

*Application Note***SmartTune ユーザーガイド:3 相 BLDC モーターの迅速なセットアップと回転方法**

Kelly Tian, Jayden Li, Venkatadri Shantaram

概要

BLDC モーターでは、クラス最高の音響特性と負荷動的性能を実現するために、フィールドオリエンテッドコントロール(FOC)が一般的に採用されていますが、最良のモーター性能を得るには、かなりのチューニング作業が必要です。MOTORSTUDIO は、TI のブラシレス DC (BLDC) モータードライバのチューニングプロセスを簡素化する、使いやすいグラフィカル ユーザー インターフェイス (GUI) です。デバイスの評価および製品開発にかかる時間を短縮します。

SmartTune は、MOTORSTUDIO のインテリジェントな自動設定ツールです。このツールを使用すると、システム電圧、定格モーター電流、定格モーター速度の 3 つのパラメータのみを使用して、BLDC モータードライブの起動時間、加速、効率、制御ループパラメータを 2 分で調整できます。

このドキュメントでは、まず SmartTune のアプリケーション シナリオと、セットアップ時にユーザーが直面する問題について紹介します。次に、詳細な調整手順を示しているため、ユーザーは手順に従ってモーターを設定し、回転させることができます。最後に、SmartTune パラメータを設定するためのヒントを紹介します。不適切なパラメータ入力によって発生する障害をユーザーが排除するのに役立ちます。

現在のところ、このドキュメントは以下のデバイスに適用できます。

- MCF8315C
- MCF8316C

目次

1 はじめに.....	2
1.1 SmartTune の利点.....	2
1.2 SmartTune 入力パラメータの定義.....	3
2 SmartTune チューニングの手順.....	5
2.1 SmartTune パラメータの定義.....	5
3 SmartTune パラメータを設定するための実践的なヒント.....	10
4 まとめ.....	14
5 参考資料.....	15

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

BLDC ドライバは、産業用および車載用アプリケーションで使用されており、高効率、高速、高信頼性、静音のシステム設計を実現します。フィールド オリエンテッド コントロール (FOC) は、クラス最高レベルの音響特性と負荷動的性能がある、人気の高い制御方法です。ただし、FOC 制御方式を使用してモーターを正常に動作させるには、多数のパラメータを調整するために多くの労力が必要になります。

MOTORSTUDIO は、TI のブレシレス DC (BLDC) モータードライバのチューニング プロセスを簡素化する、使いやすいグラフィカル ユーザー インターフェイス (GUI) です。デバイスの評価および製品開発にかかる時間を短縮します。

SmartTune は MOTORSTUDIO のインテリジェントな自動構成ツールで、ユーザー、特に初心者が 3 つのパラメータ入力を使用してモーターを迅速に設定し、回転させるのに役立ちます。

1.1 SmartTune の利点

SmartTune は、次の 2 つのシナリオで特に便利です。

- TI のモータードライバが特定の電圧および電流条件下でモーターを駆動して期待される速度を達成できるかどうかをすぐに検証したいユーザー。
- TI のモータードライバのレジスタマップ設定に精通しておらず、モーターを回転させることができる構成パラメータのセットをすぐに取得したいユーザー。

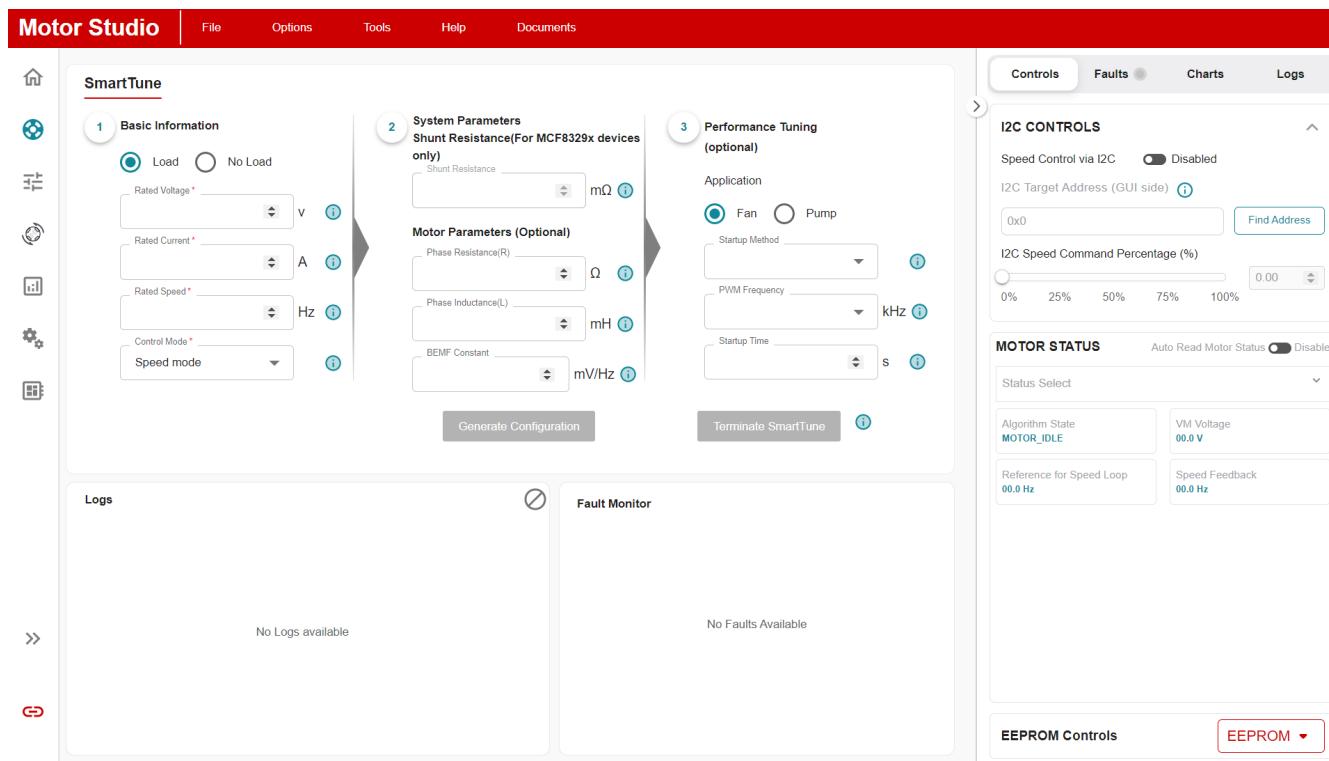


図 1-1. MOTORSTUDIO の SmartTune ページ

図 1-1 に示すように、従来の FOC のチューニングでは、モーターを正常に動作させる前に、モーター パラメータとシステム パラメータの両方を設定し、起動、開ループと閉ループの制御パラメータを調整し、障害処理パラメータを設定する必要がありますが、これには時間と手間がかかります。

