

PMSM モーターインバータープラットフォームのローター位置

このアプリケーションノートでは、整流角度 (θ) とモーター速度 (ω) を推定するプロセスについて説明します。モーターの位置と速度は、測定された電流と計算された電圧に基づいて推定されます。

目次

1	はじめに	1	3	位置推定	3
2	基本技術	1	4	速度推定	3
2.1	概要	1	5	LPF 理論	5
2.2	モーター式	1	6	改訂履歴	6
2.3	定数	2		セールス, ソリューションおよび法律情報	7
2.4	電流 (i_s)	2			
2.5	逆 EMF (e_s)	2			

1 はじめに

このアプリケーションノートでは、ローターの位置について以下の 3 つの部分で説明します。

1. 基本技術
2. 位置推定
3. 速度推定

2 基本技術

PMSM モーターのセンサーレスフィールド指向制御に関する基本技術

2.1 概要

このアプリケーションノートでは、整流角度 (θ) とモーター速度 (ω) を推定するプロセスについて説明します。モーターの位置と速度は、測定された電流と計算された電圧に基づいて推定されます。

2.2 モーター式

よく知られているように、PMSM モーターは DC モーターを使用して次の式で表せます。

$$v_s = Ri_s + L \frac{d}{dt} i_s + e_s$$

これを解くと

$$i_s(n+1) = F * i_s(n) + G * (v_s(n) - e_s(n))$$

$$F: 1 - T_s \frac{R}{L} \quad G: \frac{T_s}{L}$$

2.3 定数

この式では、モーターから計算される F および G に関するパラメーターを知ることができます。これらは定数と見なすことができます。たとえば、10kHz の制御周波数で動作し、モーターの銘板で測定された線間抵抗が 4.0Ω であり、線間インダクタンスが 8 mH の場合、モーターモデルのパラメーターは次のとおりです。

$$F = 1 - T_s \frac{R}{L} = 1 - \left(\frac{1}{10\text{kHz}} \right) * \frac{4\Omega/2}{8\text{mH}/2} = 0.95$$

$$G = \frac{T_s}{L} = \frac{(1/10\text{kHz})/2}{8\text{mH}/2} = 0.0125$$

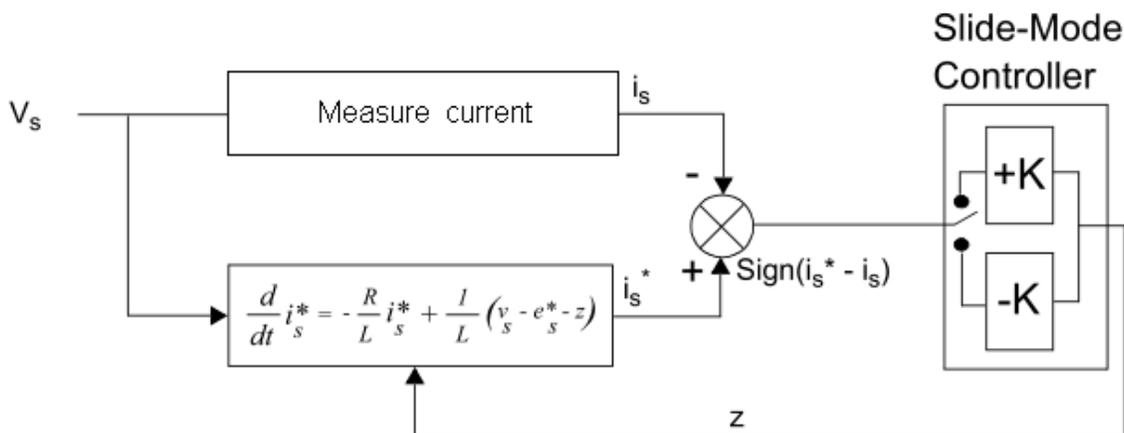
2.4 電流 (i_s)

