

AMIS-30623/AMIS-30624/ NCV70627によるストール検出



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

はじめに

AMIS-3062xおよびNCV70627は、位置決めコントローラと制御/診断インターフェースを備えたシングルチップ・マイクロステッパ・モータ・ドライバです。LINまたはI²Cマスターとリモート接続される専用メカトロニクス・ソリューションをすぐに構築できます。バスを通じて位置決め指令を受信し、その指令に従って目的の位置にモータ・コイルを駆動するモータ・ドライバです。このオンチップ位置決めコントローラは、モータのタイプ、位置決め範囲、各種パラメータ(スピード、加速、減速)に合わせて設定(OTPまたはRAMにより)できます。モータ・ドライバ側は、LINまたはI²Cバス上のスレーブとして機能します。マスター側は、実際の位置やエラー・フラグなどの特定のステータス情報を個々のスレーブ・ノードから取得できます。

ストール状態に入りつつあるときは、内蔵センサレス・ストール検出機能がポジショナの位置ずれを防いでモータを停止します。これにより、原点出しの際は静かで正確な位置決め校正ができ、機械的エンドストップ接近時はセミクローズド・ループ動作が可能です。

このアプリケーション・ノートでは、ストール検出機能について説明し、この機能を使用して高信頼性センサレス・ステッパ・モータ・アプリケーションを開発する手法を解説します*。

*This document is only intended as a guideline during development. The information as also the tips and tricks given in this document should always be verified by the customer under all operating conditions.

電磁力

導体が磁場の中を動くと、電磁誘導によって電磁力(EMF)が発生します(ファラデーの電磁誘導の法則)。このEMFの大きさは次式で与えられます。

$$e = -\frac{d\theta}{dt} \quad (\text{eq. 1})$$

Θは磁場の磁束です。

上式にあるマイナス符号はレンツの法則によるものです。複数の導体Nが直列に接続されているとすると、上の式は次式のようになります。

$$e = -N \frac{d\theta}{dt} \quad (\text{eq. 2})$$

$\Theta = \Theta_m \sin \omega t$ と代入すると、次式が得られます。

$$e = E_m \cos \omega t \quad (\text{eq. 3})$$

ここで $E_m = -N\omega\Theta_m$ です。

このEMFの振幅は、巻数N、磁場の磁束 Θ_m 、回転スピード ω という3つの要素に応じて変化します。Nと Θ_m は、ステッパ・モータ自体によって決まる定数なので、ステッパ・モータの角速度はほぼEMFによって決まると言えます。

BEMFの検知

上述したように、EMFはステッパ・モータのスピードに関する適切な尺度となります(レンツの法則によりマイナス符号が付くため、EMFはBack EMF(BEMF)とも呼ばれる)。BEMFを測定することにより、モータが動いているか否か(ストールしている)を検知できます。

2相ステッパ・モータは、2つのHブリッジで駆動されます(コイル1個につきHブリッジ1個)。それぞれのドライバがサイン電流とコサイン電流を生成します。1/8分割マイクロステッピングの使用時にXコイルとYコイルに流れるコイル電流をFigure 2に示します。

AND8471/D

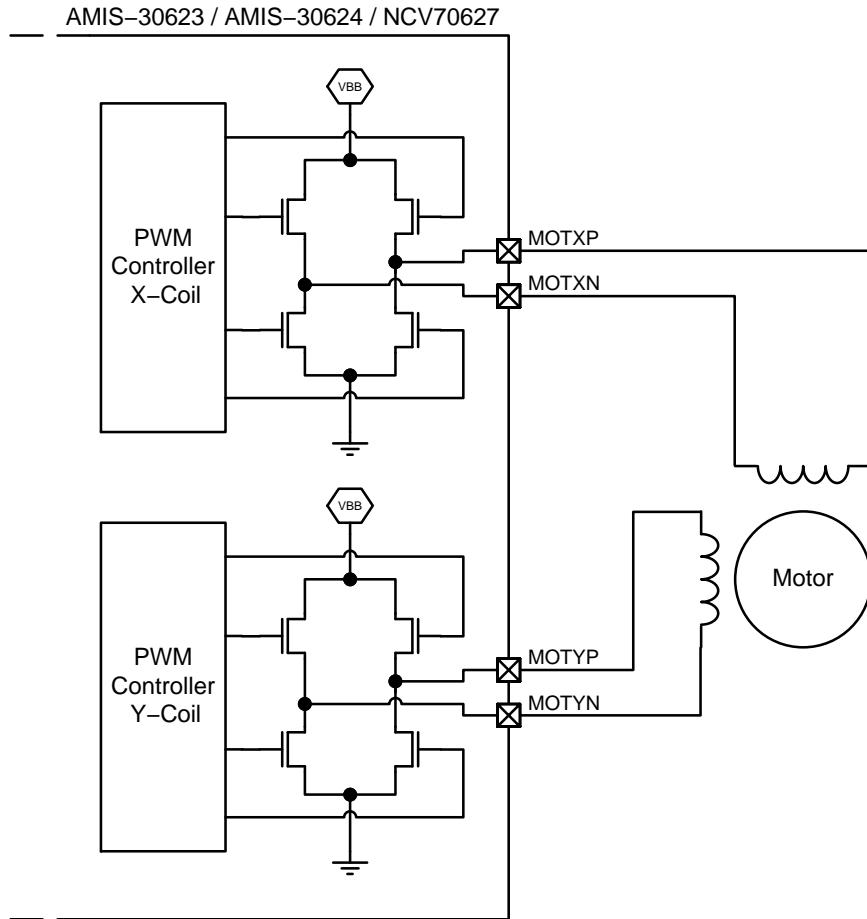


Figure 1. Driver Configuration

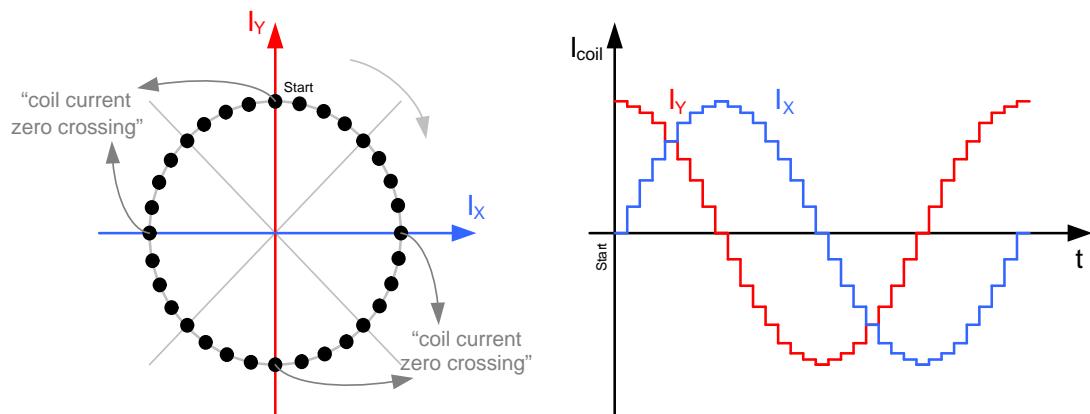


Figure 2. 1/8 Microstepping

電圧と電流との関係は、どの時点でも次式で与えられます。

$$U = V_{BEMF} + i \times R_i + L \times \frac{di}{dt}$$

ここで、
 L = モータ・コイルのインダクタンス
 R_i = モータ・コイルの直列抵抗成分
 i = コイル電流
 V_{BEMF} = 発生したBEMF

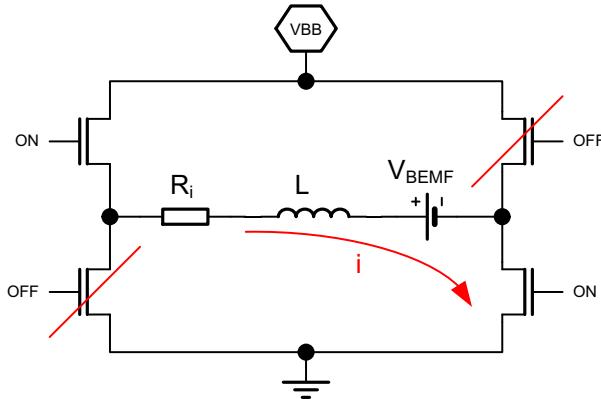


Figure 3. Driving Coil Current

Figure 2から分かるように、両方の電流波形の1周期の中に4回、どちらかのコイルに電流が流れない瞬間(いわゆるコイル電流ゼロ・クロス)があります。

BEMFを測定できるのがこの瞬間です(Figure 4を参照)。

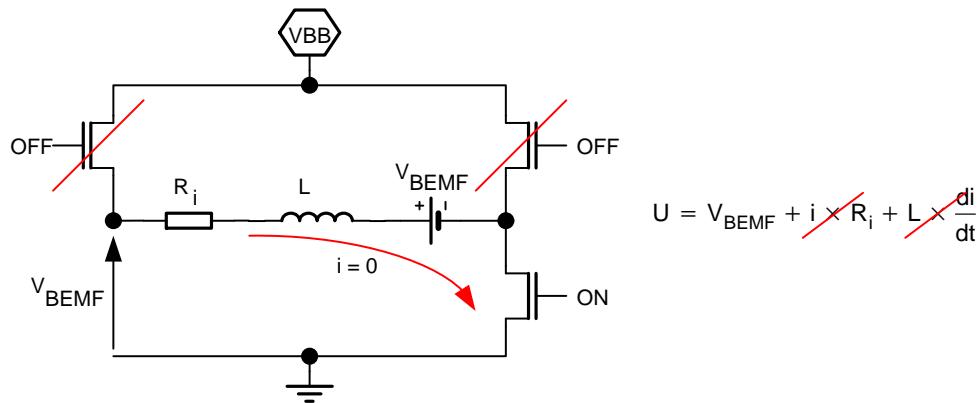


Figure 4. Measure BEMF During Coil Current Zero Crossing

AMIS-30623、AMIS-30624、NCV70627では、モータのBEMFを測定するのに上述の原理が使用されます。具体的には、1回の電気的周期の間に、

多重化サンプル&ホールド回路を使用してモータの4つの端子を測定します(Figure 5を参照)。

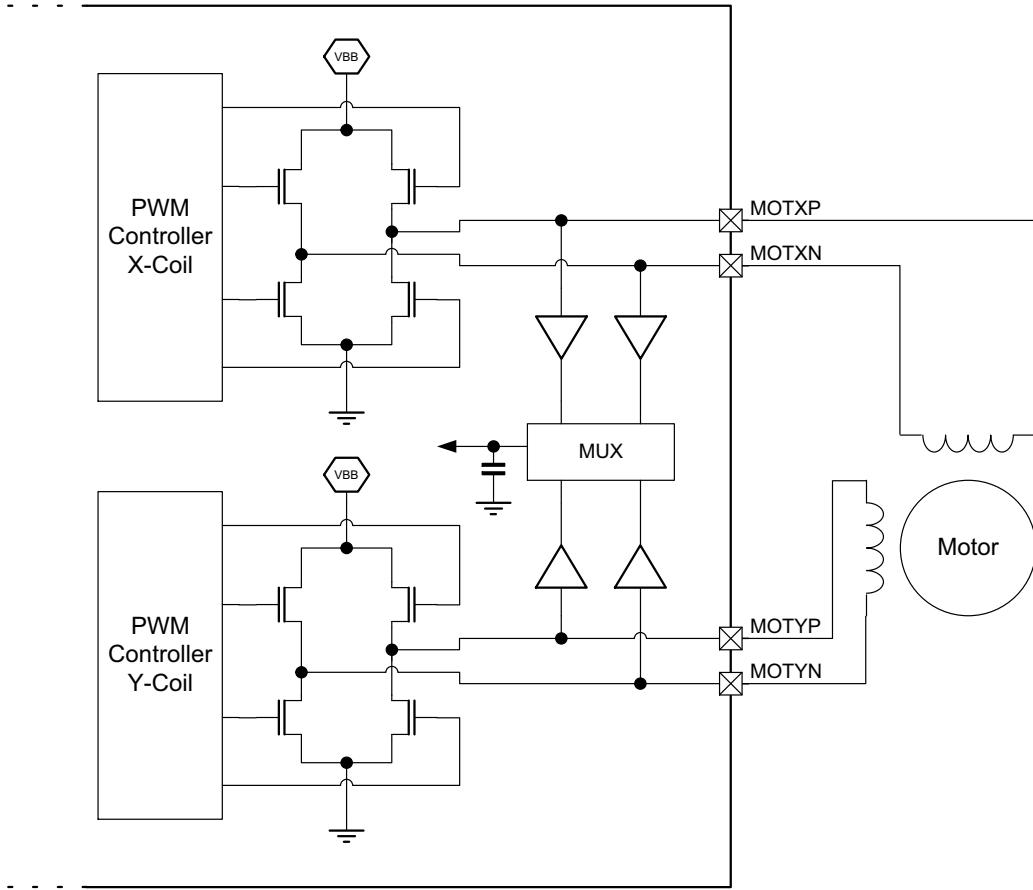


Figure 5. Multiplexed Sample and Hold Circuit to Sample BEMF

ストール検出パラメータ

本章では、ストール検出用に設定できる様々なパラメータについて技術的解説を行います。次章では、各ストール・パラメータを設定する作業について順を追って説明します。

絶対閾値(AbsThr)