SmartTune を使用すると、上記のすべてのステップを保存できます。ユーザーが入力する必要があるのは、アプリケーションの要件に応じた定格電圧、電流、速度だけです。SmartTune は自動的に構成ファイルを生成します。構成ファイルを使用すると、すぐにモーターを回転させるか、ファイルに基づいて特定の性能を実現することができます。

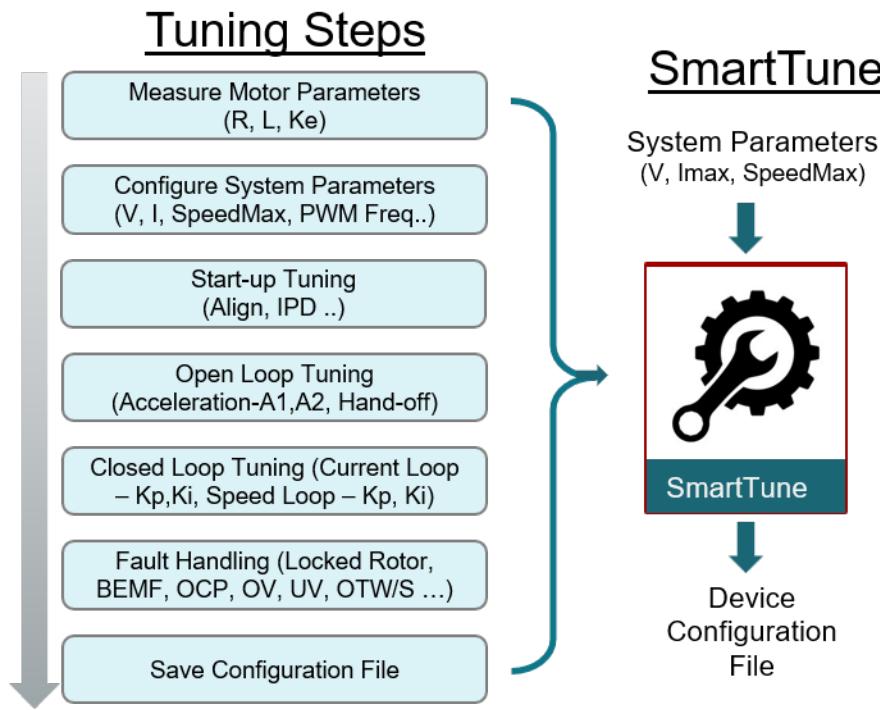


図 1-2. SmartTune の自動設定手順

1.2 SmartTune 入力パラメータの定義

SmartTune の場合は、3 つのシステム パラメータのみを入力する必要があります。3 つの重要なシステムパラメータは定格電圧、定格電流、定格速度です。定義は次のとおりです。

- 定格電圧 3 相 BLDC モーターの定格 DC 電源電圧。デバイス VM は、この定格電圧に設定する必要があります。
- 定格速度:3 相 BLDC モーターの最大定格速度 (Hz)。機械的速度が RPM (N) 単位の場合、式 $f = P \times N / 120$ を使用して、値を電気周波数 (f (Hz)) に変換します。P は回転子極の数です。
- 定格電流:このモーターが定格速度および負荷とともに定格電圧で駆動されたときの、3 相 BLDC モーターの定格ピーク位相電流の値。

通常、前述の 3 つのパラメータはデータシートで見つかります。図 1-3 に、モーターのデータシートの例を示します。

➤ BG 45 | cont. 80 W, peak 168 W

- » Highly dynamic 3-phase EC motor with 8-pole neodymium magnet
- » Version with Hall sensors for rotor position detection
- » Available in 2 motor lengths
- » Standard with plug version
- » On request, this motor can be manufactured in different voltage versions
- » For connection cable up to 3 m
(Longer cables up to 10 m on request)*

- » Hochdynamischer 3-strängiger EC-Motor mit 8-poligem Neodymmagnet
- » Ausführung mit Hallsensoren zur Rotorlage erfassung
- » Verfügbar in 2 Bau längen
- » Standardmäßig mit Steckerausführung
- » Diese Motoren werden auf Anfrage auch in anderen Spannungsvarianten hergestellt
- » Für Anschlusskabel bis 3 m
(Längere Kabel bis 10 m auf Anfrage)*



24 cpr



Supply voltage versions



Premium efficiency



Protection class (up to)



Certification



Certification (>36 V only)



Vibration resistance EPLAN Data Portal



EPLAN Data Portal

Data/ Technische Daten		BG 45x15		BG 45x30		BG 45x45
Nominal voltage/ Nennspannung	VDC	12	24	12	24	24**
Nominal current/ Nennstrom	A [†]	5.66	2.24	8.5	4.2	5.56
Nominal torque/ Nennmoment	Nm [‡]	0.139	0.138	0.217	0.219	0.324
Nominal speed/ Nenndrehzahl	rpm [§]	3327	3380	3530	3440	3400
Stall torque/ Anhaltemoment	Nm [‡]	0.745	0.746	1.53	1.52	2.25
Maximum torque/ Maximales Moment	Nm [‡]	0.745	0.746	1.53	1.52	2.25
No load speed/ Leeraufdrehzahl	rpm [§]	4340	4390	4195	4110	4200
Nominal output power/ Dauerabgabeleistung	W [¶]	48.4	48.8	80	79	109
Maximum output power/ Maximale Abgabeleistung	W	84	86	168	156	226
Torque constant/ Drehmomentkonstante	Nm A	0.0221	0.055	0.0239	0.059	0.055
Terminal Resistance/ Anschlusswiderstand	Ω	0.28	1.1	0.14	0.53	0.3
Terminal inductance/ Anschlussinduktivität	mH	0.19	0.75	0.1	0.43	0.25
Starting current/ Anlaufstrom	A	34.2	17.3	64.6	31.4	45
No load current/ Leeraufstrom	A	0.6	0.3	0.82	0.4	0.5
Demagnetisation current/ Entmagnetisierungsstrom	A	≥ 29	≥ 15	≥ 53	≥ 26	≥ 37
Rotor inertia/ Rotor Trägheitsmoment	kgm ²	24	24	44	44	64
Weight of motor/ Motorgewicht	kg	0.36	0.36	0.56	0.56	0.76

