

Application Brief

低ドリフト、高精度のインライン絶縁型磁気式モーター電流測定



Kyle R. Stone

より高い効率を持つシステムの需要が増加し続けているという事実が、モータの動作効率と制御性の向上の要求に直接つながっています。このような見方は、以下の用途に使用されているものを含むほぼすべての種類の電気モータに当てはまります。

- 白物家電
- 産業用動力駆動
- オートメーション
- 車載用アプリケーション

動作電圧が高い高電力システムでは特にその傾向が強まっています。制御アルゴリズムにフィードバックするモータの動作特性は、モータが確実に最大の効率と性能で動作する上で重要です。位相電流は、最適なモータ性能を引き出すためにシステム・コントローラが使用するこれらの重要な診断フィードバック要素の 1 つです。

計測信号と位相電流を直接的に相関させるための、モータの各巻線に流れる電流の計測位置は、[図 1](#) に示すように、各相に直列の位置です。その他の位置 (例: 各相のローサイド) で電流を計測する場合、これらのデータの組み換えと演算処理により初めて、意味のあるデータとして制御アルゴリズムで使用できます。

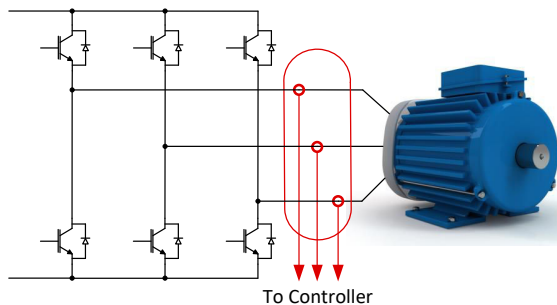


図 1. インライン電流センシング

モータ駆動回路は、モータの動作を制御するために PWM (パルス幅変調) 信号を生成します。これらの変調信号によって、モータの各相にインライン (直列) に配置された計測回路には、サイクルごとに正負の電源レールに切り替わる大きな過渡電圧が印加されます。電流センサは、計測の同相電圧成分を完全に除去し、目的の電流のみを計測できます。TMCS1123 や TMCS1100 などのインパッケージ磁気電流センサは、パッケージのリードフレームに位相電流を流し、内部磁場を発生させます。次にガルバニック絶縁型センサがその磁場を計測することで、センサ IC と絶縁された位相電流との間を電氣的に直接接続しなくて

も電流を計測できます。磁場のみを計測することで、PWM スwitching 過渡に対する優れた耐性だけでなく、高い同相電圧に対する絶縁も実現できます。このため、PWM 駆動の大きな入力電圧ステップが原因でセンサ出力に不要な乱れを生じさせることなく、モータの位相電流を高精度で計測できます。[図 2](#) に、TMCS1100 の RC フィルタ処理後の出力波形とモータの位相電圧 / 電流波形を示します。計測上の寄生効果による PWM との結合がわずかに確認されるだけで、TMCS1100 の出力はモータ位相電流に追従しており、300V の Switching イベントに起因する大きな出力過渡は見られません。

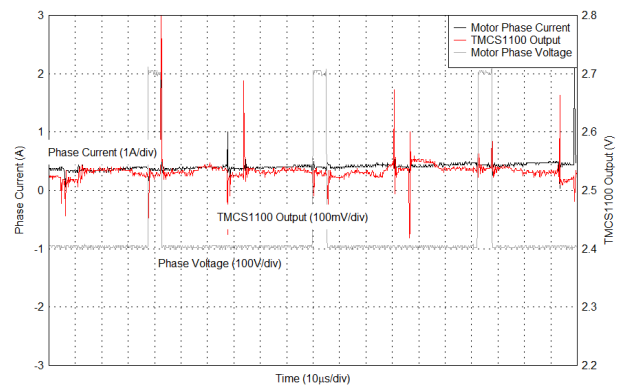


図 2. 過渡耐性の高いモータ位相電流計測

インパッケージ磁気電流センサの優れた特性は、その他のモータ位相電流計測設計が直面している課題の多くを解消します。本デバイスには、本質的に備えているガルバニック絶縁により、高電圧に耐えることができます。また、出力の過渡耐性が優れているため、Switching イベントに起因する出力ノイズを低減できます。このような耐性を備えていない電流センシング回路は、出力グリッチのセトリング・タイムを短縮するために広い帯域幅を必要としますが、磁気センサは過渡耐性を犠牲にすることなく、低帯域幅の信号チェーンを使用することができます。また、インパッケージ磁気電流センサの場合、外付けの抵抗シャント、パッシブ・フィルタ、高電圧入力用の絶縁電源がいずれも不要なため、総コストと設計の複雑さを低減できます。

位相電流を計測することで過電流保護または診断を行うアプリケーションでは、などの過渡除去性能の高い磁気電流センサを使用することで、出力グリッチによる過電流の誤検出を防止できます。閉ループ・モータ制御アルゴリズムを使用するモータ・システムでは、モータ性能を最適化するために高精度の位相電流計測が必要です。従来、