モータの回転中はBEMFが発生します。通常の動作であれば、このBEMFはFigure 6のようになります。

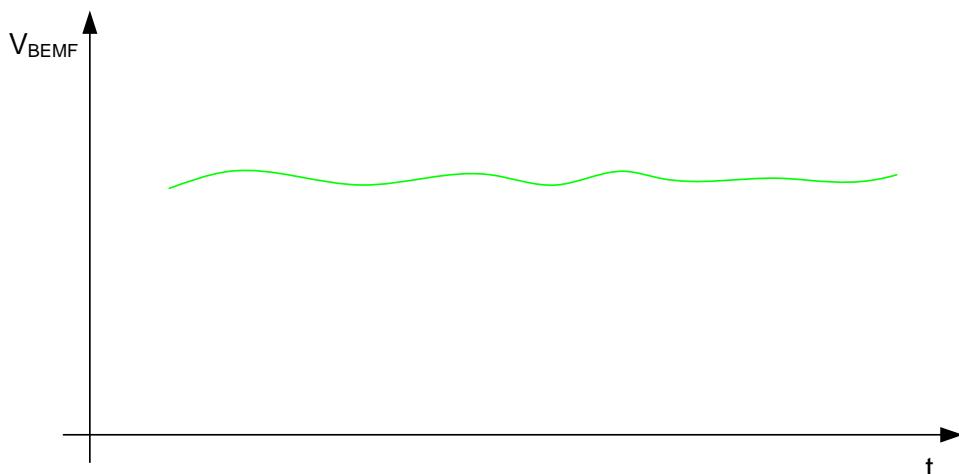


Figure 6. BEMF of a Rotating Motor

AND8471/D

モータがどこかの時点ですべてブロックされると、BEMFは減少します(Figure 7を参照)。

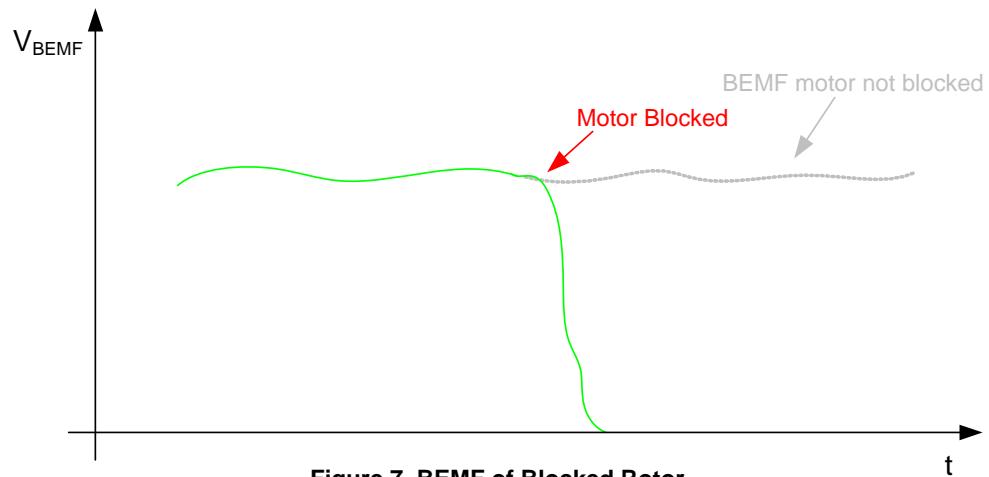


Figure 7. BEMF of Blocked Rotor

AMIS-3062xおよびNCV70627には、このストールを検出するための絶対閾値(AbsThr)と呼ばれるストール・パラメータがあります。BEMFがAbsThrレベル

より低下した場合、モータ・ドライバによってストールが検出され動きが停止します(Figure 8を参照)。

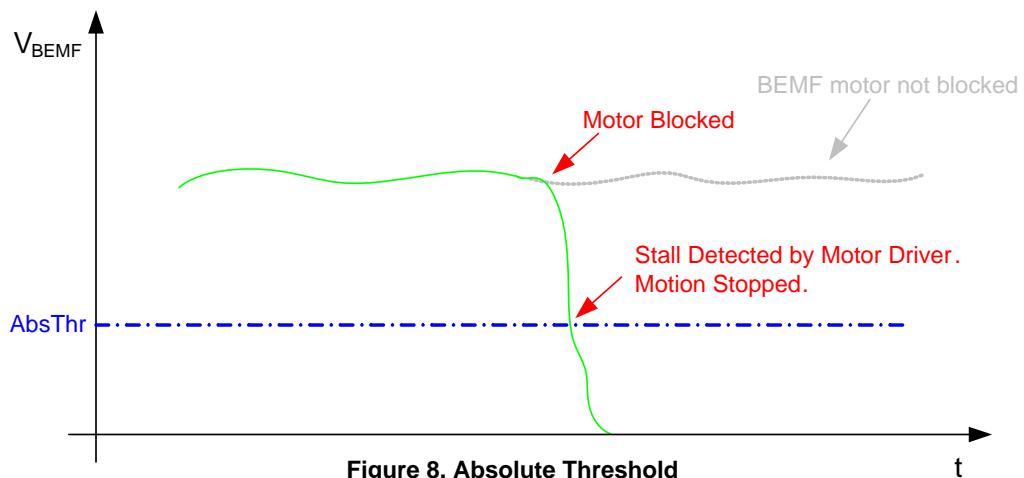


Figure 8. Absolute Threshold

絶対閾値を使用する第2の理由は、モータが最初からブロックされているときのためです。

Figure 9に、加速中のステッパ・モータの理論的および実際のベロシティと、発生したBEMFを示します。この加速プロファイルの詳細は、ステッパ・モ

ータ・ドライバのデータシートに記載されています（「参考文献」を参照）。実際のベロシティはロータの実際の動きを表しています。BEMFの波形はこの実際のベロシティとほぼ同じです。

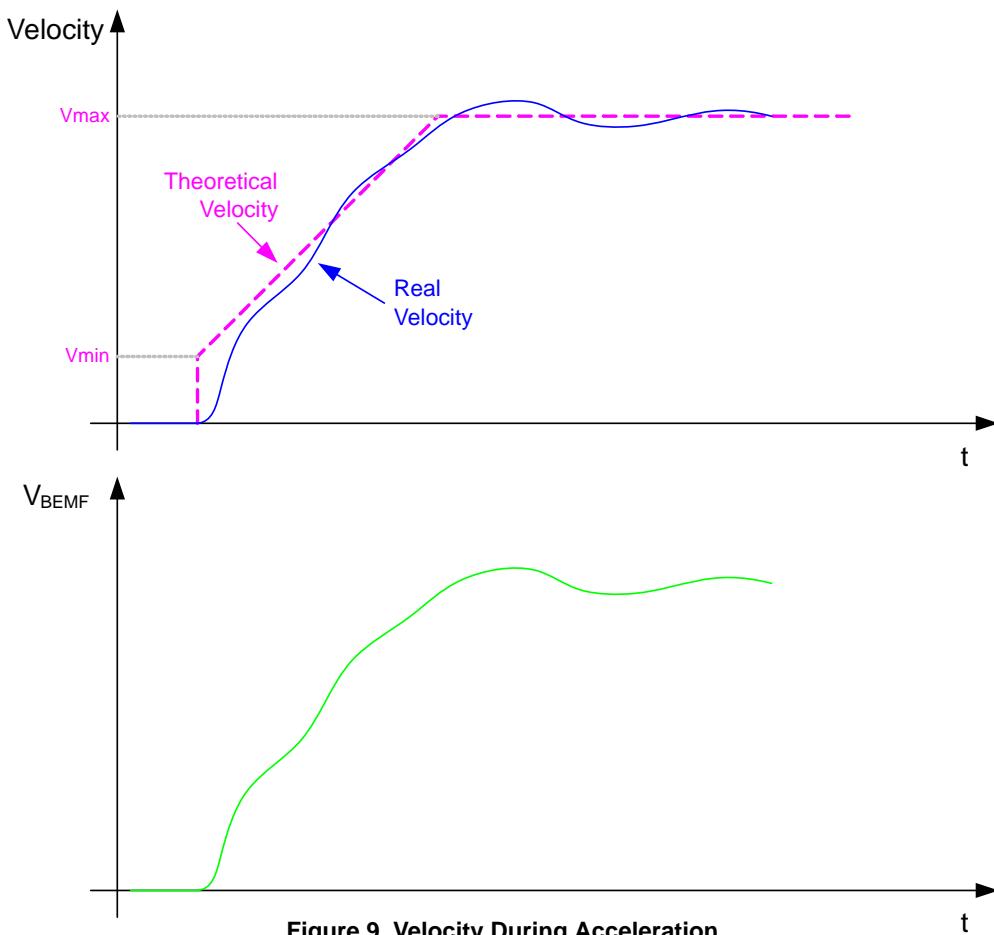


Figure 9. Velocity During Acceleration

Figure 10は、動作開始時にロータがブロックされていた場合に何が起きるかを示しています。ロータがブロックされているので、ロータは動かずBEMFは小さいままです。加速後*もBEMFはAbsThrレベル

よりも低いため、モータ・ドライバによってストールが検出され、動きが停止します。

*Stall detection is only enabled after the acceleration phase. During deceleration stall detection is also disabled.

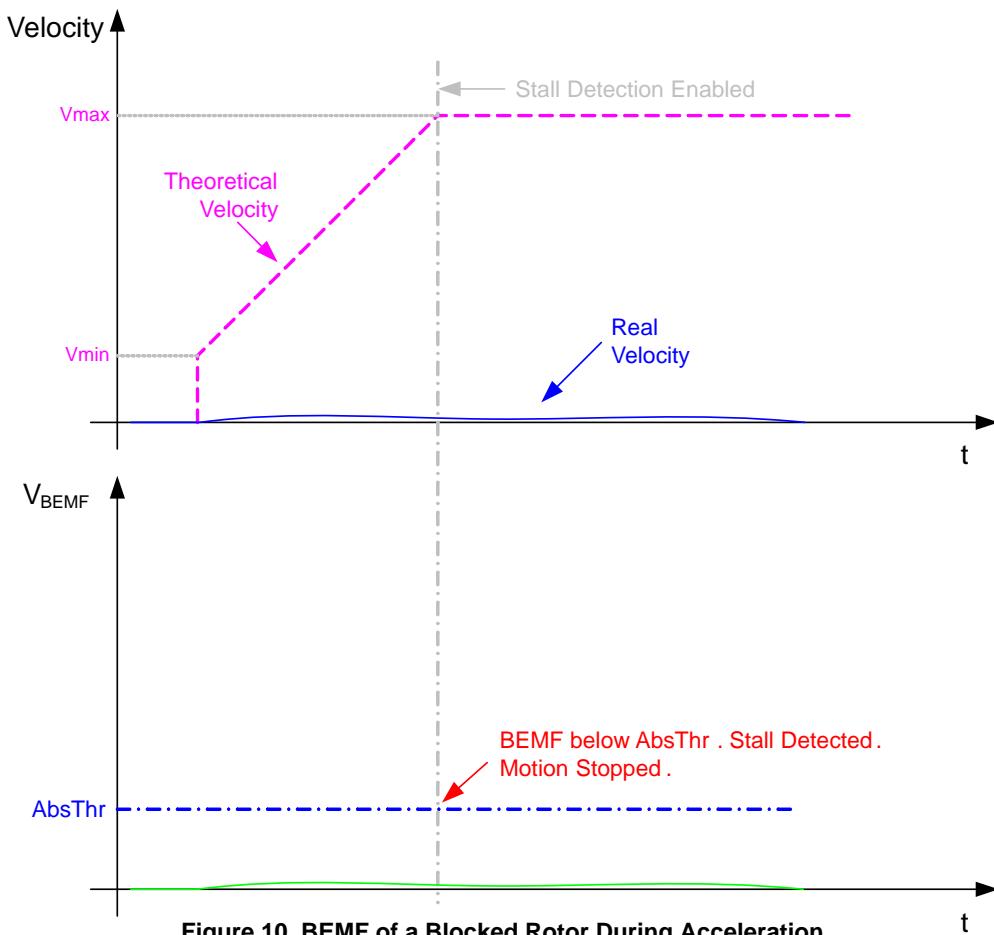


Figure 10. BEMF of a Blocked Rotor During Acceleration

差分閾値(DelThr)

ストール検出は絶対閾値レベルを使用するだけで機能しますが、それにはいくつか短所があります。複数の異なるスピードを使用する場合、そのスピードを調整するたびに毎回AbsThrレベルを調整しなければなりません。一番遅いスピード(一番低いBEMF)に合わせてAbsThrを設定するという方法もありますが、それではスピードを上げたときのストール検出の精度に影響が及びます。

また、モータの負荷が増大するとBEMFが左右にずれます(Figure 11を参照)。BEMFの振幅は変化しないものの、BEMFが左右にずれること、そしてBEMFを測定するタイミングがコイル電流ゼロ・クロスの瞬間だけであることから不要なストール検出が行われるおそれがあります。このため、どの動作条件下でもフォールズ・ストールにならないようするために、場合によってはAbsThrの値を低く設定したほうがよいこともあります(Figure 14を参照)。