図 1-3. Dunkermotoren BG 45 モーターのデータシートのスナップショット

図 1-3 は、Dunkermotoren BG 45 モーターのデータシートのスナップショットです。示されているとおり、定格電圧は 12V、定格速度は $8 \times 3327 / 120 = 221.8\text{Hz}$ 、定格電流は 1.42A です。それらの入力ファイルを SmartTune に入力し、セクション 2 の調整手順に従ってモーターを正常に回転させることができます。

しかし多くの場合、ユーザーはデータシートから異なるアプリケーションニーズを持つことや、データシートが利用できない場合があります。このような場合、未知のパラメータをランダムに入力すると、システムによって報告された故障やモーターの性能の満足につながる可能性があります。障害を解消するために、セクション 3 では SmartTune パラメータを設定するための実践的なヒントを紹介します。

2 SmartTune チューニングの手順

2.1 SmartTune パラメータの定義

ステップ 1:SmartTune の開始

図 2-1 に例を示します。

1. EVM に電力を供給し、MOTORSTUDIO を起動して、目的のデバイスを選択します。
2. ハードウェアをセットアップします。
3. 「SmartTune」をクリックします。SmartTune ページが表示されます。図 1-1 を参照してください。

ステップ (1)(2) の詳細については、『[MOTORSTUDIO を使用した設計の開始](#)』を参照してください。

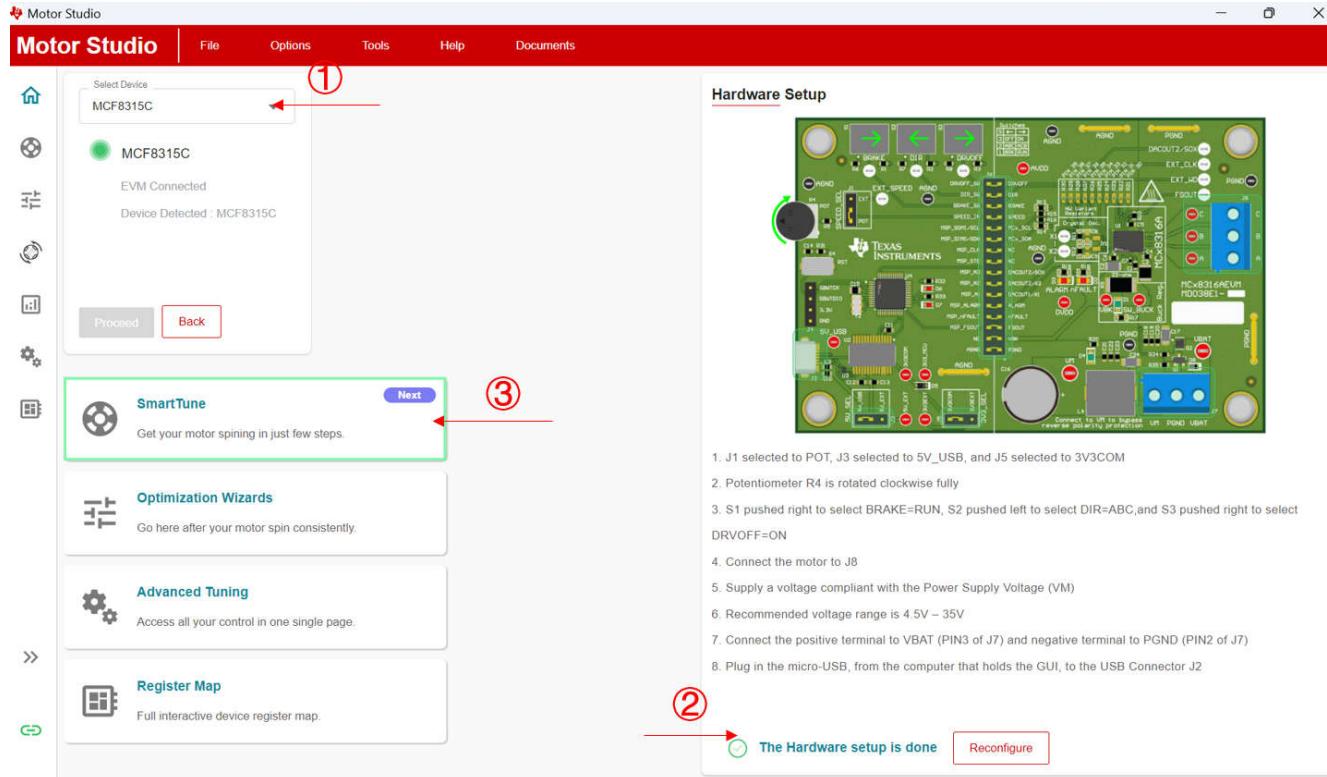


図 2-1. SmartTune の開始

ステップ 2:SmartTune の設定

図 2-2 に例を示します。

1. モーターに負荷があるかどうかを選択します。
2. モーターのデータシートに記載されている定格電圧、定格電流、定格速度を入力します。これらのパラメータの定義については、セクション 1.1 を参照してください。
3. モーターを速度モード (速度ループと電流ループの両方がイネーブルな一定速度) とトルクモード (一定のトルク / 電流、速度ループをディセーブルし、電流ループをイネーブルにした状態) のどちらで動作させるかを選択します。速度モードとトルクモードの詳細については、『[MCF8315C センサレスフィールドオリエンテッドコントロール \(FOC\) 統合 FET BLDC ドライバ](#)』のセクション 6.3.12 を参照してください。
4. 「Generate Configuration」(構成の生成) をクリックします。

モーターのパラメータや起動方法など、パネル上にある他の入力はオプションです。これらの入力を適切に設定することにより、SmartTune は、より効率的に動作してモーターの性能を向上させることができます。値がわからない場合は、それらを無視してください。SmartTune は引き続き機能します。