ここでは 2 つの部分があります。1 つは測定電流 (ハードウェア)、もう 1 つは推定電流 (ソフトウェア) です。測定電流と推定電流を一致させるには、デジタル化されたモーターモデルを閉ループを使用して補正する必要があります。

図 1 に示します。

同じ入力 (v_s) が両方のシステムに入力され、測定された電流 (i_s) がモデルからの推定された電流 (i_s^*) と一致するように調整されます。

図 1

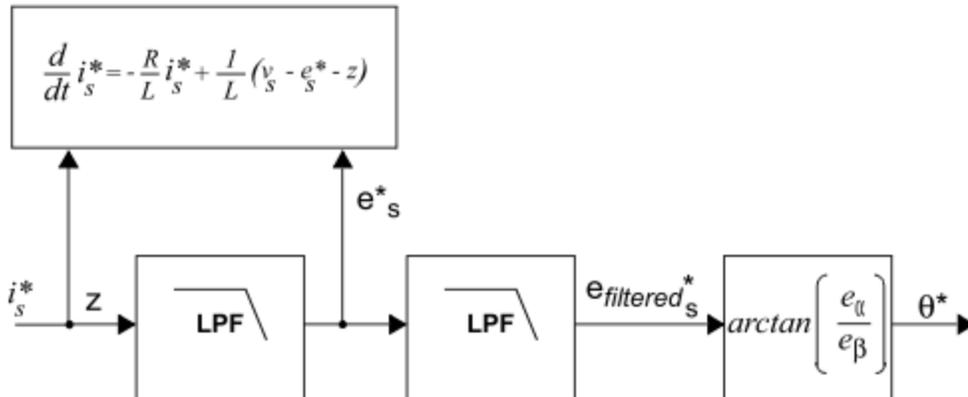


2.5 逆 EMF (e_s)

PMSM では、回転子の磁束は回転子の位置に固定されます。これは、モーターの逆 EMF の正弦波から間接的に測定することもできます。これは、回転子の位置と速度の関数です。

逆 EMF 推定 (e_s^*) はモデルにフィードバックされ、制御サイクルごとに変数 e_s^* が更新されます。推定シータ計算には、値 e_{α} および e_{β} (e_s のベクトル成分) が使用されます。

図 2



逆 EMF フィルターにより、より滑らかな信号を出力できます。

最初のフィルターの出力は 2 つのブロックで使用されます。最初のブロックはモデル自体であり、次の推定電流 (i_s^*) の計算と、推定シータ (θ^*) の計算に使用されます。2 番目の 1 次フィルターは、モーターモデルから出力されるより滑らかな信号を計算するために使用されます。

3 位置推定

逆 EMF とローター位置の関係

図 2 では、シータは次の式を使用して計算されます。

$$\theta = \arctan(e_\alpha, e_\beta)$$

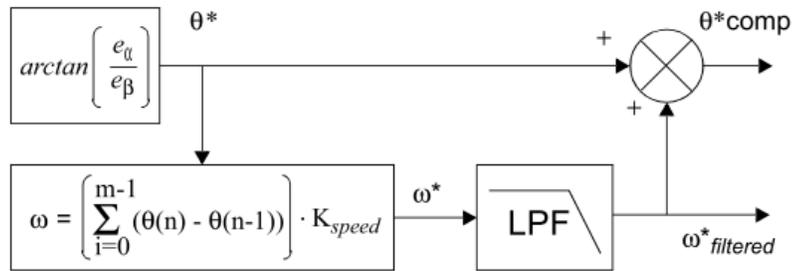
e_s と θ の関係は、式に基づいて説明できます。逆 EMF e_s のベクトルは、 e_α 、 e_β 、およびローター角度 (θ) に分析できます。逆正接は、シータを計算するために逆 EMF ベクトルコンポーネントで計算されます。

4 速度推定

θ を計算した後、計算された角度を使用してモーター巻線を励磁する前に、いくつかの位相補償が必要です。シータ補償の量は、シータの変化率またはモーターの速度に依存します。よって必要とされる計算は以下です。

