



# PLECS *DEMO MODEL*

*Direct Flux Vector Control*

直接磁束ベクトル制御

Last updated in PLECS 4.3.1

# 1 概要

このデモでは[1]、[2]、[3]で提案されている直接磁束ベクトル制御(Direct Flux Vector Control: DFVC)に基づく高速突極型永久磁石マシンドライブを紹介します。

従来の回転子フレームの電流調整とは対照的に、DFVCは固定子磁束と整列した同期フレームで動作し、2つの基本的なPI調整によって磁束とトルクを直接制御できます。この直接磁束制御は、モータパラメータの詳細な知識を必要とせず、弱め磁束モードのマシンを運転するのに適しています。

**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。

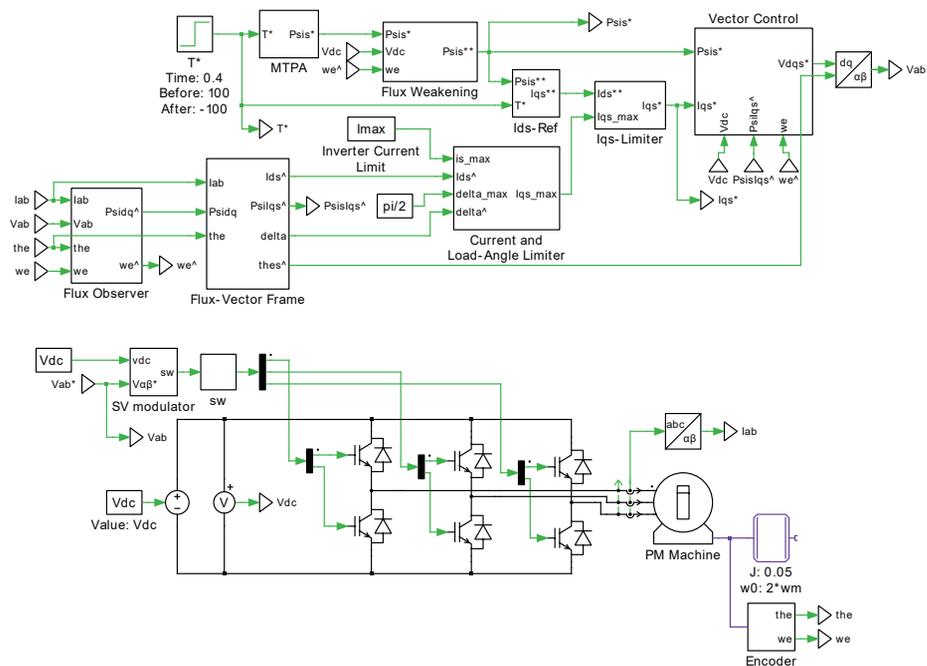
PLECS Standalone: シミュレーションメニュー + シミュレーション・パラメータ... → 初期化

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: 突極型永久磁石機のDFVCのシステム概要



## 2.1 電気回路とマシンモデル

電圧形インバータ(Voltage Source Inverter: VSI)は、安定したDC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。6個のIGBTは、空間ベクトル変調器によって切り替えられ、ベクトル制御から命令された相電圧を実現します。3相モータ電流センサとDCリンク電圧センサは、制御アルゴリズムにフィードバックされます。

発電機は $L_d > L_q$ の永久磁石補助突極形です。摩擦のない慣性と、理想的な位置および速度センサに接続します。

## 2.2 制御

制御システムへの入力、機械トルクの目標値です。ドライブの効率を最適化するために、最大トルク/電流(Maximal Torque Per Ampere: MTPA)ブロックは、[4]で説明している反復法に従って最適な磁束レベルを決定します。モータ速度とDCリンク電圧によっては、使用可能な最大インバータ電圧を遵守するため、必要なモータ磁束をさらに減らす必要がある場合があります。これはFlux Weakeningブロックによって実現し、レギュレータが過渡現象を処理するのに十分な電圧マージンを確保します。

目的の磁束が決定されると、トルク生成する電流成分 $I_{qs}^*$ の設定値を確立できます。インバータの電流制限が守られ、最大負荷角度を超えないようにするために、その値をさらに小さくする必要があります。また、 $I_{qs}^*$ の制限値は、基本的なPIコントローラも含むCurrent and Load-Angle Limiterブロックによって生成されます。