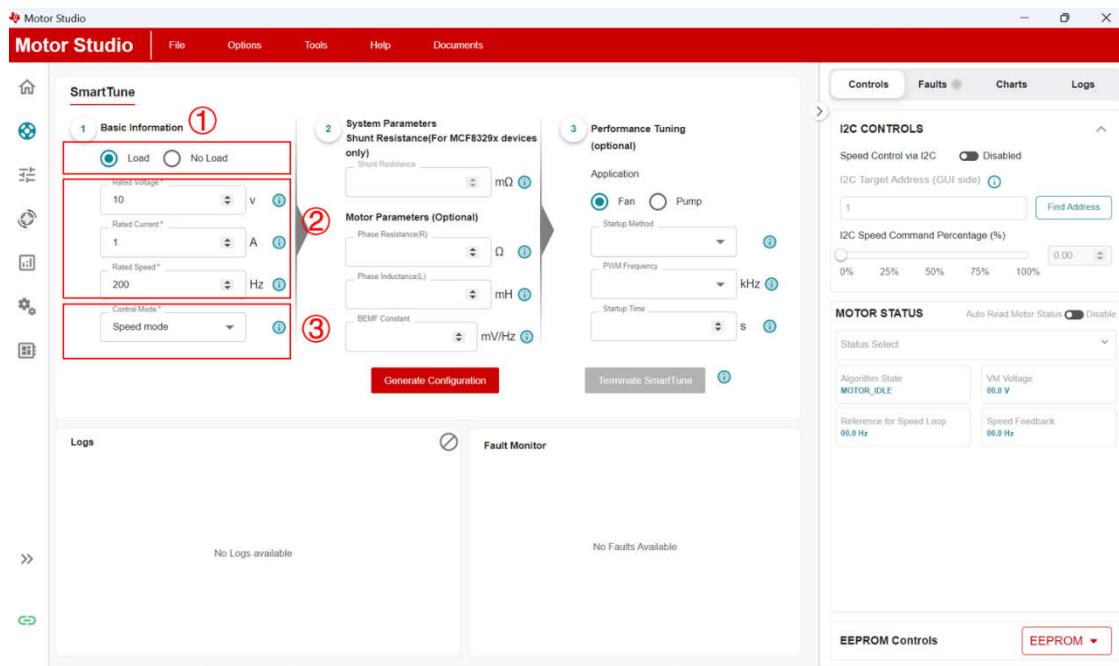


図 2-2. SmartTune の設定

ステップ 3:構成の生成

図 2-3 に例を示します。

- モーター ステータスの自動読み取りを有効にして、SmartTune 中のステータスを確認します。
- FAULT パネルの自動読み取り FAULT ステータスを有効にして、SmartTune でFAULTを観察します。
- 「Generate Configuration」(構成の生成) をクリックします。