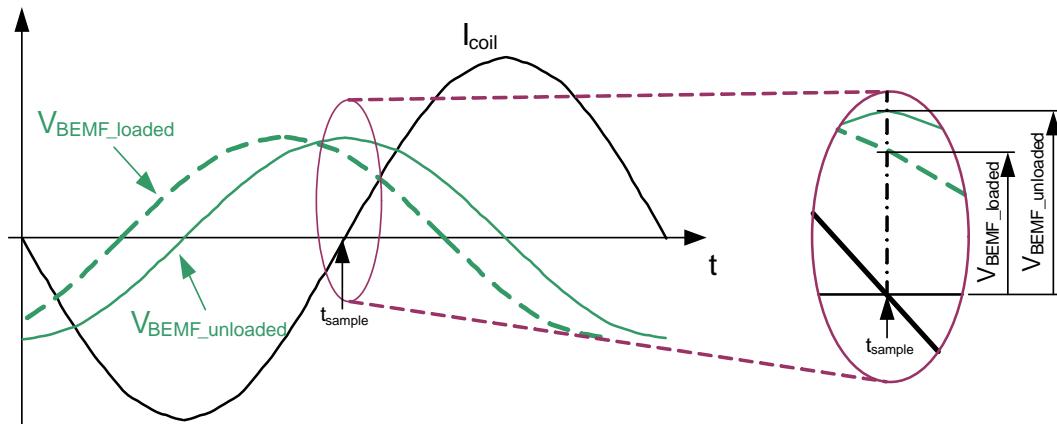


Figure 11. Effect of Motor Load on the BEMF

もう1つの問題をFigure 12に示します。何らかの外的影響によってごく短時間だけモータが減速または加速しても、BEMFはAbsThrレベルよりも高いまま

なので、AbsThrレベルでは検出されません。ただし、この現象は位置ずれを生じる可能性があります。

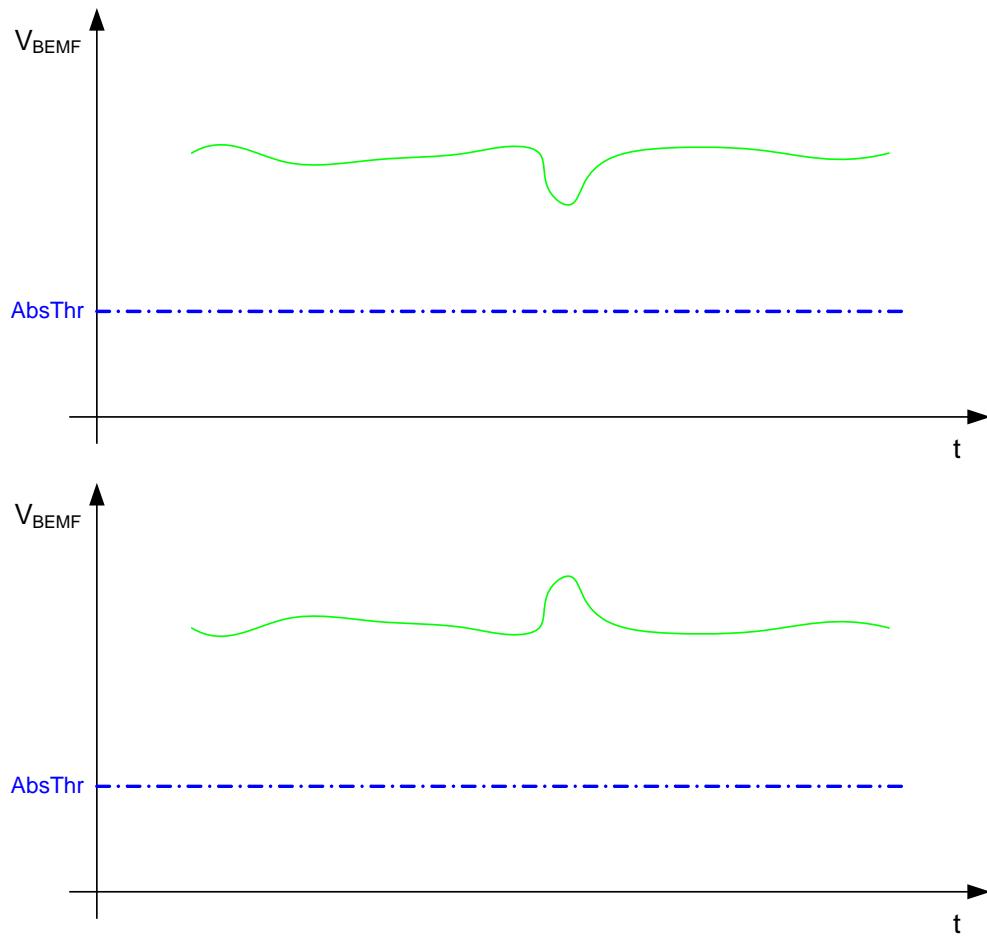


Figure 12. BEMF of a Rotating Motor (Top: Short Deceleration, Bottom: Short Acceleration)

これらの瞬間的な低下やピークを検出するためには、AMIS-30623およびAMIS-30624 (NCV70627を除く)は、BEMFの平均値を取得し、このレベルを中心

に差分(DelThr)の幅を持たせます。BEMFの値がこの範囲を超えた瞬間にストールが検出されて動きが停止します。

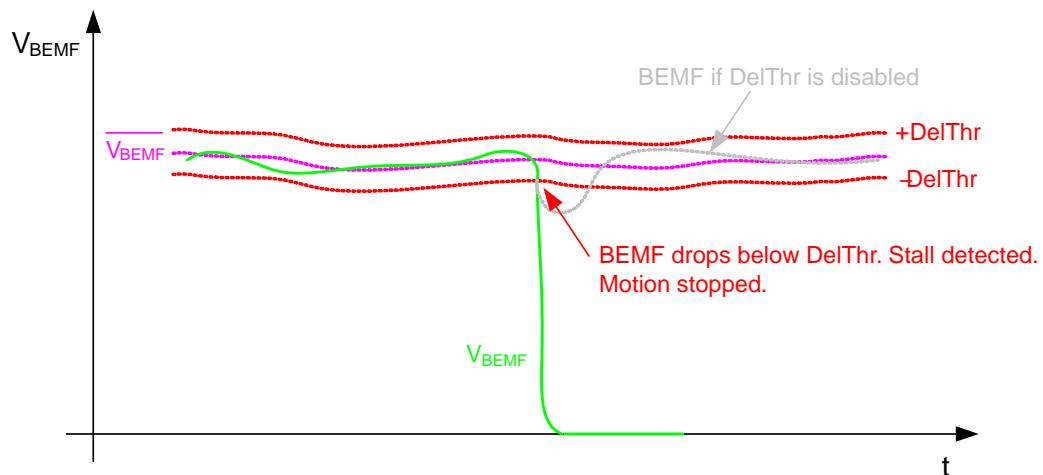


Figure 13. Delta Threshold (Not Applicable for the NCV70627)

アプリケーションで複数の異なるスピードを使用する場合は、AbsThrを一番遅いスピード(最小 V_{max})に合わせることが可能です。この場合のAbsThrレベルは、回転開始時にロータがブロックされていないか検出することだけが目的です*。回転中の位置す

れを防ぐのにDelThrが使用されます。AbsThrを十分低く設定しておけば、負荷が増えてもフォールズ・ストールは誘発されません(Figure 14を参照)。

*A slow decrease in speed will also trigger AbsThr if speed gets low enough.

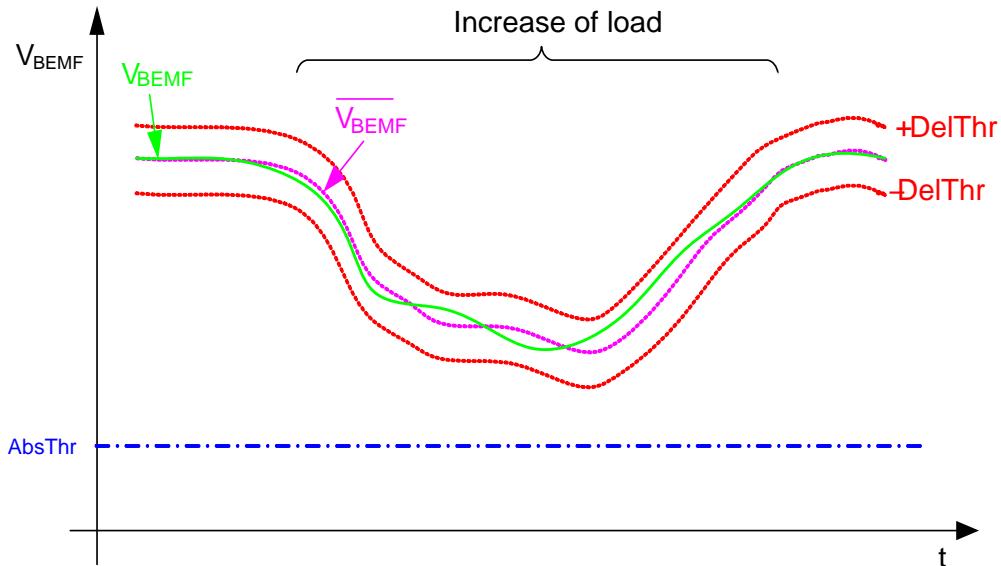


Figure 14. Use DelThr to Avoid Falls Stall Due to Increased Load (Not Applicable for the NCV70627)

ストール検出有効時間(FS2StallEn)

前述したように、ストール検出が有効なのはモータが(理論的)最大ベロシティ(V_{max})で回転しているときだけです。ステップ・モータは単純な2次系なので、ステップ応答特性にオーバーシュートが生じる可

能性があります。加速度レベルによって、モータのスピードが V_{max} の設定値を中心に振動またはリンクギングを起こすことがあります。それが原因で、フォールズ・ストールが検出される場合があります(Figure 15を参照)。

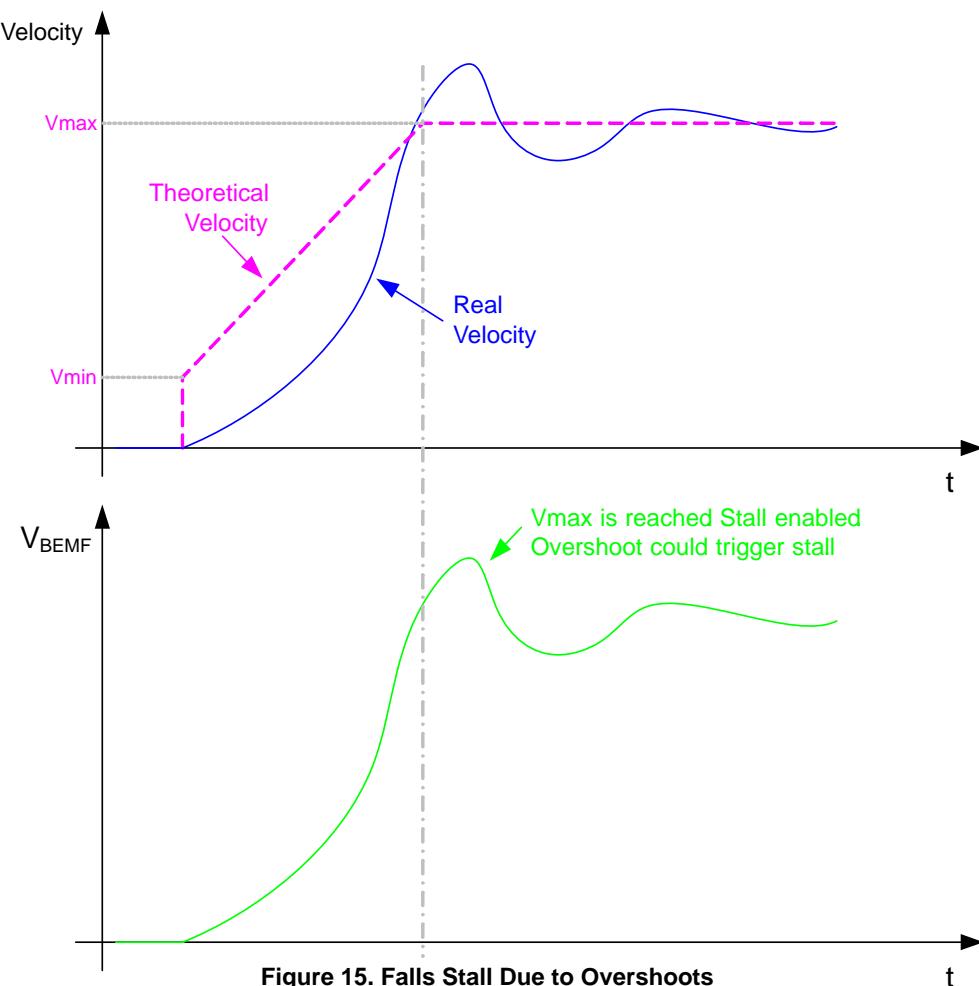


Figure 15. Falls Stall Due to Overshoots

考えられる解決法の1つは、オーバーシュートでストール検出が行われないように、DelThrの幅を広げるかAbsThrを下げることです。ただし、これらのオーバーシュートは一定時間経過後に減衰するので、ストール検出の感度低下を招きます。

もう1つの解決法は加速度を下げるのですが、アプリケーションによっては高い加速度が必要な場合もあります(アプリケーション・ノート[AND8404/D](#)を参照)。ここで、BEMFはモータの実際の動きを表していることを忘れないでください(「電磁力」

も参照)。BEMFでオーバーシュートが見られる場合、これらのオーバーシュートはロータの実際の動きにも現われます(Figure 15の青い曲線を参照)。オーバーシュートが大きすぎると位置ずれが生じることがあるため(ストール検出を使用しない場合でも)、オーバーシュートは常に最小限に抑えることが重要です。

オーバーシュートによるフォールズ・トリガを回避するには、一定量のフル・ステップ(FS2StallEn)でストール検出を遅らせることができます。

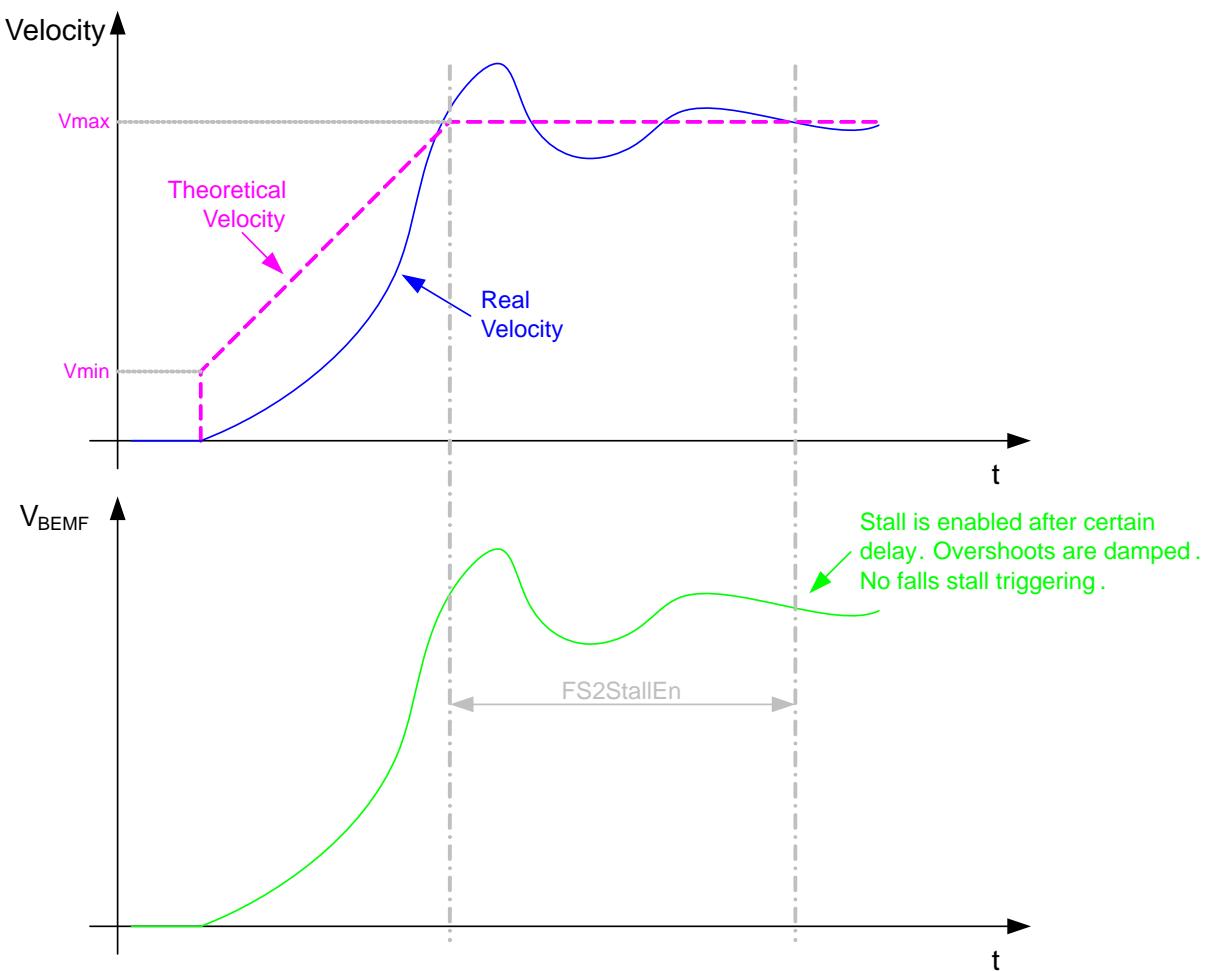


Figure 16. Delay Stall Detection

BEMF測定遅延時間(MinSamples)

