

Application Brief

ログ アンプによるアーク障害検出の改善



Nathan Nohr

概要

アーク障害検出では、アーク放電の危険な状況のシグネチャを、ノイズの多いさまざまな負荷条件やブラシ付きモーターなどの制御されたアーク状況と区別する必要があります。アーク放電は、絶縁障害または配線の接続不良の場合に発生し、導体間のギャップが十分に近くなると、電子がギャップを横切ってジャンプできるようになります。

アーク放電信号は、このギャップ電圧がギャップ全体でイオン化するために必要なレベルに達したときに、電流の瞬間的なステップとして開始されます。イオン化伝道パスが電流パスを形成すると、イオン化アークに時変抵抗が発生します。これにより、広帯域周波数の変動の振幅が負荷電流よりも 40 ~ 60dB 小さくなります。

アーク発火時の最初のスパイクは、リレー切り替えまたは調光器のように見える場合があります。スイッチ モード電源とブラシ付きモーターは、アークシグネチャと同様に、ノイズの多い負荷状況を発生させます。したがって、制御されたアークと制御されていないアークを区別するために、信号のオーバーラップが少ない場合、より高い周波数の情報を使用することが有用です。アークシグネチャのノイズは、1MHz から最大 20MHz まで拡張され、負荷ノイズシグネチャのほとんどが低減されます。

この信号をデジタルでサンプリングして処理を行うには、20MSPS を上回るサンプル レートと、データをリアルタイムでフィルタリングするのに十分な処理帯域幅を備えたマイコンが必要です。アーク検出システムのもう 1 つの課題は、アーク電流の範囲が複数桁の大きさになることです。たとえば、UL1699 では 5A ~ 500A の割り込みが必要です。

この課題を解決するために、このアプリケーションではログ検出器を使用することが推奨されます。これは、受信した高周波をエンベロープし、受信信号の振幅に基づいて DC / 低周波数信号を出力する能力があるためです。高周波数をダウンコンバートする能力に加えて、80 ~ 90dB のダイナミックレンジの検出と低入力電圧の感度の組み合わせにより、このようなログ検出器はこのアプリケーションに好適です。40MHz の帯域幅と 98dB のダイナミックレンジを持つ LOG300 は、この処理を行い、受信した高周波アーク信号の振幅まで出力を対数的にスケーリングします。

図 1 に、ブラシ付きモーター バキュームを示します。ここでは、モーター内のブラシが回転すると、通常のアーク放電がわずかに発生します。3D プロットは、1 ~ 30MHz 周波数にわたる電流の大きさと、0 ~ 40 ミリ秒の時間 (2 サイクル) を示しています。ブラシ付きモーターを使用した通常動作では、15MHz と 5MHz に小さなほぼ一定のピークがあります。

図 2 に、アークが連続する真空モーターを示します。8.3 ミリ秒 (60Hz の半周期) ごとに、アーク発火から顕著なピークが生じる一方、ベースのノイズ レベルはわずかに高くなっています。この場合、ノイズ フロアは電流の測定に使用するプローブからのものです。次のセクションでは、アーク検出用のログ検出器を使用してこの高いピーク ノイズと低レベルのベース ノイズを抽出する回路の明確な設計を示します。