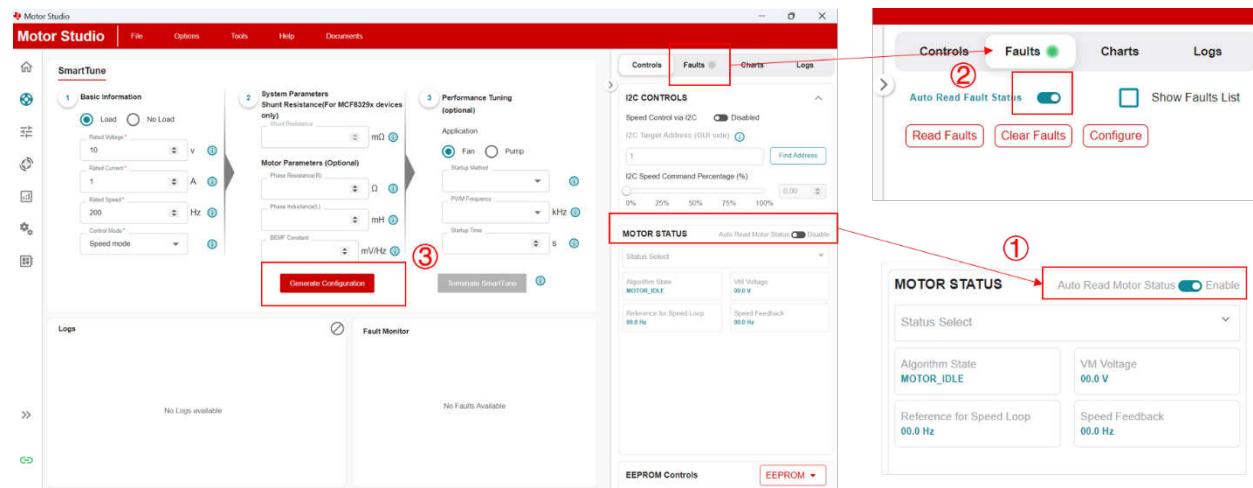


図 2-3. 構成の生成

ステップ 4:SmartTune の実行

図 2-4 に示すように、SmartTune を実行している場合は、次のことが可能です。

- ログを読み取ります。
- FAULT モニタのFAULTを観察します。
- モーター ステータスの変化を観察します。

ステップ (1)(2)(3) は、障害が発生して設定に失敗した場合に問題を特定するのに役立ちます。

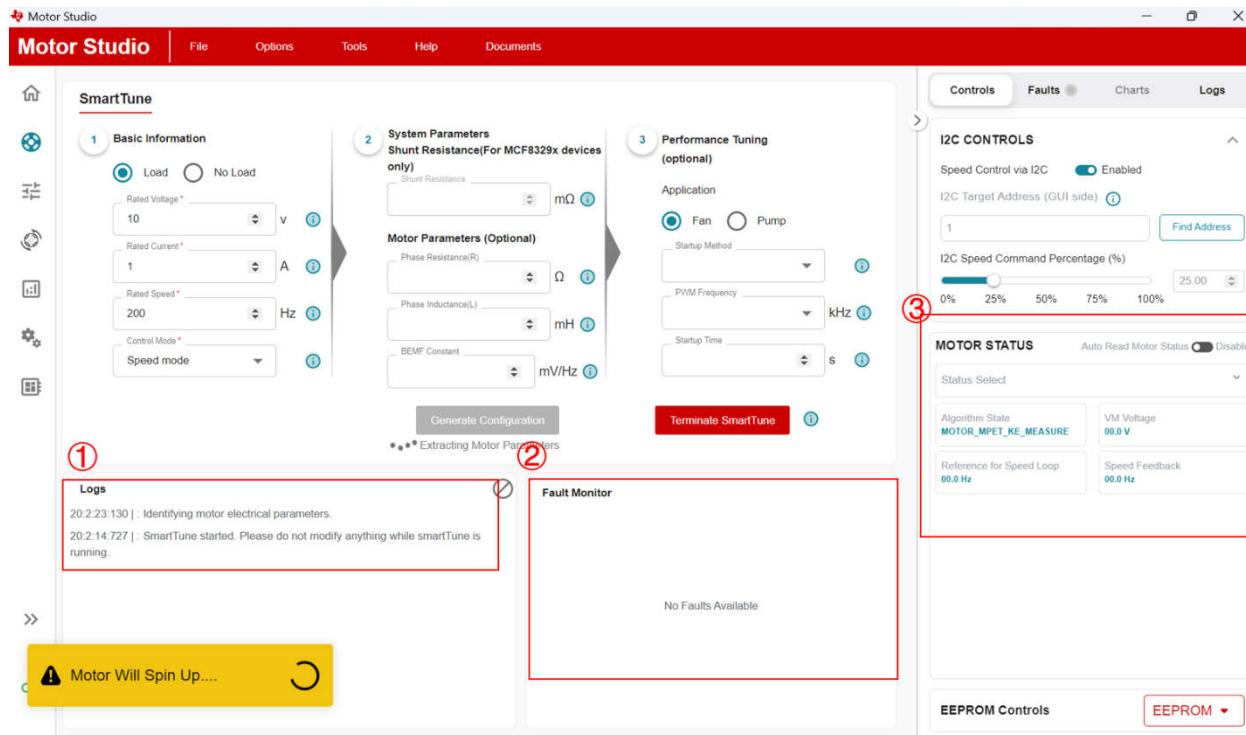


図 2-4. SmartTune の実行

ステップ 5:SmartTune の結果を使用したモーター回転

図 2-5 に示すように、緑色の「Configuration Successful」(構成成功) が表示されると、「Generate Configuration」(構成の生成) ボタンが「Regenerated Configuration」(再生成された構成) に変わります。SmartTune を再実行する場合以外は、このボタンをクリックしないでください。モーターを回転させるには、以下のようにします。

1. I2C 速度コマンド パーセンテージの丸いボタンをドラッグして、定格速度の 0% ~ 100% から速度を調整します。
2. モーター ステータスの速度帰還を観察して、モーターが基準速度に達しているかどうかを確認します。
3. フォルト モニタでフォルトを観察して、モーターが回転できないときに異常が発生しているかどうかを確認します。