前述したように、BEMFが測定されるのはコイル電流ゼロ・クロスのときだけです(Figure 2を参照)。

Figure 17は、コイル電流がゼロ・クロスしているときの詳細図です。理想的なコイル電流は紫色の点線で示しています。コイル電流ゼロ・クロス・フェーズに入った瞬間(紫色の点線がゼロになった瞬間)、コイルの一方はグラウンドに接続され、他方はオープン状態になってBEMFが測定されます(Figure 17の右側の接続図を参照)。コイル電流はゼ

ロに減衰するまで時間がかかりますので、コイル電流ゼロ・クロス・フェーズに入った段階では、まだ実際のコイル電流はゼロになっていません。そのため、コイル電圧の測定値にスパイクが生じます(コイル電圧が $V_{BB} + 0.6$ Vにクランプされる)。

実際のコイル電流がゼロになった後、コイルには電圧過渡現象が観測されます。この電圧過渡現象が存在する時間は、コイル・インダクタンスLと寄生抵抗 R_p によって決まります。電圧過渡現象が収まつてからでないと、実際のBEMFは測定できません。

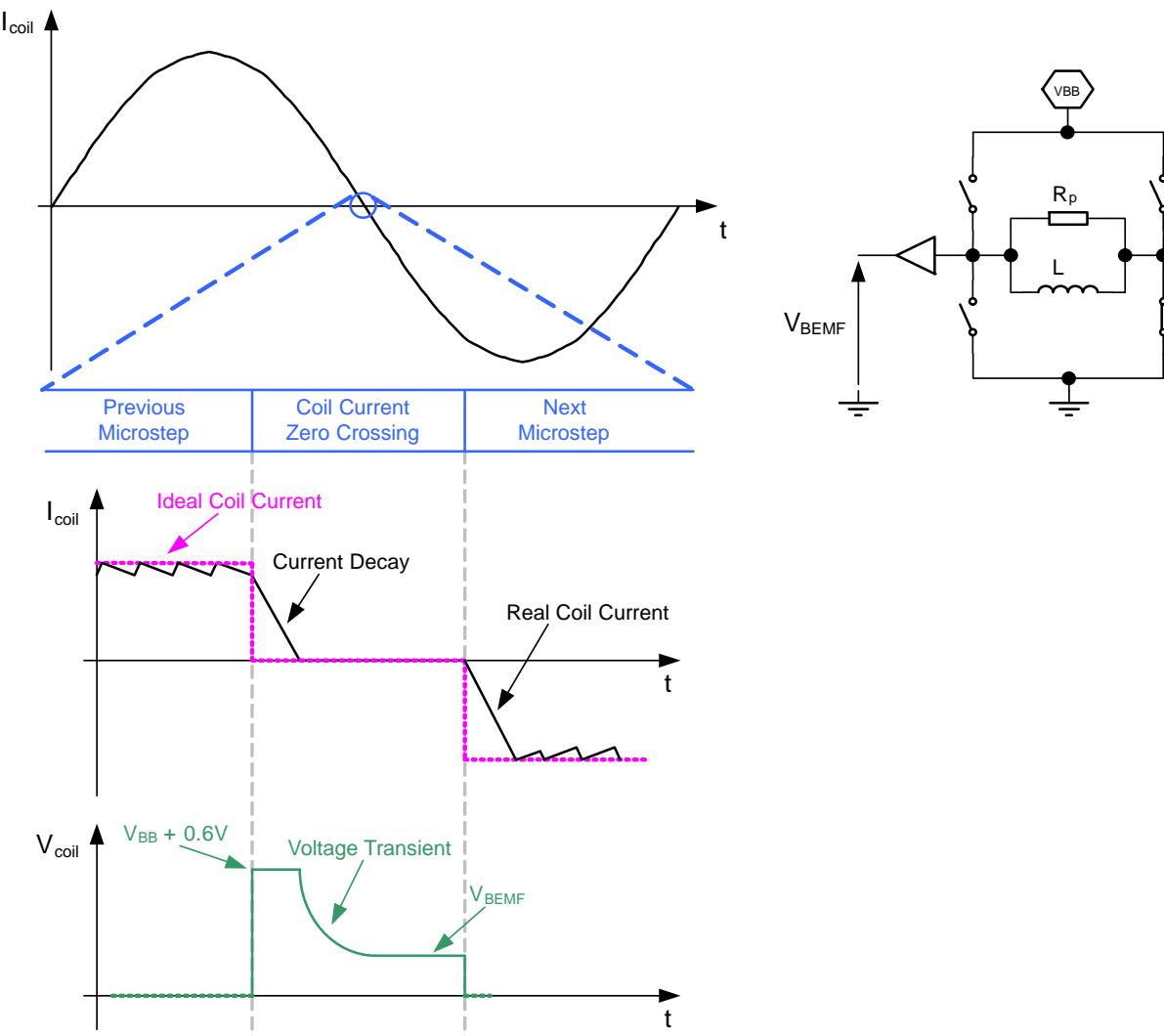


Figure 17. Coil Current Zero Crossing

AMIS-30623/AMIS-30624/NCV70627にはいつ電圧過渡現象が収まったかは分からないので、BEMFを測定するタイミングを指定する必要があります。これはMinSamplesパラメータで指定できます。この

MinSamplesパラメータは、ゼロ・クロスの(理論的な)スタート・タイミングからコイル電圧のサンプリング・タイミングまでの遅延時間を指定します (Figure 18を参照)。

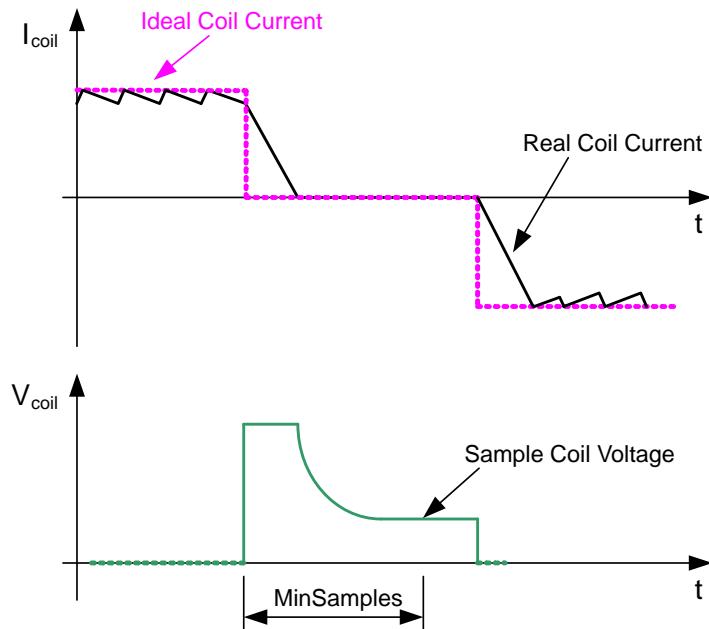


Figure 18. MinSamples Parameter

MinSamplesをマイクロステップ時間よりも長く設定すれば、コイル電流ゼロ・クロス期間が延長されます。これにより高速時のストール検出が可能になりますが、コイル電流波形が影響を受けます。

Figure 19は、ステッパ・モータの動作スピードが速すぎる場合にどのような問題が発生するかを示し

ています。コイル電流ゼロ・クロスの終了時には、まだ電圧過渡応答が収まっていません。このため、実際のBEMFをサンプリングできません。

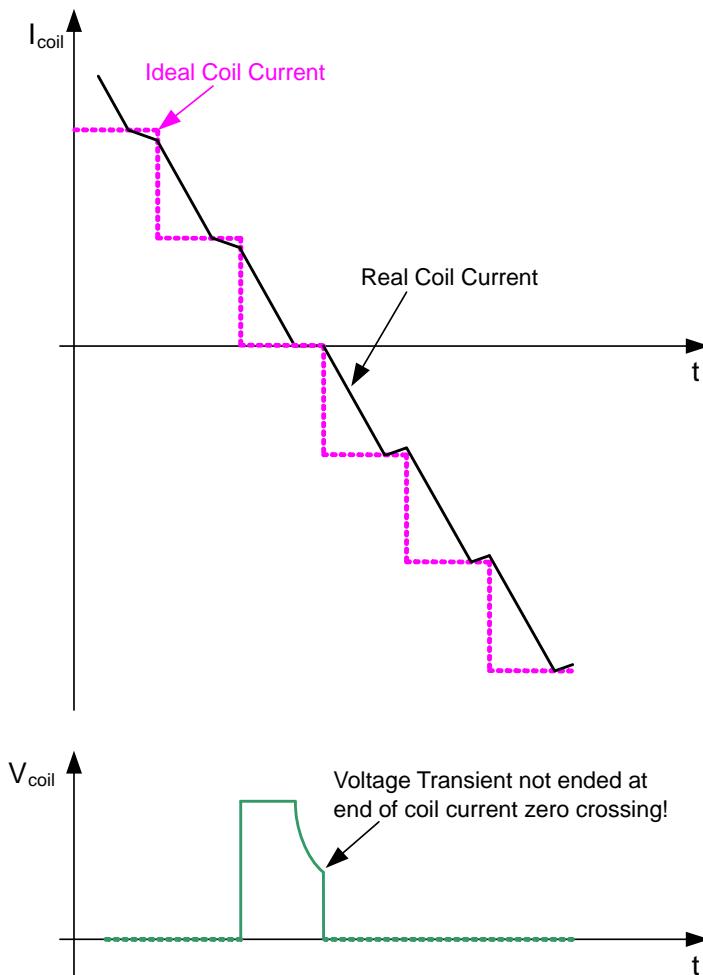


Figure 19. Coil Current Zero Crossing Too Short for BEMF Measurement

この問題をMinSamplesの設定で解消する方法をFigure 20に示します。MinSamplesを(クランプ時間+電圧過渡応答期間)よりも長い値に設定すれば、実際のBEMFが測定できます。これなら、MinSamplesが1

マイクロステップの長さよりも長くなるので、コイル電流ゼロ・クロス期間が延長されます。それでもスピードは変化しないことに注意してください。

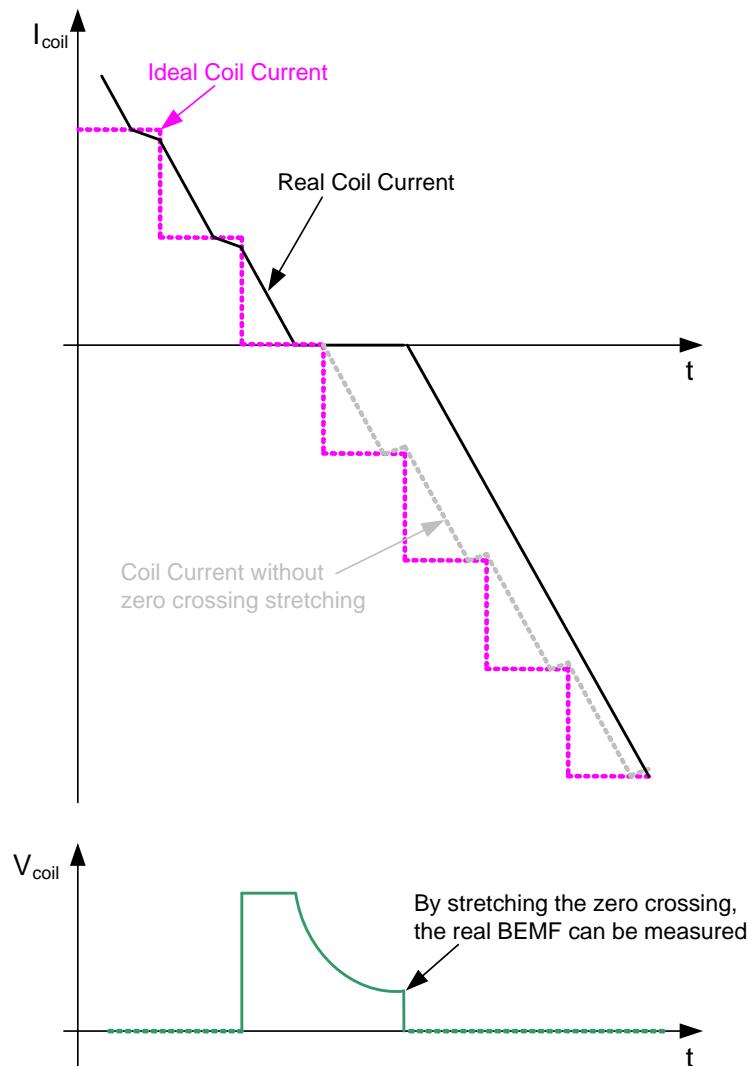


Figure 20. Stretching the Coil Current Zero Crossing

コイル電流ゼロ・クロス期間を延長する必要があるのは、スピードの設定が高すぎるときだけではありません。電源電圧 V_{BB} が低すぎる、BEMFが高い、またはコイルの直列抵抗成分 R_i が大きい場合は、コイル両端の電圧が低すぎて、電流の減衰が遅くなります。コイル・インダクタンスが大きすぎる場合にも、電流減衰が遅くなります。

コイル電流の設定値が高すぎる場合も、同様な現象が起きます。BEMFの適切な測定タイミングをFigure 21に示します。これを見ると、次のマイクロステップの前に電圧過渡応答フェーズが終了してい