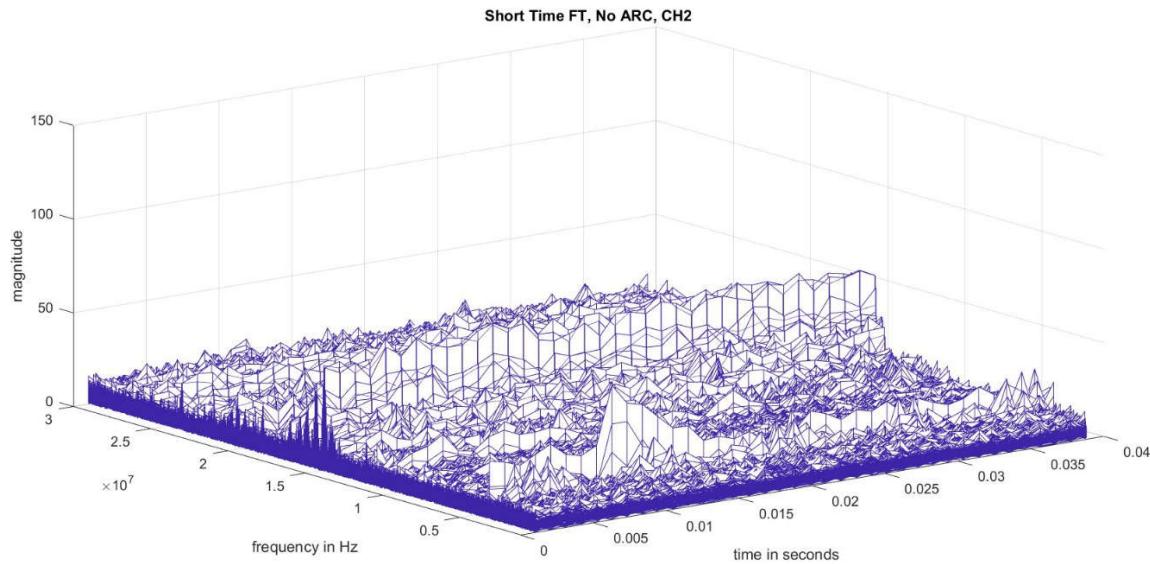


図 1. バキューム負荷通常動作

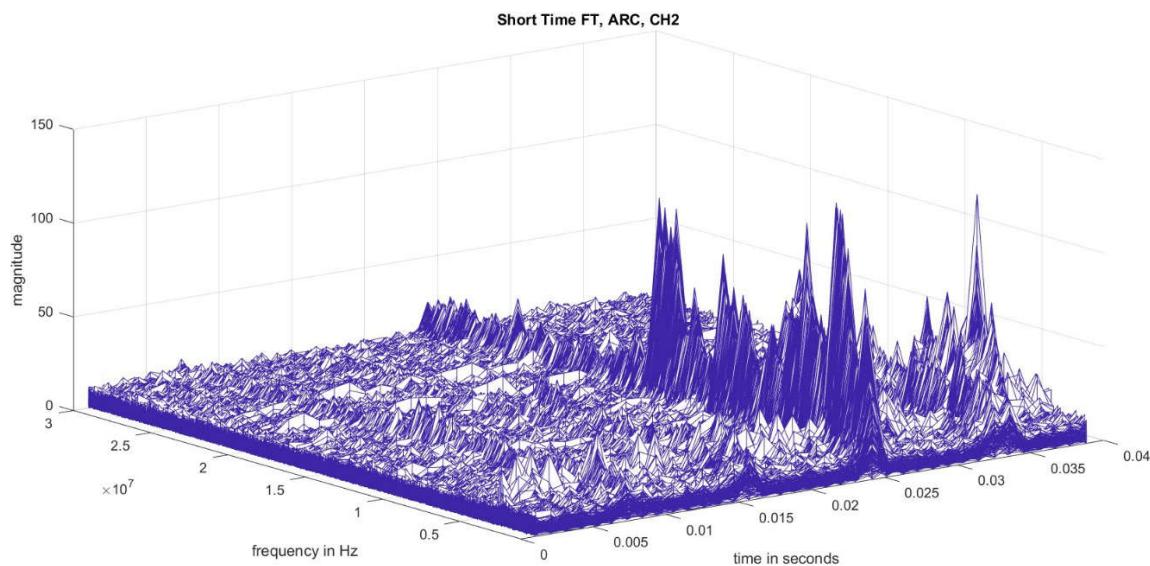


図 2. アーク放電のある真空モーター

LOG300 を使用したアーク検出の例

図 4 に、TIDA-010971 アナログ フロント エンドと UL1699 で定義されているアーク ジェネレータを使用して収集されたアーク放電データの例を示します。この TI リファレンス デザインは、高精度オペアンプ TLV387 を使用して、広帯域幅の PCB di/dt 電流センサを統合しています。また、このリファレンス デザインは、低ノイズ アンプの入力段とログ対数検出器を搭載した LOG300 AFE を採用しています。10MHz パッシブ フィルタによりほとんどの負荷ノイズが除去されるため、LOG300 の出力は標準的な負荷に対してほぼ一定です。10MHz 周波数が流れるアーク事象中に、LOG300 の出力は、印加された入力のエンベロープとして対数的に応答します。エンベロープ出力は非常に低い周波数であるため、このデータは非常に低いサンプル レートとマイコン 帯域幅の要件でサンプリングして処理することができます。

軽調光器などの非正弦波負荷荷重に対しても、LOG300 は通常の動作から明確に分離できる信号を提供します。回路および負荷インピーダンスはさまざまであるため、単純な線形アルゴリズムでは汎用アーケ検出に十分ではない場合があります。最も堅牢なアーケ障害検出を実現するためにでは、LOG300 のアナログ出力データを使用して機械学習アルゴリズムをトレーニングし、アーケを分類できます。(EDGE AI Studio で利用可能な例)