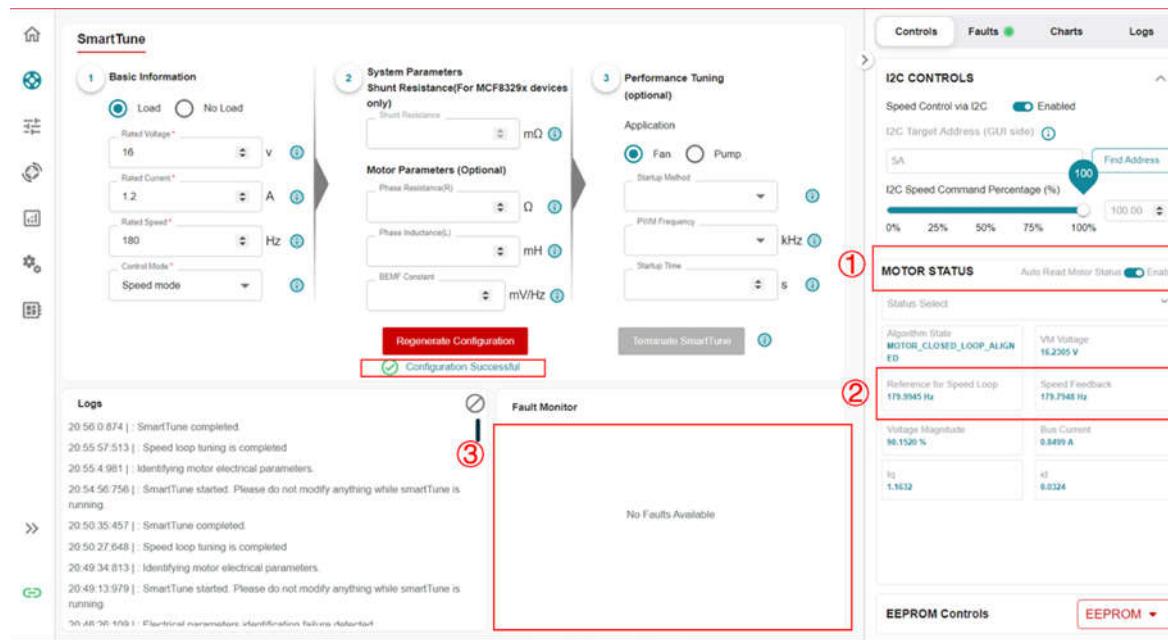


図 2-5. SmartTune の結果を使用したモーター回転

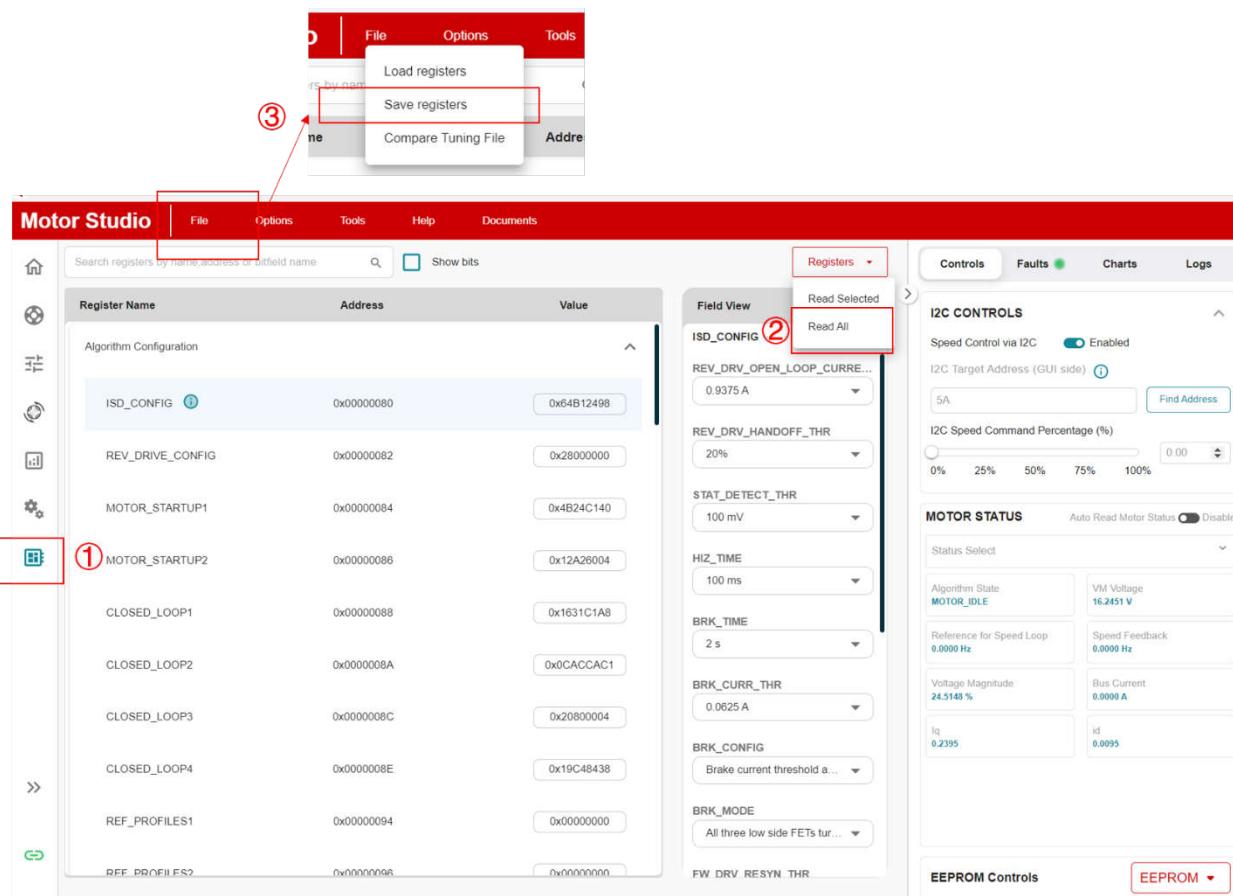


図 2-6. レジスタ設定の保存

ステップ 6: レジスタ設定の保存

図 2-6 に示すように、SmartTune によって生成された構成を保存する場合は、次の手順を実行します。

1. 左側のナビゲーションバーで、最後のアイコンの「Register Map」(レジスタマップ)をクリックします。
2. 「Registers」(レジスタ)をクリックして、「Read All」(すべて読み取り)を選択します。その後、すべての構成が、対応するレジスタに読み取られます。
3. 上部ナビゲーションバーの「File」(ファイル)をクリックし、「Save Registers」(レジスタの保存)を選択します。これで、レジスタ設定を.jsonファイルに保存できます。

次回この設定を使用する場合は、上部のナビゲーションバーから「File」(ファイル)、「Load registers」(レジスタの読み込み)の順にクリックし、保存した.jsonファイルを選択します。

3 SmartTune パラメータを設定するための実践的なヒント

多くの場合、システムレベルの電圧と予測速度は通常、モーターのデータシートに規定されている値とは異なるものです（ユーザーがデータシートを持っていない場合もあります）。したがって、この電圧と速度でモーターを駆動したときの電流の値は不明です。ユーザーが電流値をランダムに設定すると、フォルトがトリガされ、モーターが期待される速度を達成できなくなります。このセクションでは、障害が発生したときの対処方法と適切な電流値の設定方法について、ユーザー向けのヒントをいくつか紹介します。

第 1 に、定格電流パラメータを、モータードライバのピーク出力電流能力よりも小さい値に設定する必要があります。これは、モータードライバのデータシートに記載されています。また、電源の電流クランプを防止するため、モーターに必要な電流よりも外部電源の電流制限を大きくする必要があります。

次に、電流設定がモータードライバのピーク出力電流よりも小さいと仮定し、次のいずれかの状況が発生した場合、これは、電流設定がまだ高すぎるため、電流値を少しだけ下げる必要があります。

- SmartTune の設定に失敗し、フォルト モニタに MPET_IPD_FAULT が表示されます。

これは、設定電流値が非常に大きいため、SmartTune はモーター パラメータの計算に失敗することを示しています。この故障が発生しないように、電流も V/R 未満にする必要があります (R はモーター一相抵抗です)。

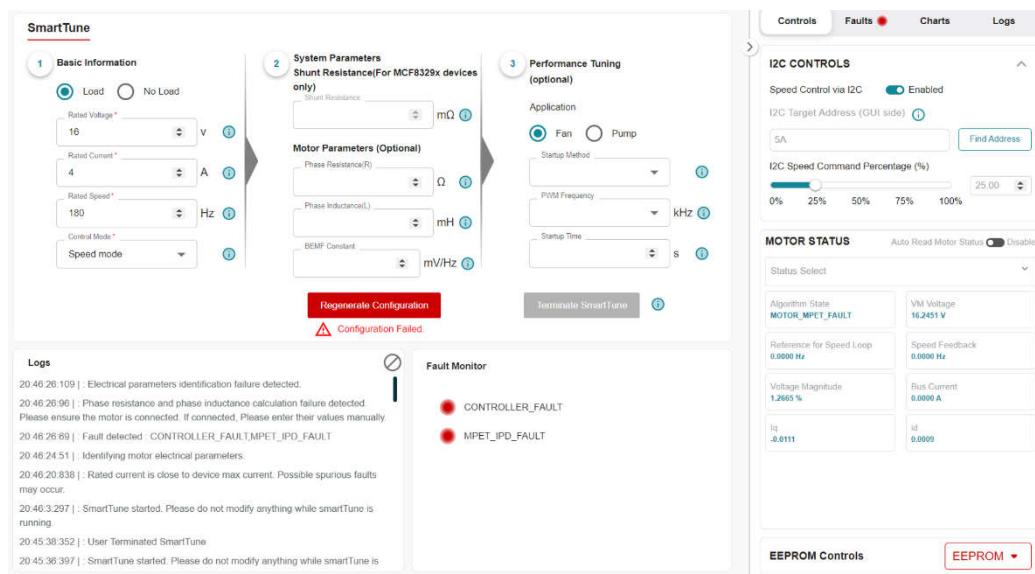


図 3-1. SmartTune 設定に失敗し、MPET_IPD_FAULT です

- SmartTune の構成に失敗し、フォルト モニタに CURRENT_LOOP_SATURATION が表示されます。

これは、PWM デューティが 100% に近い値に設定されていても定格電流に達することができないことを示しています。モーターステータス パネルで電圧マグニチュードを確認します（表示されていない場合は、「Status Select」（ステータス選択）をクリックし、このパラメータにチェックマークを付けます）。電圧マグニチュードがほぼ 100% であることがわかります。

