVeriStandプロジェクトを自動的に作成する手順を示しています:

- **Coder**メニューから**Coderオプション...**を開き、ウィンドウの左側に表示されるシステムリストから"NI PXIe"を選択します。
- **ターゲット**タブに移動し、**Build type**をVeristand engineに設定します。NIリアルタイムターゲットの設定を入力します。その際、適切な**Hardware configuration file from NI Max**を含めてください。
- モデルをターゲットに自動的にデプロイするかどうかを選択(**Deploy to the target after build**)します。その場合は、NI VeriStandアプリケーションを開いてください。アプリケーションが開いたら、**ビルド**をクリックします。
- 生成されたVeriStandプロジェクトを開きます。デフォルトのディレクトリは、モデルファイルと同じ場所にあり、dc_motor_control_codegenという名前です。生成されるプロジェクト名は"NI PXIe"となり、拡張子は*.nivsprjとなります。
- NIリアルタイムターゲット上でモデルを実行中に、VeriStandアプリケーションまたはPLECSを使用してモデルを操作することができます。
- PLECSの外部モード経由で接続するには、**Coder** -> **Coderオプション...**ウィンドウを開き、**外部モード**タブを選択します。**ターゲットデバイス**にlocalhostと入力し、**接続**をクリックします。

モデルにはワークスペース画面ファイルとエディタ画面ファイルが含まれており、VeriStandプロジェクトと共に自動的に読み込まれます。ファイルは、**Coder** -> **Coderオプション...**ウィンドウの**Target**タブの**Veristand project files**サブタブで構成します。VeriStandでは、画面は**表示** -> **プロジェクトファイル**からアクセスでき、左側のウィンドウで該当するファイルを開くことで表示されます。

[図4](#)は、ワークスペースウィンドウにおけるコントローラのリアルタイム性能を示しており、コントローラが速度目標設定値を達成していることを示しています。設定値は、VeriStandのワークスペースウィンドウで変更できます。

図4: オフラインシミュレーションの結果



Custom engine

以下の手順は、Custom engineのBuild typeを使用してNIリアルタイムハードウェアにモデルをデプロイする手順を示しています:

- Coderメニューから**Coderオプション...**を開き、ウィンドウの左側に表示されるシステムリストから"NI PXIe"を選択します。
- ターゲットタブに移動し、**Build type**をCustom engineに設定します。NIリアルタイムターゲットの設定を入力します。その際、適切な**Hardware configuration file from NI Max**を含めてください。
- モデルをターゲットに自動的にデプロイするかどうかを選択(**Deploy to the target after build**)します。
- PLECSの外部モード経由でリアルタイムターゲット上で実行中のモデルに接続するには、**Coder -> Coderオプション...**ウィンドウを開き、**外部モード**タブを選択します。**ターゲットデバイス**のリモートターゲットのIPアドレス(例: 192.168.0.105)を入力し、**接続**をクリックします。PLECSの回路図のPLECSスコープと数値表示には、ターゲットからのリアルタイムデータが表示されます。

4 まとめ

NI PXIeハードウェアは、NI VeriStand Target Support Libraryのコンポーネントを使用して、アナログ、デジタル、カウンタI/Oを含むNI-DAQペリフェラルを構成することにより、PLECSから自動的にプログラムできます。制御コードはPLECSモデルから生成され、NI VeriStandにロードするか、カスタムリアルタイムエンジンを使用してターゲット上で実行できます。

NI PXIeシステムはリアルタイムコントローラとして機能することができます。このデモでは、NI PXIeシステムを用いてPMDCモータを制御するためのオフラインおよびリアルタイム構成方法を示しました。

5 参考文献

- [1] Texas Instruments, *BOOSTXL-3PHGANINV BoosterPack: 48-V Three-Phase Inverter With Shunt-Based In-Line Motor Phase Current Sensing Evaluation Module*
URL: <https://www.ti.com/tool/BOOSTXL-3PHGANINV>.
- [2] Changzhou Smart Automation Motor Manufacturing Co., *Brush DC Motor: O.D63mm Motor Specifications*
URL: <http://www.smartautomation.com.cn/m/content/?633.html>.
- [3] Honest Sensor Co., *HS30B Optical Kit Encoder*
URL: http://global.honestsensor.com.tw/pdf/HS30B_en.pdf.
- [4] NI, *VeriStand Manual*, 2020,
URL: <https://www.ni.com/documentation/en/veristand/latest>.
- [5] Plexim, *NI VeriStand Target Support User Manual*,
URL: <https://adv-auto.co.jp/products/plexim/manual.html>

改訂履歴:

NI VeriStand TSP 1.0.1 初版

Pleximへの連絡方法:

☎ +41 44 533 51 00	Phone
✉ Plexim GmbH	Mail
Technoparkstrasse 1 8005 Zurich Switzerland	
@ info@plexim.com	Email
https://www.plexim.com	Web

計測エンジニアリングシステムへの連絡方法:

☎ +81 3 6273 7505	Phone
✉ Keisoku Engineering System CO.,LTD.	Mail
1-9-5 Uchikanda, Chiyoda-ku Tokyo, 101-0047 Japan	
https://kesco.co.jp	Web

NI VeriStand TSP Demo Model

© 2002–2022 by Plexim GmbH

このマニュアルで説明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の書面による事前の同意なしに、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。

本マニュアルは、Plexim社の英文マニュアルを日本語に翻訳したものです。本マニュアルと英文マニュアルとで差異がある場合、英文マニュアルを正とします。

本マニュアルの内容に基づいて発生した負傷や損害などに対して、Plexim GmbHおよび計測エンジニアリングシステム株式会社は一切責任を負いません。製品とアプリケーションに関連したリスクを最小限に抑えるため、ユーザが適切な設計および保護対策を用意する必要があります。