ます。Figure 22は、コイル電流が2倍(他の動作パラメータはすべて同じ)の場合はどうなるかを示しています。この場合、コイル電流の減衰速度はFigure 21と同じですが、コイル電流はFigure 21よりも高い電流値から電流ゼロまで減衰する必要があるので、時間が長くかかります。このため電圧過渡現象フェーズの開始が遅れて(コイル電圧が $V_{BB} + 0.6$ Vにクランプされている時間が長くなる)、次のマイクロステップまでに終了しません。Figure 23にMinSamplesでのこの問題の解消方法を示します。

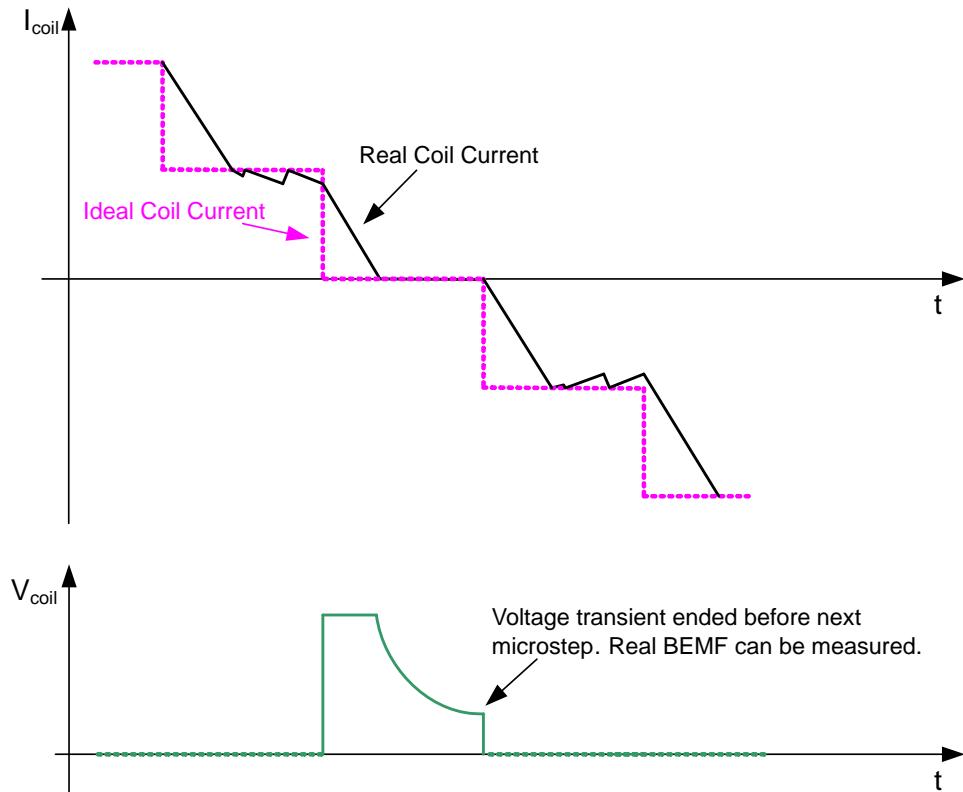


Figure 21. Correct BEMF Measurement

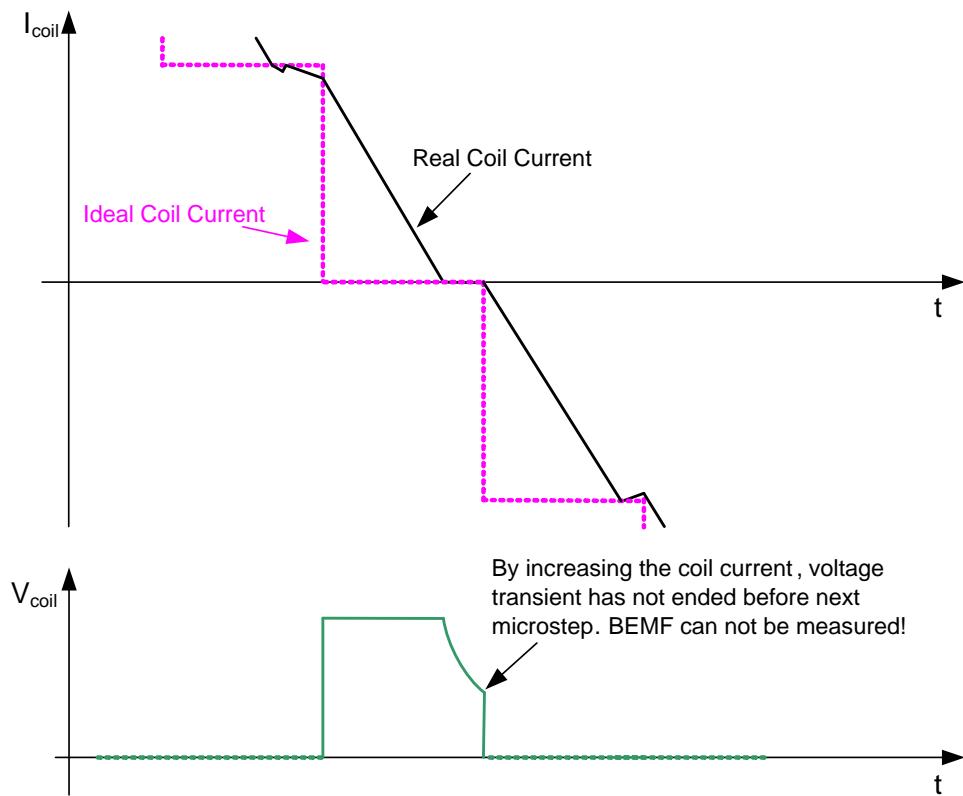


Figure 22. Incorrect BEMF Measurement Due to Too High Coil Current

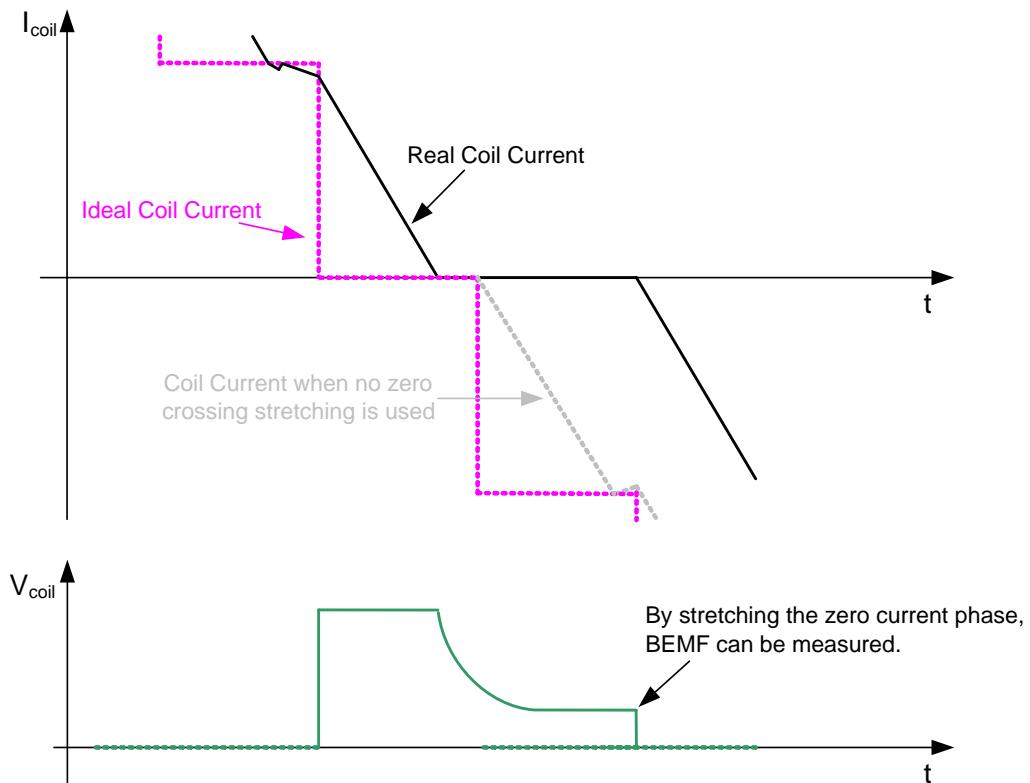


Figure 23. Correct BEMF Measurement at High Coil Current

コイル電流ゼロ・クロス期間を延長してもモータのスピードには影響はないが電流波形には影響するので、モータ性能にも影響が及ぶことを認識してください。

デューティ・サイクルが100%の場合

AMIS-30623/AMIS-30624/NCV70627は、100% PWMデューティ・サイクルが検出されたときにはストール検出を実行しません。これはストール検出の誤作動を招くおそれがあるからです。

Figure 24は100%デューティ・サイクルの例です。ゼロ・クロス期間中はコイルに電流が残っています。そのためBEMFは測定できません。

Figure 25は100%デューティ・サイクル時のオシロスコープ波形です。この100% PWMデューティ・サイクルがモータ・ドライバによって検出されるので、次のゼロ・クロスのときにはストール検出が実行されず、フォールズ・ストールの誘発が防止されます。

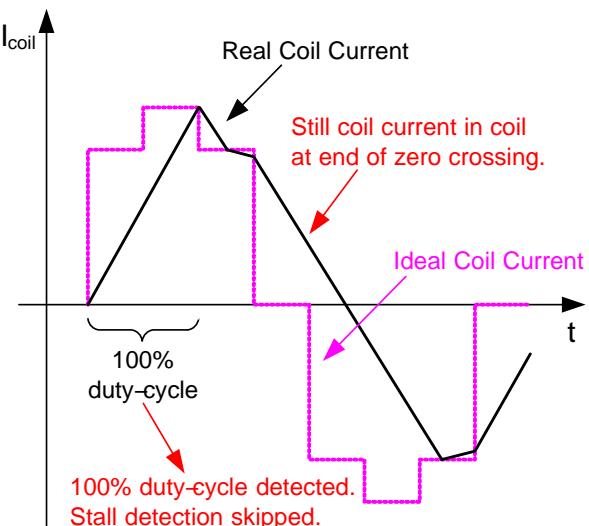


Figure 24. 100% PWM Duty Cycle

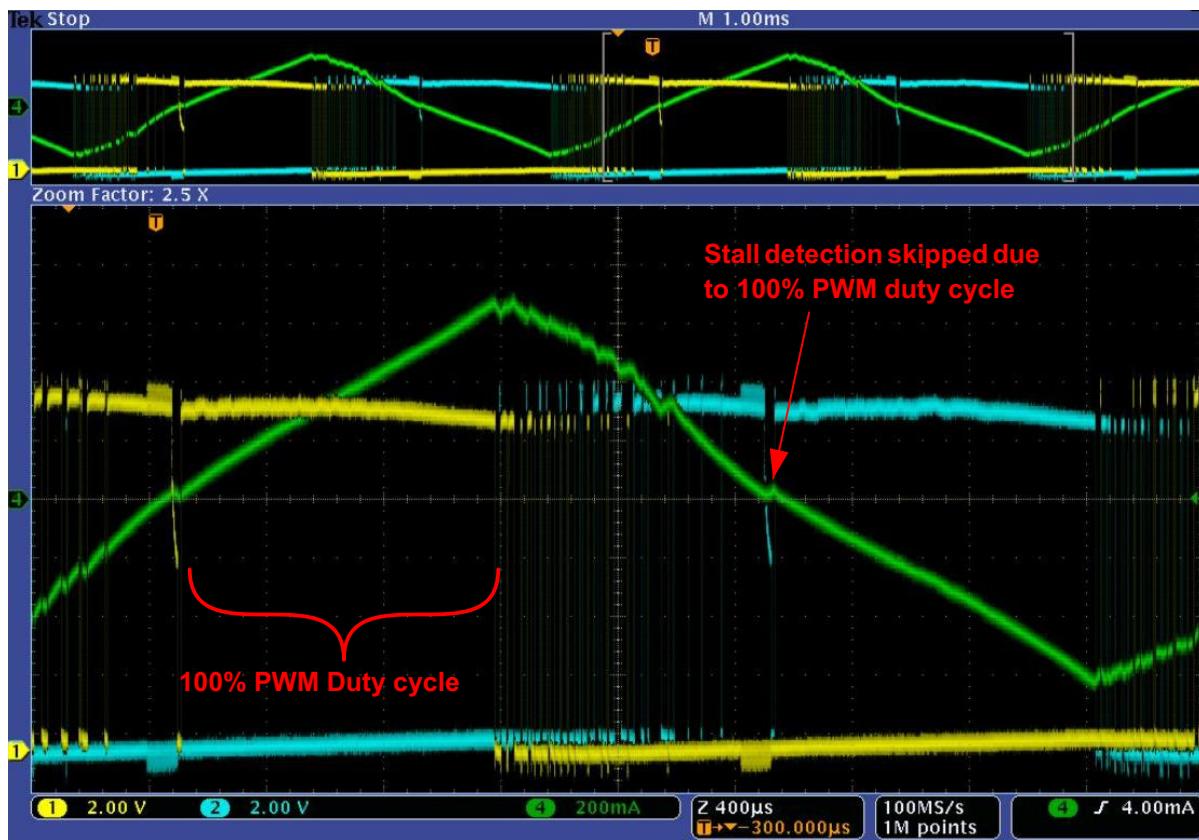


Figure 25. Oscilloscope Plot of 100% PWM Duty Cycle

MinSamplesを使用してゼロ・クロス期間を延長すれば、BEMFを正確に測定できる長さまでゼロ・クロス期間を延長することができます。

Figure 26では、MinSamplesを増やしてゼロ・クロス期間を延長しています。BEMFを測定するのに十分な長さまでゼロ・クロス期間を延長しても、100% PWMデューティ・サイクルが検出されるので、モー

タ・ドライバはストール検出を実行しません。しかしDC100StEnビットを設定すれば、ストール検出はいつでも有効にできます。これによりストール検出の感度は改善されますが、MinSamplesでゼロ・クロス期間を十分な長さまで延長できる場合のみこれが可能です(「BEMF測定遅延時間(MinSamples)」を参照)。



Figure 26. Oscilloscope Plot of 100% PWM Duty-Cycle

100% デューティ・サイクル検出中にストール検出を無視しても、必ずしもストールを検出できないことがあります。100% デューティ・サイクル中にモータがブロックされた場合、BEMFは0 Vに低下します。このためコイルの電圧降下が大きくなり、電流スロープが急峻になります。これにより、ほとんどの場合はデューティ・サイクルが100%未満になるので、ストール検出が再度有効になります (Figure 27)。AbsThrが設定されている場合はストールが検出されます (BEMFがAbsThrレベルより低下するため)。