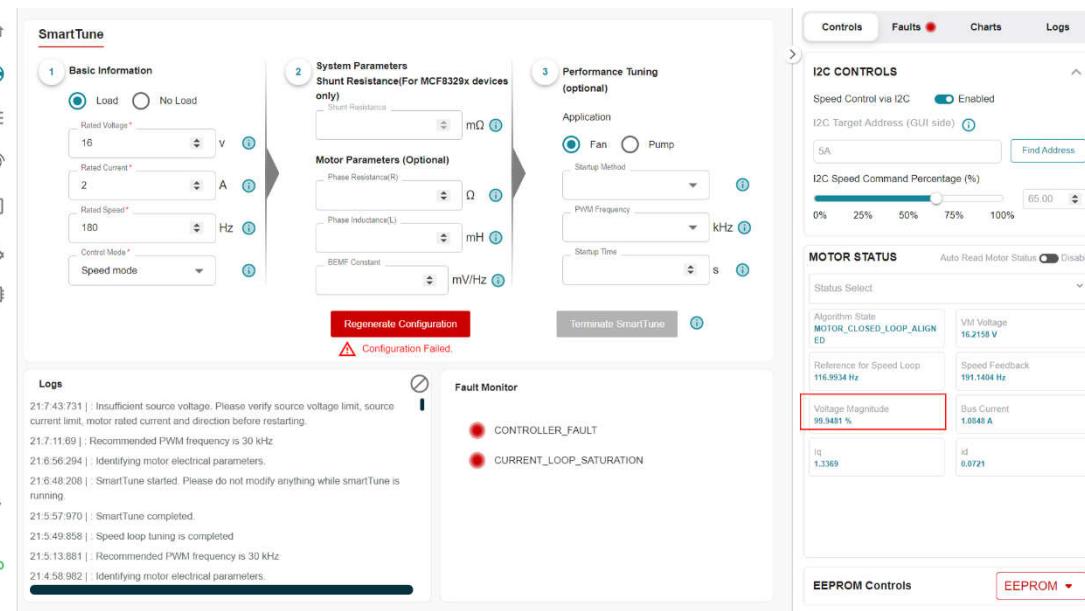


図 3-2. SmartTune の設定に失敗し、CURRENT_LOOP_SATURATION

次のいずれかの状況が発生した場合は、現在の設定が低すぎるため、現在の値を少し増やしてからやり直してください。

- SmartTune の設定に失敗し、�オルトモニタに MPET_BEMF_FAULT が表示されます。

これは、SmartTune が BEMF を検出して BEMF 定数を計算するのに、速度レベルが十分ではないことを示しています。

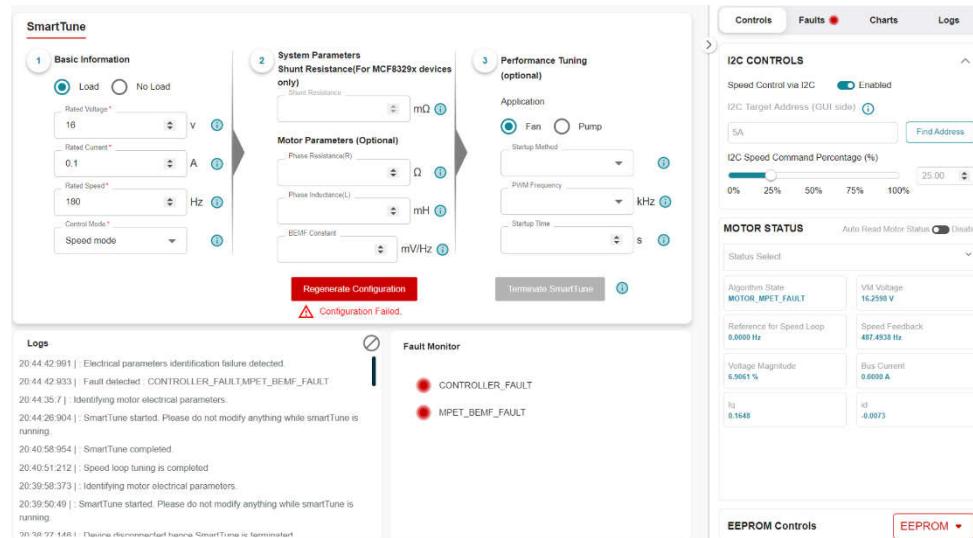


図 3-3. SmartTune 設定に失敗し、MPET_BEMF_FAULT

- SmartTune 設定は成功しましたが、速度を 100% (最大値) に設定すると、�オルトモニタに SPEED_LOOP_SATURATION が表示され続けます。

これは、モーターが定格速度に達する前に電流がクランプされることを示しています。モーターステータスパネルで速度フィードバックを確認します(表示されていない場合は、「Status Select」(ステータス選択)をクリックしてこのパラメータにチェックマークを付けます)。速度フィードバックが速度ループのリファレンスよりも小さいことがわかります。この時点では、電圧振幅は 100% よりもはるかに小さいため、PWM デューティのマージンはありますが、電流スレッショルドに達しています。

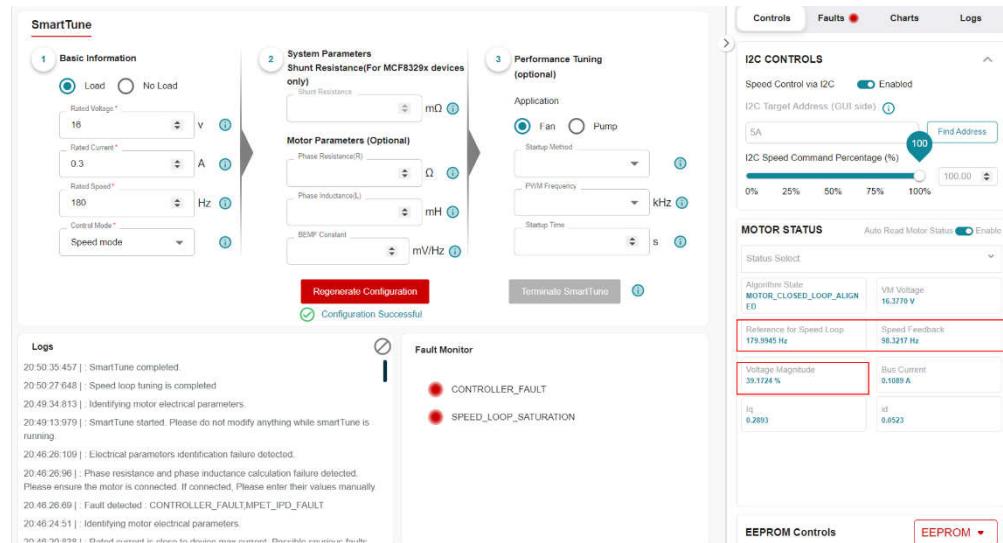


図 3-4. SmartTune の設定が成功し、SPEED_LOOP_SATURATION

以下の状況が発生した場合、SmartTune 構成で期待される速度を達成するにはシステム電圧が十分に高くないことを示しており、定格電圧を上げるか定格速度を下げる必要があります。