1. モーターの速度は、補正されていないシータ計算に基づいて計算されます。
2. 図 3 に示すように、計算された速度はフィルタリングされ、補正量の計算に使用されます。

図 3



速度は、サンプルのシータ値を累積し、累積されたシータに定数を乗算することによって計算されます。

$$\omega = \sum_{i=0}^m (\theta_n - \theta_{n-1}) * K$$

オメガ (ω) = モーターの角速度

シータ (θ_n) = 現在のシータ値

前のシータ (θ_{n-1}) = 前のシータ値

K = 希望する速度範囲の増幅係数

m = 累積されたシータデルタの数

5 LPF 理論

スライドモードコントローラーアルゴリズムでは、LPF (ローパスフィルター) テクノロジーを使用してローターの角度を取得します。以下は LPF の原理です。



ここで、

X はローパスフィルターの入力です

Y はローパスフィルターの出力です

$$Y(n) = Y(n-1) + T \cdot 2\pi f_c \cdot (X(n) - Y(n-1)) \quad (6)$$

実際のシステムでは、次のようになります。

$$e(n) = e(n-1) + T \cdot 2\pi f_c \cdot (z(n) - e(n-1)) \quad (7)$$

ここで、

E (n) は次回の BEMF

E (n-1) は最後の BEMF

f_c はカットオフ周波数

Z (n) はフィルタリングされていない BEMF

6 改訂履歴

文書名: AN205403 – PMSM モーターインバータープラットフォームのローター位置

文書番号: 002-05403

版数	変更内容
**	本版は英語版 002-05403 Rev. *Bについて、CYPRESS DEVELOPER COMMUNITYの参画者によって日本語に翻訳されたドキュメントです。

セールス、ソリューションおよび法律情報

ワールドワイドな販売と設計サポート

サイプレスは、事業所、ソリューションセンター、メーカー代理店、および販売代理店の世界的なネットワークを保持しています。お客様の最寄りのオフィスについては、[サイプレスのロケーションページ](#)をご覧ください。

製品

Arm® Cortex® Microcontrollers	cypress.com/arm
車載用	cypress.com/automotive
クロック&バッファ	cypress.com/clocks
インターフェース	cypress.com/interface
IoT (モノのインターネット)	cypress.com/iot
メモリ	cypress.com/memory
マイクロコントローラ	cypress.com/mcu
PSoC	cypress.com/psoc
電源用 IC	cypress.com/pmuc
タッチセンシング	cypress.com/touch
USB コントローラー	cypress.com/usb
ワイヤレス	cypress.com/wireless

PSoC®ソリューション

[PSoC 1](#) | [PSoC 3](#) | [PSoC 4](#) | [PSoC 5LP](#) | [PSoC 6 MCU](#)

サイプレス開発者コミュニティ

[コミュニティ](#) | [サンプルコード](#) | [Projects](#) | [ビデオ](#) | [ブログ](#) | [トレーニング](#) | [Components](#)

テクニカルサポート

cypress.com/support

本書で言及するその他すべての商標または登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。



Cypress Semiconductor
An Infineon Technologies Company
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709