電源電圧が非常に低い(低すぎて適切にモータを駆動できない)場合だけは、デューティ・サイクルは100%のままなので、ストール検出は実行されません。

Figure 25および26に示した形でモータを駆動する場合は、モータ性能が影響を受けることを忘れないでください。

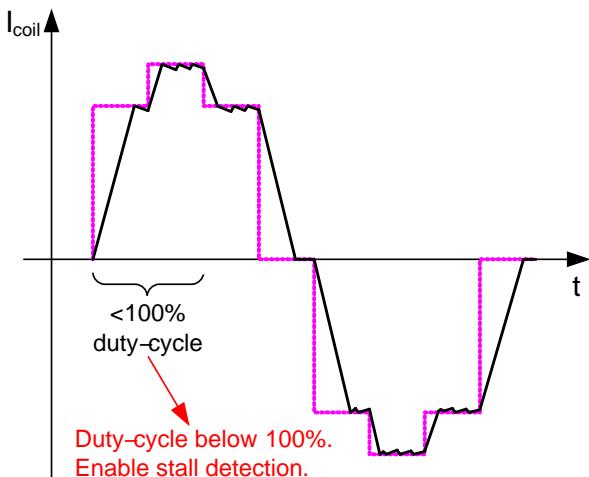


Figure 27. Blocked Rotor Result in Duty-Cycle Below 100%

ストール・パラメータを設定する

この章では、最適なストール・パラメータの設定について順を追って説明します。

ストール検出パラメータは、電源電圧や温度など、あらゆる動作条件下で検証することが非常に重要です。また、モータ単体だけでなくシステム全体のストール・パラメータを設定することも重要です。

(ステッパ)モータ・アプリケーションはその動作範囲内で動作させることが常に重要です。動作範囲を決定するには、システム全構成の特性を評価しなければなりません。システム構成の特性評価については、アプリケーション・ノート[AND8371/D](#)が役立ちます。モータの各種パラメータの設定に関する補足情報は、アプリケーション・ノート[AND8404/D](#)に記載されています。

不適切なパラメータを使用した場合や不安定領域でステッパ・モータを運転した場合は、誤動作を生じ、ストール検出が正しく実行されなくなります。

ストール・パラメータを設定するには、オシロスコープを使用してコイル電圧、コイル電流(電流プローブを使用)、SWI端子電圧を測定する必要があります。本資料に示すどのオシロスコープ波形も、黄色および青色の曲線は1つのコイルで測定されたコイル電圧、緑色の曲線はそれと同じコイルを流れるコイル電流、紫色の曲線はモータ・ドライバのSWI端子で測定された電圧です。

以下の手順は、ユーザにステッパ・モータ・ドライバ自体の使用に関する十分な知識があるものと想定しています。ユーザは作業を進める前に、少なくともAMIS-30623とAMIS-30624の両方またはいずれかのコマンドとパラメータをすべて把握している必要があります。

MinSamplesを設定する

設定する最初のパラメータはMinSamplesです。MinSamplesは、AbsThrとDelThrを設定する前に設定することが非常に重要です。なぜなら、最初に電圧過渡現象ではなくBEMFが測定されることが重要であるためです(「BEMF測定遅延時間(MinSamples)」を参照)。

ステップ1： SetMotorParamコマンドを使用してモータ・パラメータを設定します。適切なモータ・パラメータを使用してください(詳細はアプリケーション・ノート[AND8404/D](#)を参照)。

ステップ2： ストール・パラメータをすべて0x00に設定します。

ステップ3： MinSamplesを設定するには、モータが最大ベロシティ(V_{max})で運転している必要があります。ステッパ・モータが自由に回転できる(機械的エンド・ポジションがない)場合は、RunVelocityコマンドを使用してください。

ステッパ・モータが自由に回転できない(機械的エンド・ポジションがある)場合は、SetPositionコマンドを使用します。機械的エンド・ポジションに衝突しない2つのポジションの間に来るまでロータを動かしてください。 V_{max} に到達するのに十分な時間だけ動かします(Figure 35も参照)。MinSamplesパラメータを設定するのに、SetPositionコマンドを数回実行しなければならないこともあります。

ステップ4： 最大ベロシティ(V_{max})で回転しているときにコイル電圧とコイル電流を測定します。電圧過渡現象が終了するのに要する時間を測定します。MinSamplesは、電圧過渡現象が収まるのに十分かつできるだけ短い時間に設定してください。

Figure 28は、ゼロ電流クロス時のオシロスコープ波形です。ゼロ電流フェーズが終了する前に電圧過渡現象が収まっていることに注意してください。

Figure 29は、Figure 28に示したゼロ電流クロス時の波形を拡大したものです。

Figure 29を見て分かるように、約150 μ sというBEMF測定遅延時間(MinSamples)は適当な値です。MinSamplesが短すぎると、BEMFの代わりに電圧過渡現象が測定され、誤ったストール検出が実行される可能性があります。

Figure 30では、スピード(V_{max})とコイル電流(I_{run})が増大した結果、ゼロ・クロス期間が極端に短くなっています(MinSamplesの設定値は0x00に戻した)。次のマイクロステップを刻む前に、電圧過渡現象が収まっています。MinSamplesを約200 μ sまで長くすれば、ゼロ電流フェーズが長くなり、BEMFを測定できます(Figure 31を参照)。

AND8471/D



Figure 28. Oscilloscope Plot of Zero Current Crossing

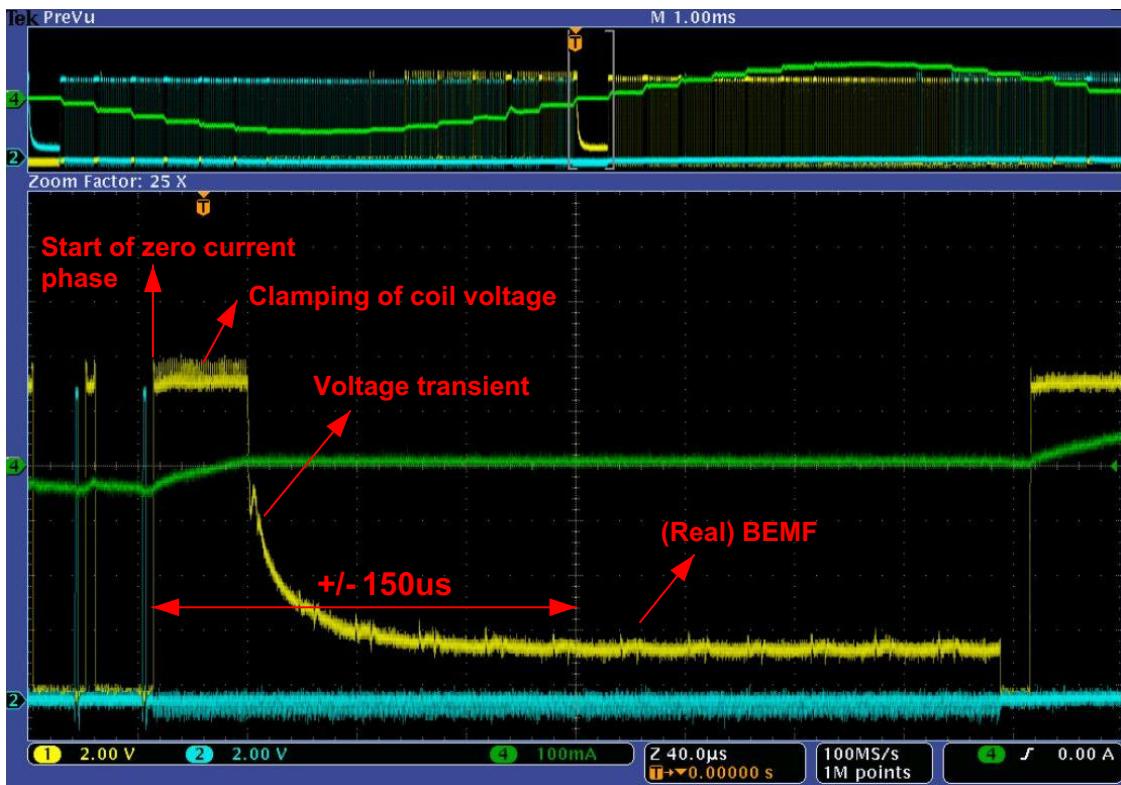


Figure 29. Zoom on Zero Current Crossing

AND8471/D

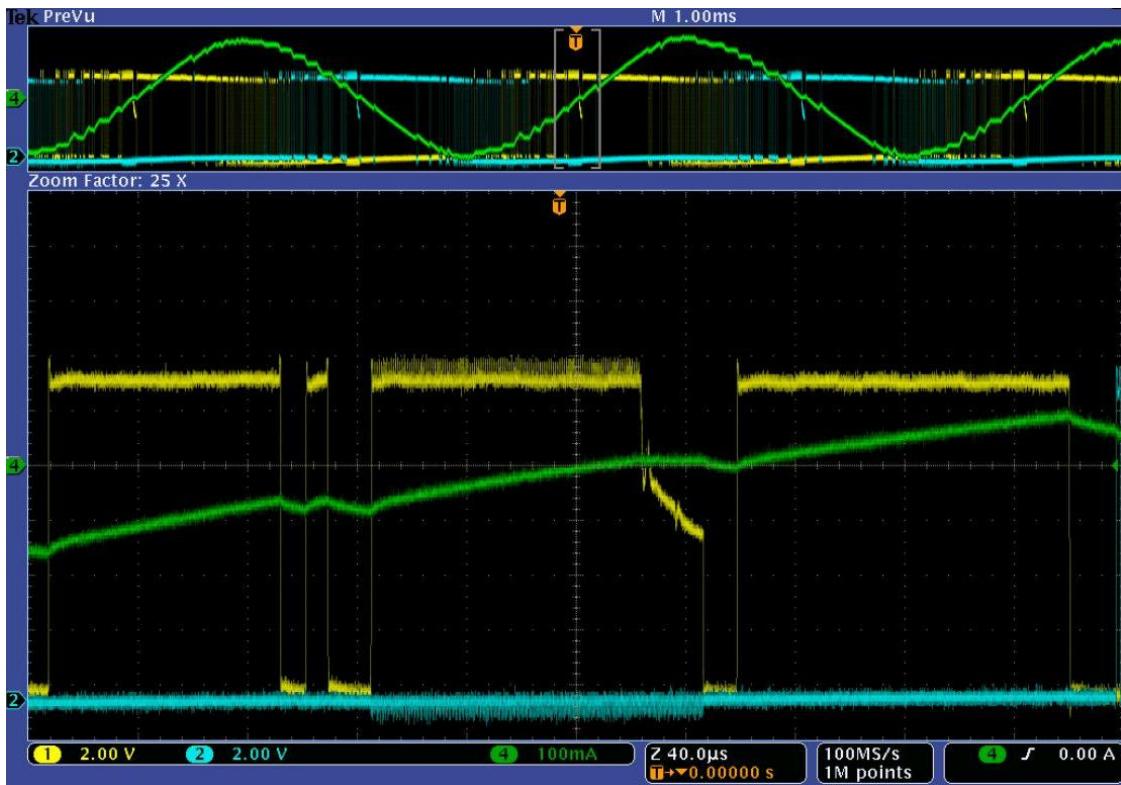


Figure 30. Too Short Zero Crossing

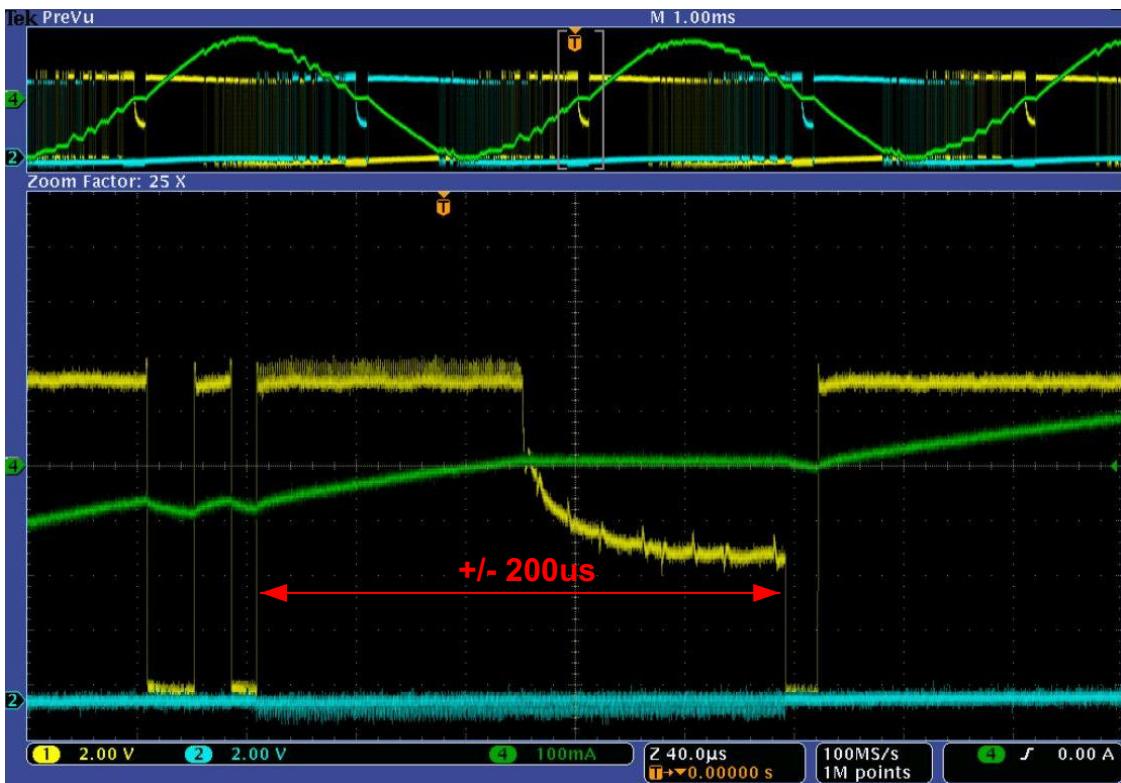


Figure 31. Zero Current Stretched

FS2StallEnを設定する

FS2StallEnは、AbsThrおよびDelThrを設定する前に設定することをお勧めします。これを行うには以下の手順に従ってください。

- ステップ1：MinSamplesを設定するとき取得したパラメータと同様に、各モータ・パラメータを設定します。
- ステップ2：前のセクションで設定したMinSamplesを除き、すべてのストール・パラメータを0x00に設定します。
- ステップ3：TestBEMFコマンドを送信します。このコマンドによって、モータ・ドライバのBEMFインテグレータがSWI端子に出力されます。これを使用するとモータのBEMFを観測できます。詳細はモータ・ドライバのデータシートを参照してください。
- ステップ4：FS2StallEnを設定するには、加速フェーズがいつ終了するのかを知らなければなりません。加速フェーズの持続期間に相当するフル・ステップ量は、次式で計算できます。

$$Nsteps = \frac{V_{max}^2 - V_{min}^2}{2 \times Acc}$$

- ステップ5：SetPositionコマンドを実行し、加速フェーズ中および最大ベロシティ・フェーズ開始時のBEMFをSWI端子で観測します。

Figure 32はSWI端子で観測されたBEMFのオシロスコープ波形です。次の設定値が取得されました。

$$V_{max} = 395 \text{ FS/s}$$

$$V_{min} = 48 \text{ FS/s}$$

$$Acc = 19092 \text{ FS/s}^2$$

これにより、加速フェーズは約4フル・ステップになります。加速が急なためBEMFが遅れつあることに注意してください(つまり加速フェーズが終了してもBEMFはその最大レベルに達しない)。BEMFが(最大)レベルにあるときだけストール検出を有効にするのが最良なので、この例ではFS2StallEnは7フル・ステップに設定するとよいでしょう。BEMFがロータの実際の動きを表していることを忘れないでください。BEMFが遅れている場合、ロータの実際のベロシティも要求される(理論的)ベロシティより遅れているということです。