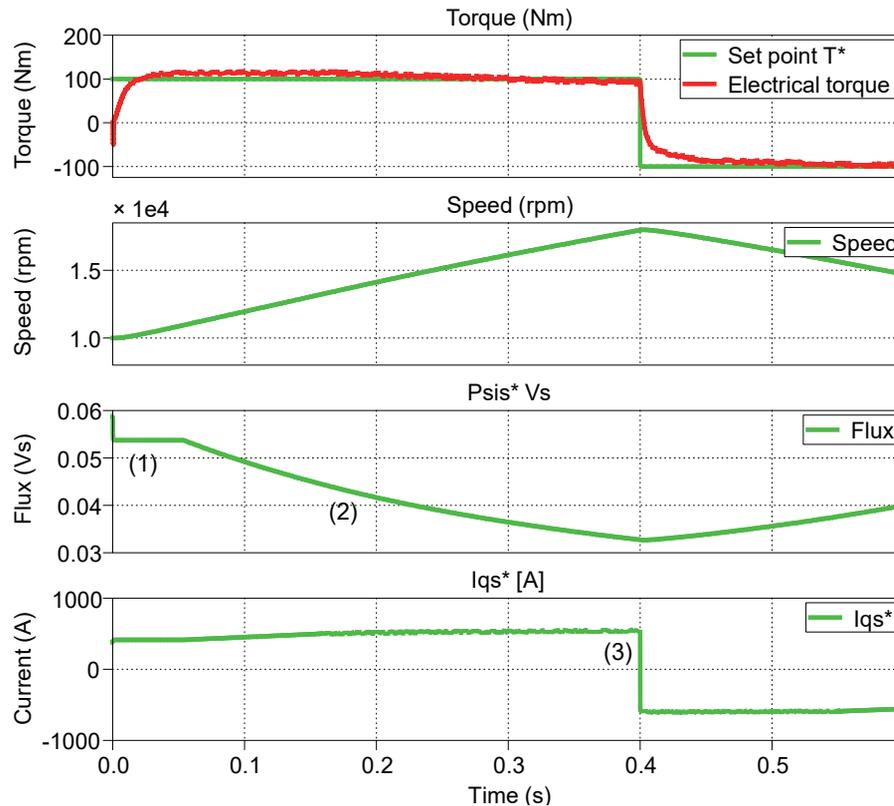
次に、Vector Controlブロックは、磁束と電流の設定値を実際の値と比較し、マシンに印加する適切な電圧ベクトルを計算します。磁束の制御は完全に切り離されていますが、電流制御は磁束レベルとモータ速度の影響を受けます。したがって、電流/トルクパスでPIを制御するには、フィードフォワードが必要です。

モータ磁束は直接測定できないため、その振幅と角度は観察して推定する必要があります。[5]で説明している方法は、この目的のためにFlux Observerブロックで実現しています。観察された磁束は、電流ベースの磁気モデルと電圧ベースの積分の融合であり、積分が不正確になる可能性がある低速では前者が支配的です。

## 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、スコープの信号を確認します。シミュレーションの結果を参考として図2に示します。Flux Observerによって提供される精度内で、+100N·mのトルク設定値がどのように達成されるかに注目してください。最初の-50ms(1)では、理想的なMTPAフラックスレベルでトルクを生成できます。ただし、マシン速度がベース速度を超えて増加すると、最終的に電流制限に達するまで(3)、磁束レベルを下げて直交電流を増加させる必要があります(2)。その後、トルク設定値が-100N·mに反転し、マシンは減速します。

図2: (1), (2), (3)で異なる重要なポイントを示すシミュレーション結果



## 参照

- [1] G. Pellegrino, E. Armando and P. Guglielmi, "Direct Flux Field-Oriented Control of IPM Drives With Variable DC Link in the Field-Weakening Region," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 45, no. 5, pp. 1619-1627, Sept.-Oct. 2009.
- [2] G. Pellegrino, E. Armando and P. Guglielmi, "Direct-Flux Vector Control of IPM Motor Drives in the Maximum Torque Per Voltage Speed Range," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 59, no. 10, pp. 3780-3788, Oct. 2012.
- [3] G. Pellegrino, R. I. Bojoi and P. Guglielmi, "Unified Direct-Flux Vector Control for AC Motor Drives," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 47, no. 5, pp. 2093-2102, Sept.-Oct. 2011.
- [4] K. D. Hoang, J. Wang, M. Cyriacks, A. Melkonyan and K. Kriegel, "Feed-forward torque control of interior permanent magnet brushless AC drive for traction applications," 2013 International Electric Machines & Drives Conference, Chicago, IL, 2013, pp. 152-159.
- [5] A. Vagati, M. Pastorelli, G. Franceschini and V. Drogoreanu, "Digital observer-based control of synchronous reluctance motors," Industry Applications Conference, 1997. Thirty-Second IAS Annual Meeting, IAS '97., Conference Record of the 1997 IEEE, New Orleans, LA, 1997, pp. 629-636 vol. 1.

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。