© Cypress Semiconductor Corporation, 2010-2020. 本書面は、Cypress Semiconductor Corporation 及び Spansion LLC を含むその子会社 (以下「Cypress」という。) に帰属する財産である。本書面 (本書面に含まれ又は言及されているあらゆるソフトウェア若しくはファームウェア (以下「本ソフトウェア」という。)) を含む) は、アメリカ合衆国及び世界のその他の国における知的財産法令及び条約に基づき Cypress が所有する。Cypress はこれらの法令及び条約に基づく全ての権利を留保し、本段落で特に記載されているものを除き、その特許権、著作権、商標権又はその他の知的財産権のライセンスを一切許諾しない。本ソフトウェアにライセンス契約書が伴っておらず、かつ Cypress との間で別途本ソフトウェアの使用方法を定める書面による合意がない場合、Cypress は、(1) 本ソフトウェアの著作権に基づき、(a) ソースコード形式で提供されている本ソフトウェアについて、Cypress ハードウェア製品と共に用いるためののみ、かつ組織内部でのみ、本ソフトウェアの修正及び複製を行うこと、並びに (b) Cypress のハードウェア製品ユニットに用いるためののみ、(直接又は再販売者及び販売代理店を介して間接のいずれかで) 本ソフトウェアをバイナリーコード形式で外部エンドユーザーに配布すること、並びに (2) 本ソフトウェア (Cypress により提供され、修正がなされていないもの) が抵触する Cypress の特許権のクレームに基づき、Cypress ハードウェア製品と共に用いるためののみ、本ソフトウェアの作成、利用、配布及び輸入を行うことについての非独占的で譲渡不能な一身専属的ライセンス (サブライセンスの権利を除く) を付与する。本ソフトウェアのその他の使用、複製、修正、変換又はコンパイルを禁止する。

適用される法律により許される範囲内で、Cypress は、本書面又はいかなる本ソフトウェア若しくはこれに伴うハードウェアに関しても、明示又は黙示をとわず、いかなる保証 (商品性及び特定の目的への適合性の黙示の保証を含むがこれらに限られない) も行わない。いかなるコンピューティングデバイスも絶対に安全ということはない。従って、Cypress のハードウェアまたはソフトウェア製品に講じられたセキュリティ対策にもかかわらず、Cypress は、Cypress 製品への権限のないアクセスまたは使用といったセキュリティ違反から生じる一切の責任を負わない。加えて、本書面に記載された製品には、エラーと呼ばれる設計上の欠陥またはエラーが含まれている可能性があり、公表された仕様とは異なる動作をする場合がある。適用される法律により許される範囲内で、Cypress は、別途通知することなく、本書面を変更する権利を留保する。Cypress は、本書面に記載のある、いかなる製品若しくは回路の適用又は使用から生じる一切の責任を負わない。本書面で提供されたあらゆる情報 (あらゆるサンプルデザイン情報又はプログラムコードを含む) は、参照目的のためのみに提供されたものである。この情報で構成するあらゆるアプリケーション及びその結果としてのあらゆる製品の機能性及び安全性を適切に設計、プログラム、かつテストすることは、本書面のユーザーの責任において行われるものとする。Cypress 製品は、兵器、兵器システム、原子力施設、生命維持装置若しくは生命維持システム、蘇生用の設備及び外科的移植を含むその他の医療機器若しくは医療システム、汚染管理若しくは有害物質管理の運用のために設計され若しくは意図されたシステムの重要な構成部分としての使用、又は装置若しくはシステムの不具合が人身傷害、死亡若しくは物的損害を生じさせるようなその他の使用 (以下「本目的外使用」という。) のためには設計、意図又は承認されていない。重要な構成部分とは、その不具合が装置若しくはシステムの不具合を生じさせるか又はその安全性若しくは実効性に影響すると合理的に予想できるような装置若しくはシステムのあらゆる構成部分をいう。Cypress 製品のあらゆる本目的外使用から生じ、若しくは本目的外使用に関連するいかなる請求、損害又はその他の責任についても、Cypress はその全部又は一部をとわず一切の責任を負わず、かつ Cypress はそれら一切から本書により免除される。Cypress は Cypress 製品の非目的外使用から生じ又は本目的外使用に関連するあらゆる請求、費用、損害及びその他の責任 (人身傷害又は死亡に基づく請求を含む) から免責補償される。

Cypress, Cypress のロゴ, Spansion, Spansion のロゴ及びこれらの組み合わせ, WICED, PSoC, CapSense, EZ-USB, F-RAM, 及び Traveo は、米国及びその他の国における Cypress の商標又は登録商標である。Cypress のより完全な商標のリストは、cypress.com を参照すること。その他の名称及びブランドは、それぞれの権利者の財産として権利主張がなされている可能性がある。