Figure 33では、加速値が6228FS/s²まで下がっています。この場合、加速フェーズは12フル・ステップを要します。

BEMFがそれほど遅れていないことに注目してください。MinSamplesは3フル・ステップに設定できます。

Figure 34は悪い加速の例です。高いベロシティまで急激な加速をしているため、かなりのオーバーシュートが生じています。この場合は加速度を下げるのが最良の方法です。それができない場合は、FS2StallEnを最大値(7フル・ステップ)に設定します。ただし、この場合はストール検出の精度が低下することに注意が必要です。また、BEMFがロータの実際の動きを表していることも忘れないでください。BEMFにオーバーシュートが見られる場合は、ロータの実際の動きにもオーバーシュートが発生しています。

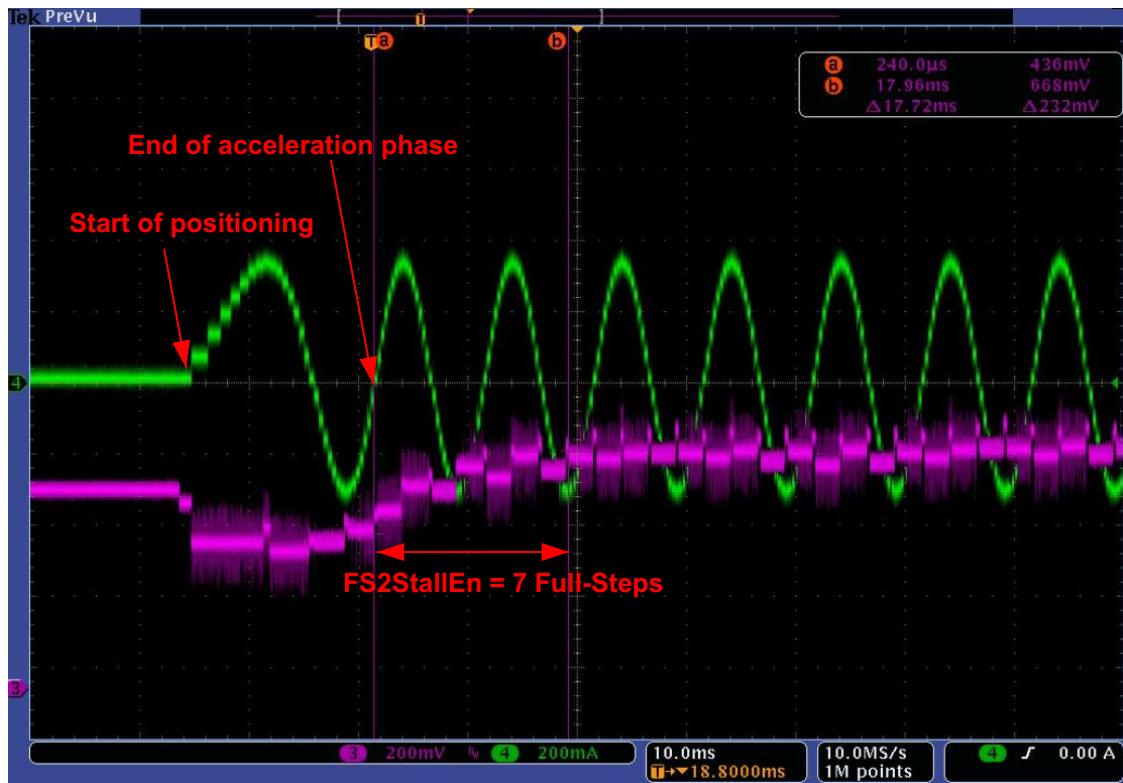


Figure 32. Observation of BEMF on SWI-Pin

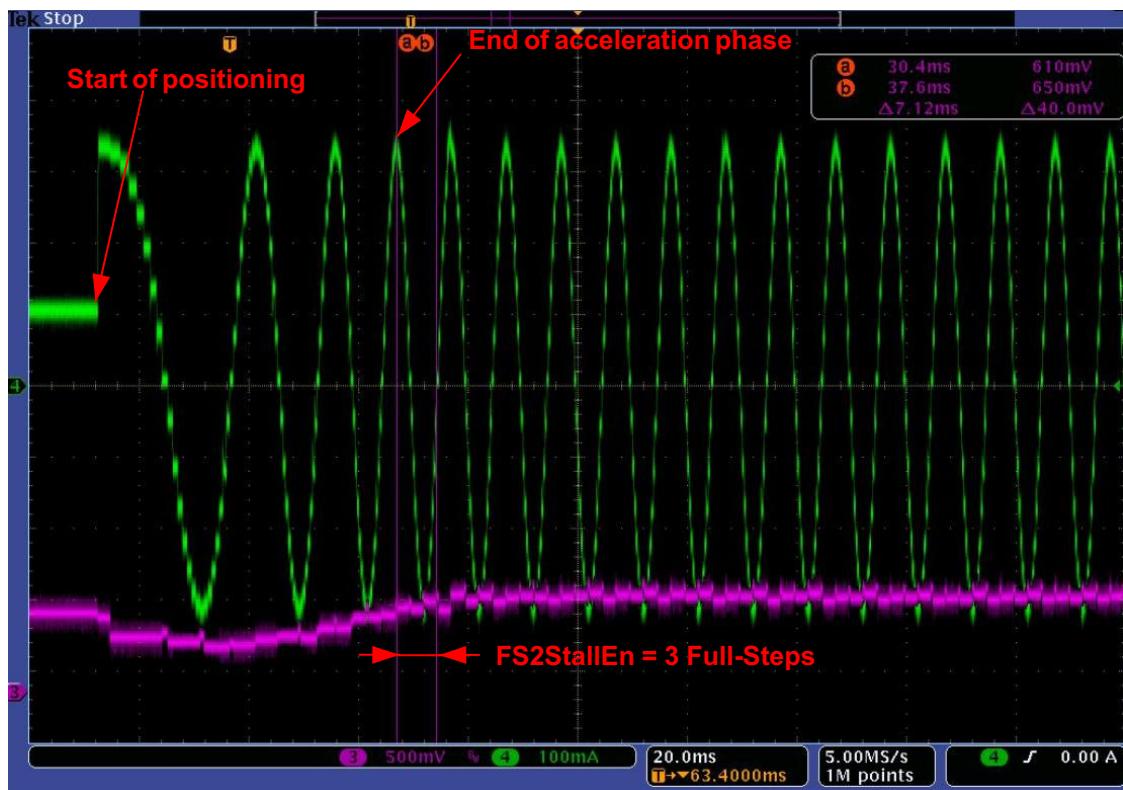


Figure 33. Slower Acceleration Results in Less Lagging Behind of the BEMF



Figure 34. Too Fast Acceleration Results in Overshoots

AbsThrを設定する

以下の手順に従って絶対閾値(AbsThr)を設定します。

ステップ1：MinSamplesを設定するときに取得したパラメータと同様にモータ・パラメータを設定します。

ステップ2：先の手順で設定したMinSamples、FS2StallEnの2つを除くすべてのストール・パラメータを0x00に設定します。

ステップ3：ステップパ・モータが自由に回転できる(機械的エンド・ポジションがない)場合は、RunVelocityコマンドを送信し、ステップ4aに進んでください(ステップ4bは実行しない)。

ステップパ・モータが自由に回転できない(機械的エンド・ポジションがある)場合は、SetPositionコマンドを使用します。AbsThrパラメータを設定するには、機械的エンド・ポジションに衝突しない2つのポジションの間に来るまでモータを動かします。動かす時間はストール検出が有効になるのに十分な時間でなければなりません。位置決めとして適切なのは、Figure 35の紫色の曲線です。灰色の曲線は位置決めの時間が短すぎます。

ステップ4bに進んでください。

ステップ4a：最大ベロシティ(V_{max})で回転中にAbsThrの値を1だけ増やします。モータがまだ回転している場合は、再度AbsThrを増やします。この作業は、エンド・ポジションに衝突することなくモータがストールする(フォールズ・ストール)まで続けます。フォールズ・ストールが検出される場合は、AbsThrの設定値が高すぎます。可能ならAbsThrの設定が適切になるように、(16進)値を2だけ減らします。Figure 36も参照してください。

FS2StallEnの最適値は「FS2StallEnを設定する」で既に設定しましたが、加速後の発振がフォールズ・ストールを招く可能性は残ります。SetPositionコマンドを実行し、モータが正しく動作したかどうか確認してください。正しくなかった場合は、発振によってAbsoluteストール(絶対値判定ストール)が発生したということです。SetPositionが正しく実行されるまで、AbsThrを減らすかFS2StallEnを増やします。

ステップ4b：AbsThrを最小値(0.5 V)に設定し、SetPositionを実行します。モータの動きが正常に完了した場合は、AbsThrを1だけ増やしてSetPositionを繰り返します。この作業はエンド・ポジションに

衝突することなくストールが検出される(フォールズ・ストール)まで続けます。フォールズ・ストールが検出される場合、AbsThrの設定値が高すぎます。可能ならAbsThrの設定が適切になるように、(16進)値を2だけ減らしてください。この設定はFigure 37を見るとよく分かります。

注：AbsThrを最小値(0.5 V)に設定した場合でもモータがストールする場合は、BEMFが小さすぎるのでストール検出は使用できません。より大きなBEMFが発生するステッパ・モータを使用するか、今のモータをより速いスピードで動かします。ステッパ・モータで十分大きなBEMF(0.5 Vより高い)が発生しても、オーバーシュートのためにAbsoluteストールが起こることがあります。観測方法につ

いては「FS2StallEn設定する」(23ページ)を参照してください。フリー・ラン・モータ(エンド・ポジションのないモータ)のストール・パラメータは、SetPositionコマンドを使用して設定することができます(非フリー・ラン・ステッパ・モータに使用する場合と同様)。「差分閾値(DelThr)」(7ページ)のところで示したように、場合によっては、AbsThrを最小値(0.5 V)に設定しておいて、回転スタート時にロータがブロックされているかどうかを検出するためだけにAbsThrを使用するのが良い場合もあります。回転中にロータがブロックされたことを検出するにはDelThrを使用します。

