

# PLECS DEMO MODEL

*Motor Drive with Failure Modes*

故障モードを備えたモータードライブ

Last updated in PLECS 4.3.1

# 1 概要

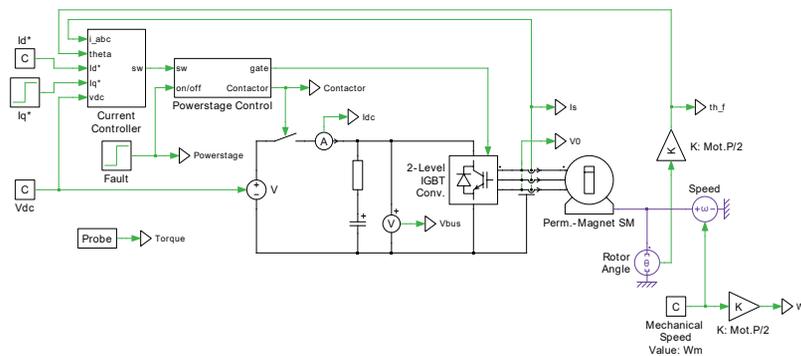
このデモでは、ドライブ障害の軽減を目的とした、電流制御の永久磁石マシンを検証します。このシステムには、ベクトル制御(Field Oriented Control: FOC)を備えたインバータが含まれており、一定速度で動作するマシンに電力を供給します。補助電源の喪失やマイクロプロセッサのトリップなどの障害状態により、インバータへの電力供給が失われる可能性があります。通常、このような障害が発生すると、電力ステージは停止します。ただし、弱め磁束で動作している場合は、整流された逆起電力がDCリンク電圧よりも大きくなる可能性があるため、障害を軽減する対策が必要になる場合があります。このシミュレーションでは、インバータの下位スイッチすべてを閉じるか、バッテリーパックの接触器を開くことで障害の軽減対策を検証します。

**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\*

図1: 故障モード回路を備えたモータードライブ



## 2. モデル

この回路には、3相インバータと永久磁石補助形同期リアクタンスマシン(つまり、高突極性のPMマシン)に給電する理想DC電圧源としてモデリングした簡略化したバッテリーが含まれています。マシンモデルは、背後制御電圧源(Voltage Behind Reactance : VBR)実装を使用するように構成しています。これにより、相電圧がインバータによって定義されなくなった障害状態のシミュレーションが可能になります。バッテリーとDCバス間の接触器も含まれており、理想スイッチで表現しています。

## 3. 制御

直流および直交電流の設定値を電流レギュレータに供給します。このレギュレータは、モータ速度に基づいて分離されており、状態制限およびアンチwindアップ機構も備えています。閉ループ制御のために固定子の3相電流を測定し、レギュレータ内でDQ値に変換され、各設定値と比較します。空間ベクトルPWM(Space Vector Pulse-Width Modulation: SVPWM)を使用してインバータの出力電圧を生成し、DCバスの短絡を防ぐために構成可能なデッドタイムも含まれています。

直流設定点( $I_d^*$ )は-200Aで一定に保たれ、弱め磁束でマシンを操作します。トルクを生成する直交電流設定点( $I_q^*$ )は、50msごとに0Aから100Aにまで増加するように設定しています。

整流した逆起電力がDCリンク電圧よりも小さい障害状態では、電力ステージを無効にするだけで十分な場合があります。ただし、弱め磁束で動作している場合、整流した逆起電力はDCリンク電圧よりも大きくなります。電力ステージを単純に無効にすると、マシンからバッテリーへの制御不能な電流が流れ、負荷に制御不能な制動トルクが発生します。このような状況ではバッテリーへの不規則な電力の流れを防ぐため、障害を軽減する対策が必要になります。

Powerstage Controlサブシステムは、2つの異なる方法でこの障害状態を緩和するように構成できます。

障害を軽減する対策の一つは、電源障害が検出されたときにバッテリー接触器を開くことです。バッテリー接触器を開くと、逆起電力によって生成された電流がバッテリーパックに逆流するのを防ぐことができます。この方法では、バス電圧がPMマシンの整流された逆起電力と等しくなるまで、DCリンクキャパシタが充電されます。これらのコンポーネントが大型でない限り、半導体デバイス、バスキャパシタ、およびバスに接続されている他のすべてのシステムが損傷する可能性があります。

もう1つの障害を軽減する対策は、インバータの下位スイッチをすべて閉じて、マシンの位相を短絡することです。PMの逆起電力により、減衰振動トルクを生成する大きなモータ電流が発生します。この方法における懸念事項の1つは、モータの位相を短絡すると大電流が発生し、半導体デバイスのサイズが大きくなる可能性があることです。この対策では、バッテリー接触器を開いたままでも閉じたままにしても、マシン電流がDCリンクに逆流しないため、効果はありません。

## 4. 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ます。 $I_q$ コマンドは50ミリ秒事にステップアップし、正のDC電流が125Aまで流れます。シミュレーションの途中で、システムに障害が発生します。障害を検出すると、すべてのインバータスイッチを開いて電力ステージがオフになります。これによりマシンからバッテリーに電流が流れ、負荷に制動トルクが発生することを確認します。PLECSスコープのトレースを保存します。

次に、"Contactor cont"ドロップダウンメニューで"Off when powerstage off"を選択して、障害検出時にバッテリー接触器を開くようにPowerstage Controlサブシステムを構成します。シミュレーションを再実行し、結果を前の結果と比較します。この障害を軽減する対策では、モータ電流がDCリンクキャパシタに流れ込むと、DCリンク電圧が急激に上昇することに注意してください。これは、DCリンク電圧が整流されたマシンの逆起電力と等しくなるまで発生します。新しいトレースを保存します。

最後に、"Powerstage off state"ドロップダウンメニューで"Lower Switches closed"を選択して、障害検出時にインバータのすべての下位スイッチを閉じるようにPowerstage Controlサブシステムを構成します。シミュレーションを再実行し、結果を以前の障害を軽減する対策と比較します。この対策では、モータの位相が下位のスイッチを介して短絡します。これにより大きなモータ電流が発生し、減衰振動トルクを生成します。

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



**アドバンオートメーションへの連絡方法:**

☎ +81 3 5282 7047	Phone
+81 3 5282 0808	Fax
✉ ADVAN AUTOMATION CO.,LTD	Mail
1-9-5 Uchikanda, Chiyoda-ku	
Tokyo, 101-0047	
Japan	
@ info-advan@adv-auto.co.jp	Email
https://adv-auto.co.jp/	Web

*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。