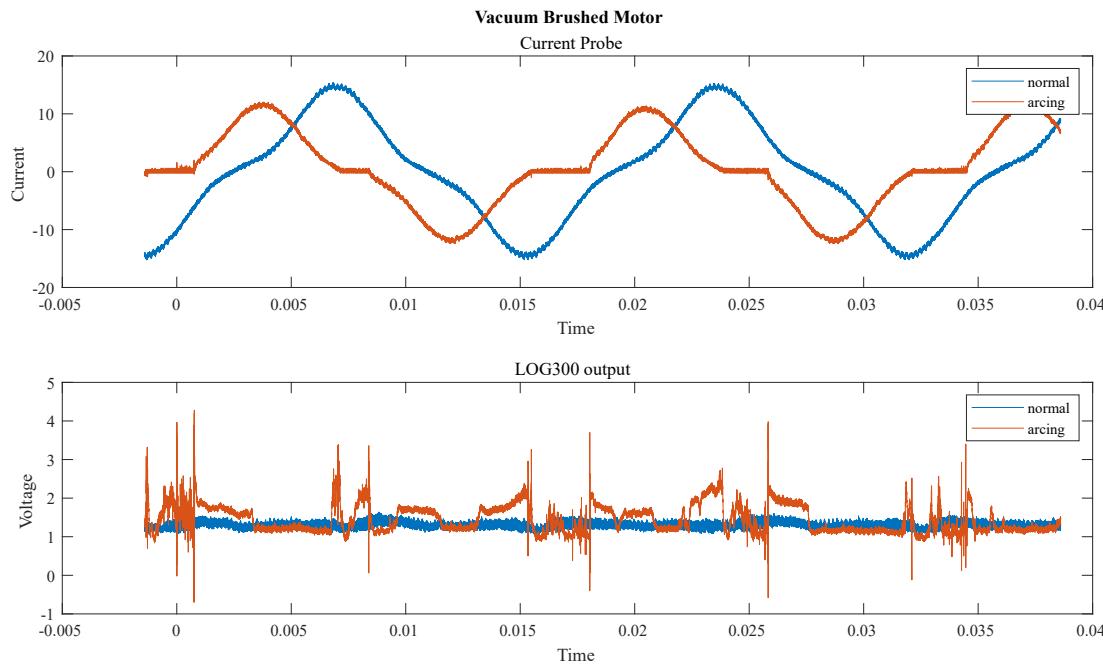


図 3. 真空モーターの通常とアーケ放電の比較

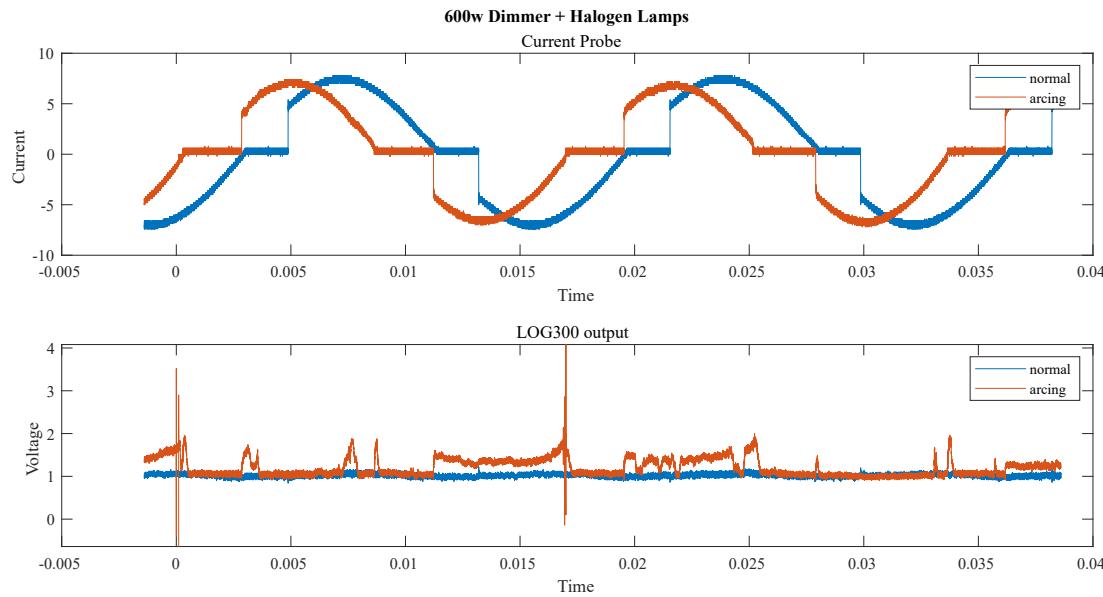


図 4. 調光器の通常とアーケ放電の比較

商標

すべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。

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、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 © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月