Absoluteストールが発生したかどうかを検出するには、GetFullStatus(2)コマンドを使用できます。

ヒント：

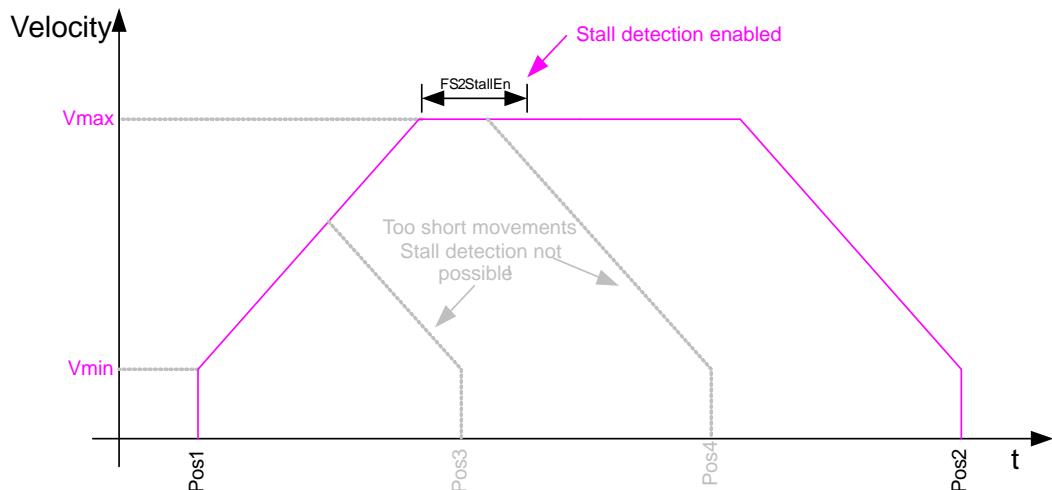


Figure 35. Define AbsThr by Using SetPosition Command

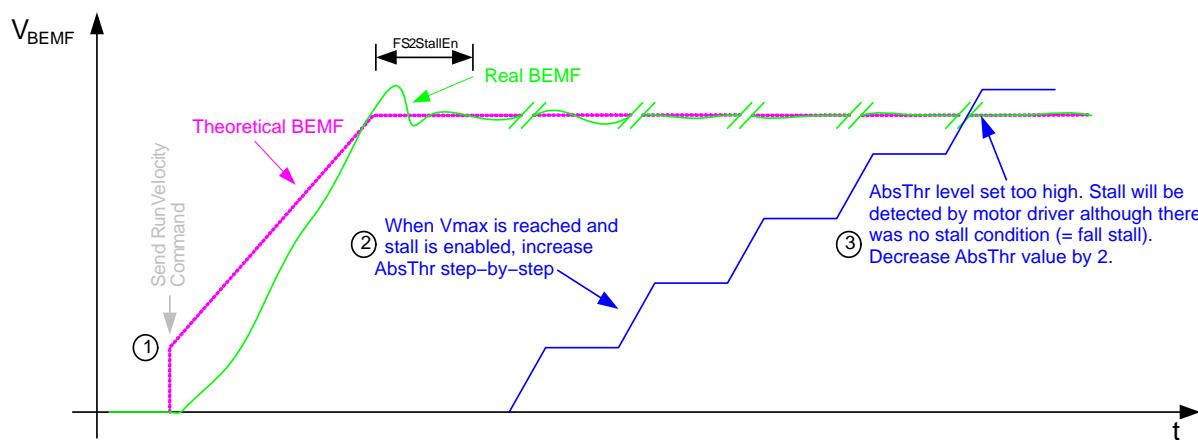


Figure 36. Define AbsThr For a Free Running Motor

AND8471/D

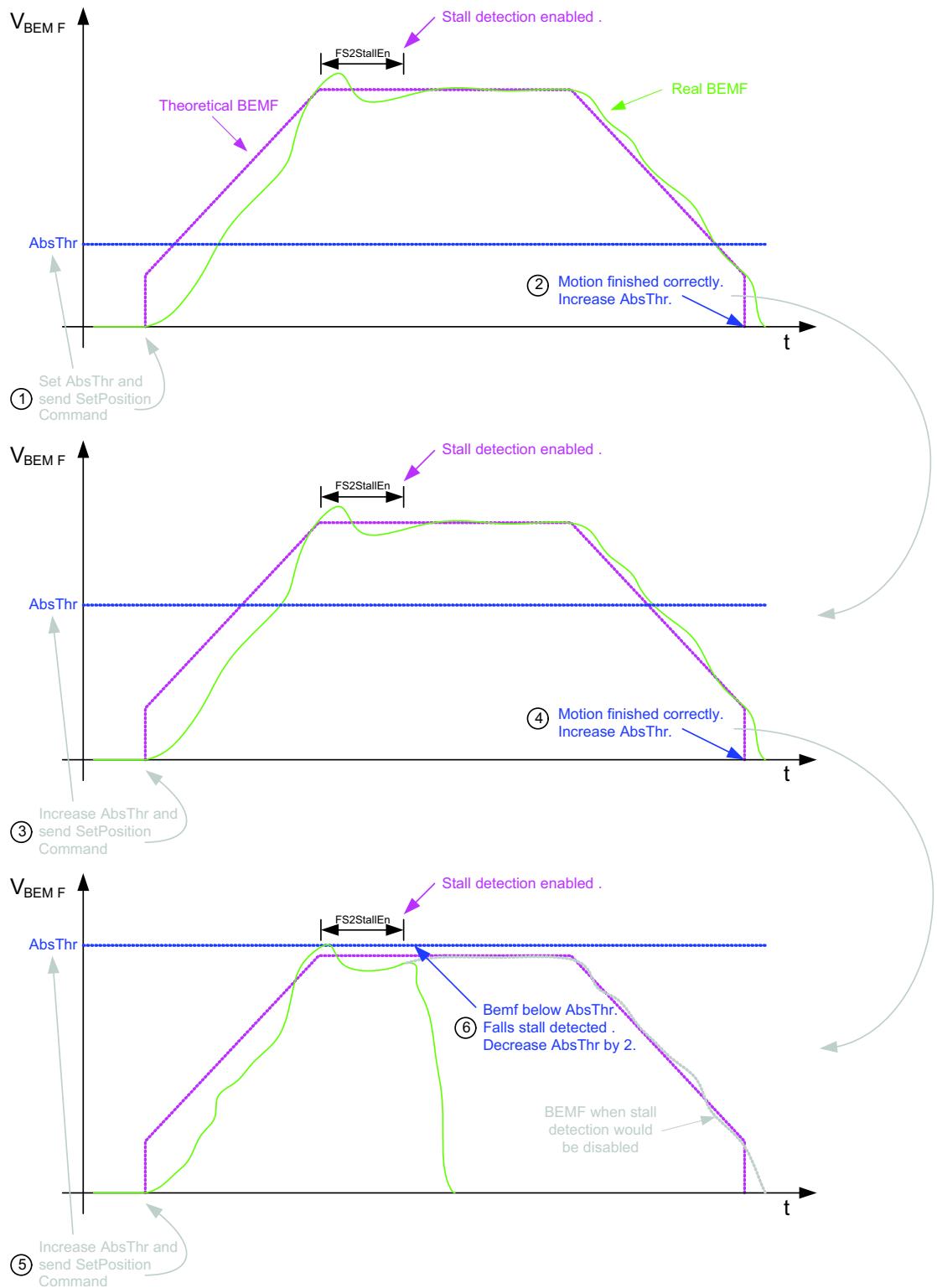


Figure 37. Define AbsThr for a Non-Free Running Motor (End Positions)

DelThrを設定する(NCV70627には適用されない)

以下の手順に従って差分閾値(DelThr)を設定します。
ステップ1： MinSamplesを設定するときに取得したパラメータと同様にモータ・パラメータを設定します。

ステップ2： 先の手順で設定したMinSamples、FS2StallEn、AbsThrの3つを除くすべてのストール・パラメータを0x00に設定します。

ステップ3： ステッパ・モータが自由に回転できる(機械的エンド・ポジションのない)場合は、RunVelocityコマンドを送信し、ステップ4aに進みます(ステップ4bは実行しない)。

ステッパ・モータが自由に回転できない(機械的エンド・ポジションがある)場合は、SetPositionコマンドを使用しなければなりません。

AbsThrパラメータを設定するには、機械的エンド・ポジションに衝突しない2つのポジションの間に来るまでモータを動かさなければなりません。動かす時間はストール検出が有効になるのに十分な時間でなければなりません。位置決めとして適切なのは、Figure 35の紫色の曲線です。

灰色の曲線は位置決めの時間が短すぎます。

ステップ4bに進んでください。

ステップ4a： 最大ベロシティ(V_{max})で回転中にDelThrを最大値に設定します。まだモータが回転している場合は、DelThrを減らします。この作業は、エンド・ポジションに衝突することなくモータがストールする(フォールズ・ストール)まで続けます。フォールズ・ストールが検出される場合は、DelThrの設定幅が狭すぎます。

可能ならDelThrの設定が適切になるよう、(16進)値を2だけ増やします。

Figure 38も参照してください。

FS2StallEnの最適値は前のセクションで既に設定しましたが、加速後の発振がフォールズ・ストールを招く可能性は残ります。setPositionコマンドを実行し、モータが正しく動作したかどうか確認してください。正しく動作しなかった場合は、発振によってDeltaストール(差分値判定ストール)が発生したということです。setPositionが正しく実行されるまで、DelThrを増やすかFS2StallEnを増やします。

ステップ4b： DelThrを最大値に設定し、setPositionを実行します。モータの動きが正常に完了した場合は、DelThrを1だけ減らしてsetPositionを繰り返します。この作業は、エンド・ポジションに衝突することなくストールが検出される(フォールズ・ストール)まで続けます。フォールズ・ストールが検出される場合は、DelThrの設定値が高すぎます。可能ならDelThrの設定が適切になるように、(16進)値を2だけ増やします。この設定はFigure 39を見るとよく分かります。

DelThrを最大値に設定したときでもモータがストールする場合は、BEMFの振動が激しすぎることです(ロータの実際の動きも激しい)。この原因として考えられることは、加速が急激すぎる、またはモータが不安定領域内で動作していることです。観測方法については「FS2StallEnを設定する」を参照してください。

フリー・ラン・モータ(エンド・ポジションのないモータ)のストール・パラメータは、setPositionコマンドを使用して設定することもできます(非フリー・ラン・ステッパ・モータに使用する場合と同様)。

Deltaストールが発生したかどうかを検出するには、GetFullStatus(2)コマンドを使用できます。

注：

ヒント：

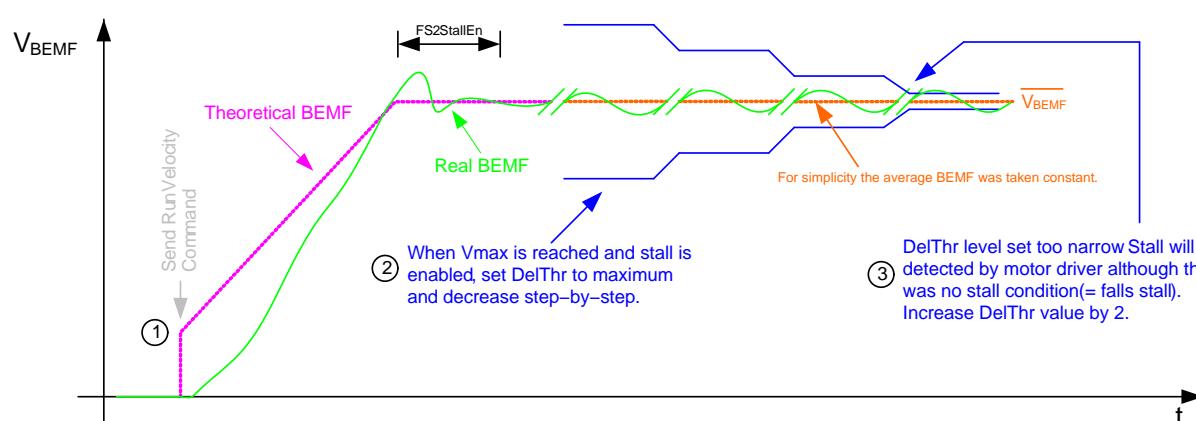


Figure 38. Defining DelThr for a Free Running Motor (Not Applicable for the NCV70627)

AND8471/D

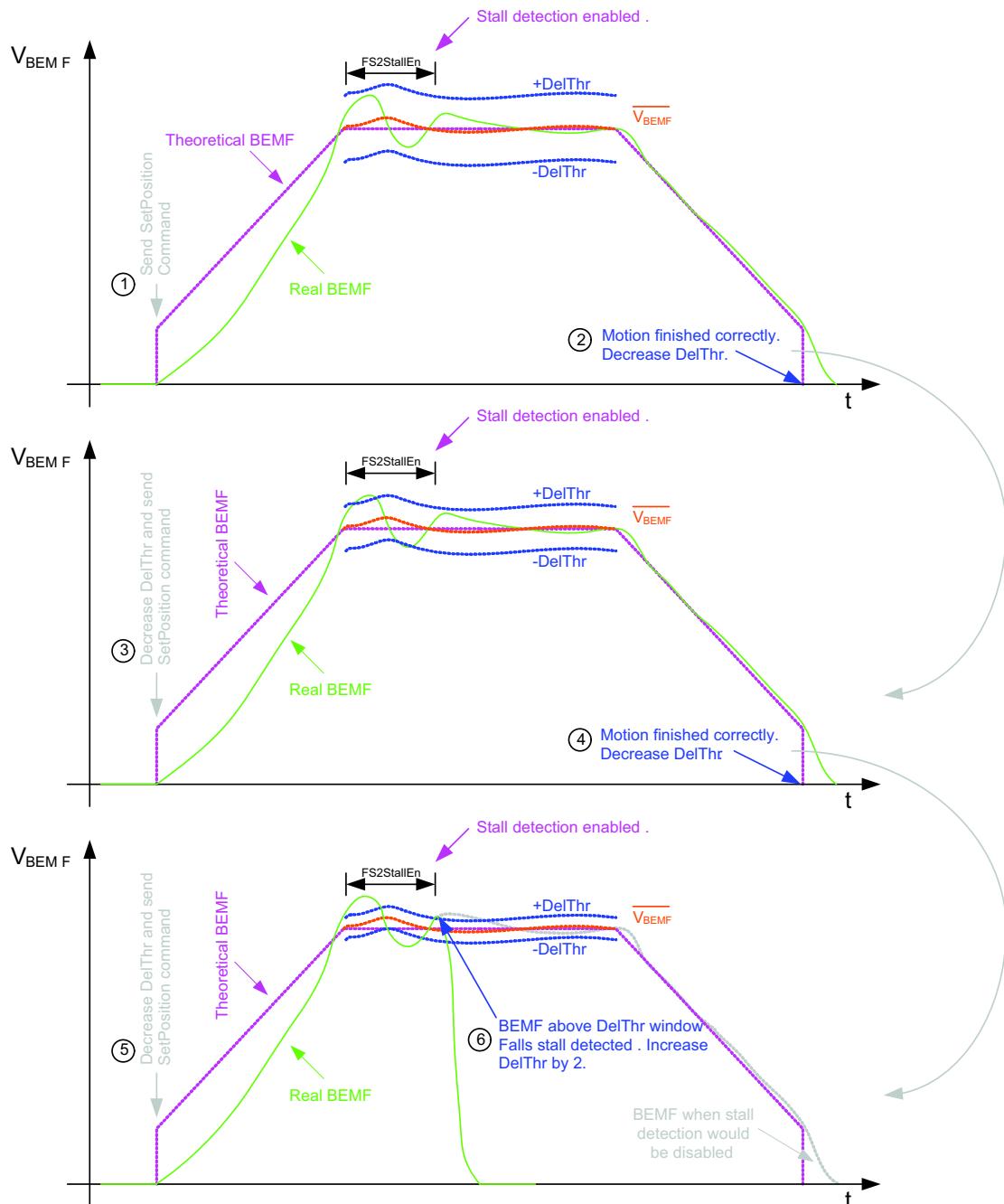


Figure 39. Define $DelThr$ for a Non-Free Running Motor (Not Applicable for the NCV70627)

DC100StEnを設定する

電源電圧や温度などのあらゆる条件下で正しくBEMFを測定できる場合は、DC100StEnビットを有効にしてください。これにより、ゼロ・クロスするたびにストール検出が実行されます。

MinSamplesを十分長く延長できない場合や特定の条件でBEMFを測定できない場合は、DC100StEnビ

ットをクリアしてください。こうすれば、100% PWMデューティ・サイクルが認識された場合はストール検出が実行されないので、フォールズ・ストールが防止されます。

参考資料

- [1] Data Sheet [AMIS-30623/D](#)
- [2] Data Sheet [AMIS-30624/D](#)
- [3] Data Sheet [NCV70627/D](#)
- [4] Application Note [AND8371/D](#), Stepper Motor Resonance Measurement Setup with the AMIS-3052x/NCV7052x Evaluation Kit.
- [5] Application Note [AND8404/D](#), AMIS-3062x Micro-Stepping Motor Driver Family, Robust Motion Control Using the AMIS-3062x.

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておりません。また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあります。実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起こり得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておりません。また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、または未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada

Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local
Sales Representative