- SmartTune の設定は成功しましたが、速度を 100% に設定すると、フォルトモニタの SPEED_LOOP_SATURATION と CURRENT_LOOP_SATURATION の両方が表示され続けます。

これは、PWM デューティがほぼ 100% に設定されているが、定格電流と定格速度の両方に到達できないことを示しています。モーターステータスパネルの電圧マグニチュードと速度フィードバックを確認します（表示されていない場合は、「Status Select」（ステータス選択）をクリックし、このパラメータをチェックします）。電圧マグニチュードがほぼ 100% であるにもかかわらず速度フィードバック速度が速度ループのリファレンスより小さいことがわかります。

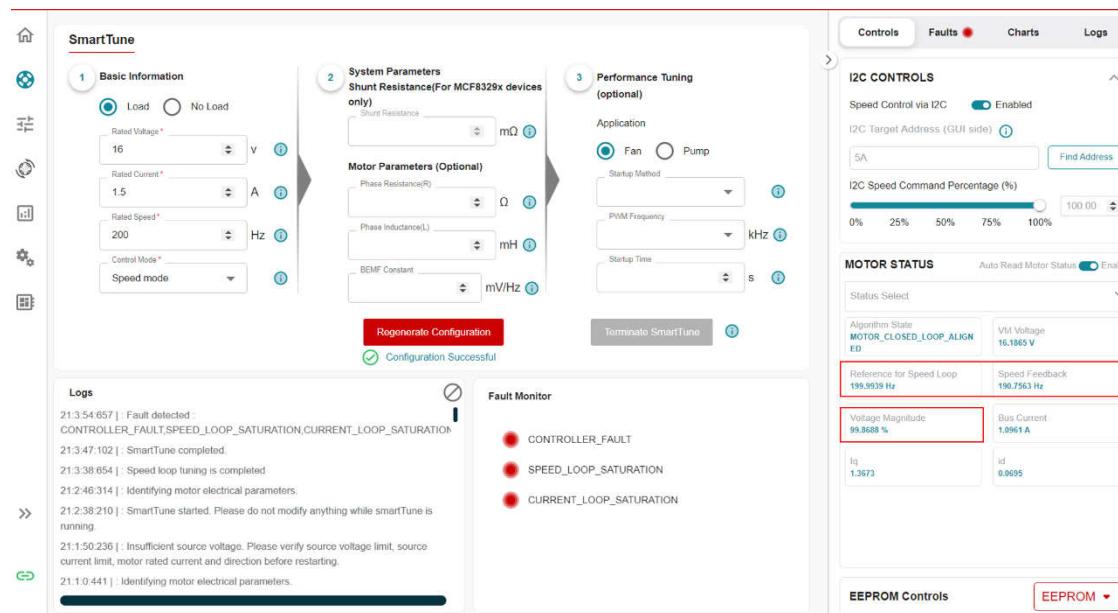


図 3-5. SmartTune の設定が成功し、SPEED_LOOP_SATURATION と CURRENT_LOOP_SATURATION

図 3-6 に、上記のすべてのフォルト状況とチューニングのヒントをまとめます。

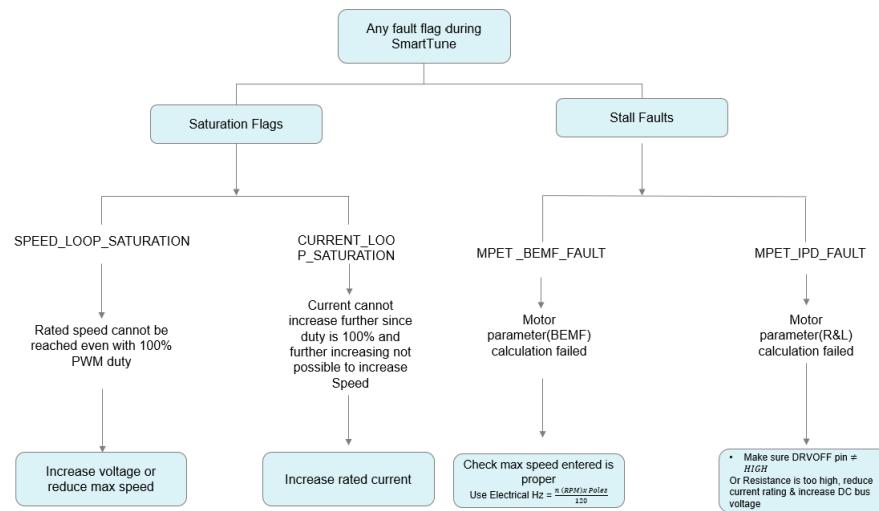


図 3-6. 障害とチューニングのヒント

4 まとめ

SmartTune は、TI のモーター ドライバがモーターを駆動し、特定の電圧および電流条件の下で期待される速度を達成できるかどうかを迅速に検証するのに役立つツールです。3 つのパラメータ (定格電圧、定格電流、定格モーター速度) だけの入力に基づいて、モーターを回転させるための一連の構成パラメータを自動的に生成します。これらは使いやすく、時間 / 労力を節約できます。

SmartTune が構成を生成し、モーターを正常に回転させるには、3 つのパラメータの適切な入力が不可欠です。入力パラメータのミスマッチに起因する障害や性能の満足度低下を排除するために、この資料が提供するチューニングのヒントに従うことをお勧めします。

5 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、『[MOTORSTUDIO の開始](#)』、アプリケーション ノート。
2. Texas Instruments, [MCF8315C Sensorless Field Oriented Control \(FOC\) Integrated FET BLDC Driver](#), data sheet.
3. Dunkermotoren、[BG 45](#) データシート。

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、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默示保証、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、明示的または默示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ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テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(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ます。

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テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](#) やかかるテキサス・インスツルメンツ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。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツ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、テキサス・インスツルメンツ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 © 2025, Texas Instruments Incorporated

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默示保証、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、明示的または默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、(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ます。

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](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

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

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月