ホール素子を使用した電流センサは温度、耐用期間、ヒステリシスによる大きな誤差に悩まされてきました。これらの誤差はモータの効率とダイナミック応答を低下させ、トルク・リップルなどの誤差の原因となります。一般的なシステムレベルの較正手法によって室温での精度は改善できますが、感度、オフセットなどのパラメータの温度ドリフトを改善するのは困難です。

テキサス・インスツルメンツの磁気電流センシング製品は、特許取得済みの線形化手法と全温度範囲にわたって安定に高精度で電流を計測できるゼロドリフト・アーキテクチャとを採用することでシステムレベルの性能を向上させます。高精度センサは、位相間の電流計測誤差を厳密に制御することで、正確なフィードバック制御を維持するとともに、シームレスなユーザー体験を実現します。

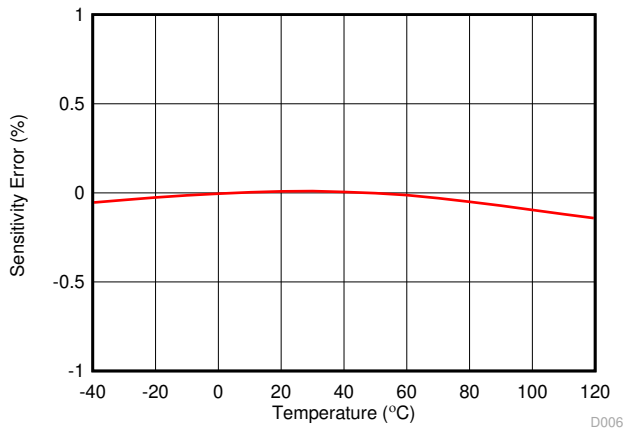


図 3. TMCS1100 の全温度範囲での感度誤差 (代表値)

TMCS1100 は、室温で感度誤差 0.3% (代表値) 未満、最大感度誤差は -40°C~125°Cの温度範囲全体にわたって 0.85% 未満です。温度範囲全体にわたって安定しているため、図 3 に示すように、センサの温度ドリフトが最小化され、位相間のマッチングに優れています。高い感度精度に加えて、2mV を下回る出力オフセット・ドリフト (図 4 参照) により、計測のダイナミック・レンジが大幅に拡大し、軽負荷時でもフィードバックを精密に制御できます。

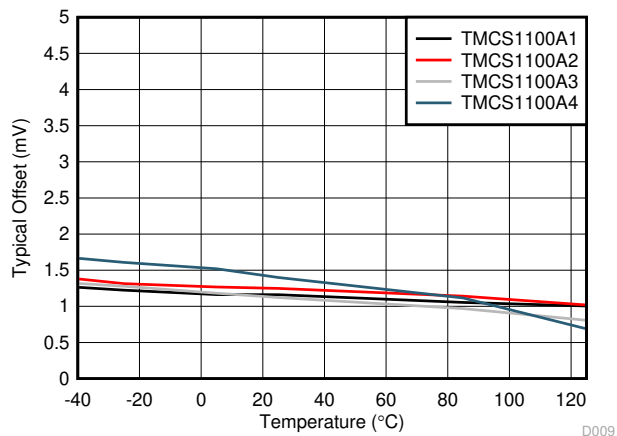


図 4. TMCS1100 の全温度範囲での出力オフセット (代表値)

優れた感度安定性と小さなオフセットにより、全動作温度範囲にわたって総合誤差 1% 未満という業界最高レベルの絶縁型電流センシングを実現しています。600V の使用電圧と 3kV の絶縁バリアにより、本デバイスは多様な高電圧システムに適合できます。計測の温度安定性、ガバナニック絶縁、過渡 PWM 入力除去という特長を併せ持つ TMCS1100 は、モータ位相電流計測などの PWM 駆動アプリケーション向けに設計されています。これらのアプリケーションでは、性能を精密に制御するため正確で信頼性の高い計測が必要です。

表 1. その他の推奨デバイス

デバイス	最適化されたパラメータ	性能のトレードオフ
TMCS1123	周囲磁界除去、25°C で 75A _{RMS} 、1.1kV の強化絶縁	低精度、PSRR
TMCS1101	基準電圧内蔵磁気電流センサ	低精度、PSRR
AMC1300	強化絶縁型シャント・アンプ	設計サイズ、複雑さ
INA241	PWM 除去機能を備えた高精度シャント・アンプ	110V 動作

表 2. 関連するテキサス・インスツルメンツのアプリケーション・ブリーフ

文書番号	タイトル
SBOA340	『レシオメトリックおよび非レシオメトリックの磁気シグナル・チェーン』
SBOA160	『PWM 除去機能搭載、低ドリフト、高精度、インライン・モータ電流測定』
SBOA161	『三相システム用の低ドリフトのローサイド電流測定』
SBOA163	『過電流保護のためのハイサイド・モータ電流モニタ』

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated