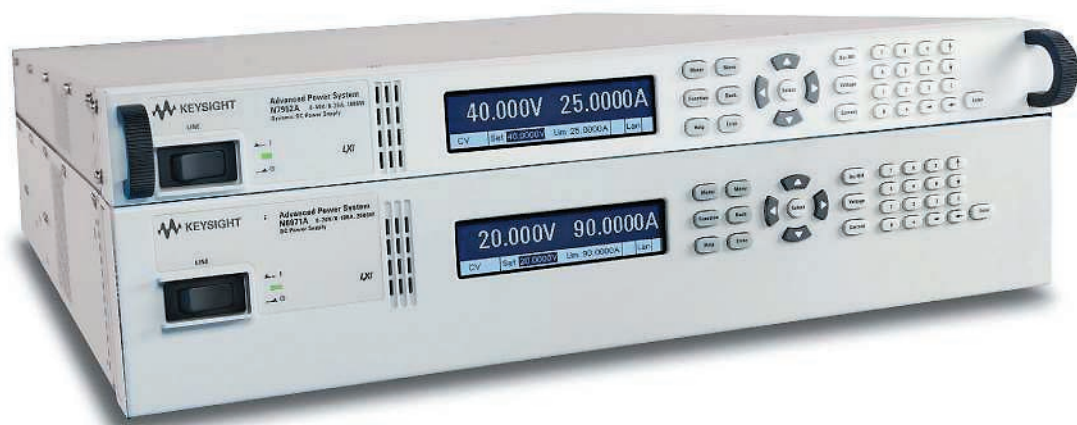


Keysight Technologies

# DC突入電流の評価とチューニングの方法

Application Brief



## はじめに

突入電流は入力サージ電流とも呼ばれ、デバイスの電源を最初にオンにしたときに流れる瞬間的な大きなサージ電流のことです。突入電流は、入力に大きな並列容量があるデバイス(DC-DCコンバーターなど)や、過渡条件でインピーダンスが極端に低くなるデバイス(電気モーターなど)によく見られます。突入電流は、デバイスの定常電流の数倍の大きさになることがあります。例えば、一部の電気モーターの突入電流レベルは、定常電流レベルの25倍にも達します。

突入電流を評価するには、デバイスの突入電流を高分解能でデジタイズしたプロファイルを取得するか、単に信頼できるピーク電流測定値を捕捉します。突入電流の従来の評価方法では、電源、デジタイザまたはオシロスコープ、電流シャントまたは電流プローブを組み合わせて使用していました。このアプリケーションでは、最新の高性能電源を使用した突入電流の評価手法を紹介し、従来の手法と比較します。

### 事例

自動車会社が、電子制御ユニット(ECU)のテストのためのテストシステムを更新しようとしています。エンジニアリングチームは、テストプランを精査して、テストの信頼性を損なわずに、スルーブットを改善し、テストシステムの複雑さを減らす方法を探しています。改善の候補として、突入電流測定が見つかりました。システムは現在、電源、電流シャント、デジタイザ、スイッチングを使用して、突入電流の測定を自動化しています。このセットアップをKeysight N7951Aアドバンスド・パワー・システムに置き換えることが決定されました。N7951Aは、高分解能デジタイザを内蔵した高速電源です。N7951Aを使えば、単一の測定器でソリューションを構築し、テストの高速化、テストシステムの複雑性の低減、従来の突入電流測定方法よりも高い確度を実現できます。



## 突入電流の評価手法

突入電流の評価が多くのテストアプリケーションに必要な理由：

- デバイス保護：突入電流がデバイスを損傷したり信頼性に影響を与えるレベルに達しないことを確認する必要があります。評価を行うことで、回路ハードウェアの調整や電源オン時の電圧の立ち上がり時間を遅くするなど、突入電流を減らすための方法が必要かどうかを判断できます。
- バッテリードレインおよびサイズ決め：突入電流は非常に大きいので、バッテリーの化学特性と内部インピーダンスによっては、バッテリーの性能に影響を与えることがあります。
- ヒューズまたは回路保護の選択：突入電流は定常電流よりもはるかに大きいので、大電流保護回路は瞬間的な大電流に耐えられる必要があります。

上のリストの最初に挙げたデバイス保護と信頼性という理由を考えると、自動車、航空機、衛星といった信頼性が最も重要な分野のテストで、突入電流の評価が重視される理由が理解できるはずで

前述のように、従来の手法では、電源、デジタイザまたはオシロスコープ、電流シャントまたは電流プローブを組み合わせて使用していました。図1に、突入電流評価のための従来の手法を示します。この図では、電流プローブではなくシャントを使用して電流を測定しています。

図1に示す従来の突入電流評価手法は、簡単にセットアップできるように見えますが、実際にはいくつかの問題があります。

- 高品質の電源が必要です。ワーストケースまたはピーク突入電流を測定するために、高速な電圧の立ち上がり時間が必要だからです。性能が低い電源で高速なレートを実現するには、電源出力と並列にスイッチを追加する必要があります。このセットアップでは、スイッチが開いた状態で電源出力をオンにして、設定電圧レベルまで電源をランプアップさせます。設定電圧レベルに達した後、スイッチを閉じて電圧をDUTに印加します。ただし、スイッチを使用しても問題が起きることがあります。電源の過渡応答性能が低い場合、突入電流が急激に増加すると電源の電圧レベルが低下します。電圧レベルの低下が大きすぎると、DUTのリセット回路が起動される可能性があります。

- 突入電流の動的プロファイルを捕捉する方法の1つは、電流プローブとオシロスコープを使用することです。シャントを使用する場合(次のパラグラフで説明)に対する電流プローブの利点は、測定するのに回路を遮断する必要がなく、回路に対する電気的変更がほとんどないことです。電流プローブ測定の欠点は、ドリフトおよびDCオフセットのために精度が低下することと、手動でのゼロ調整が必要なので、自動化が難しいことです。
- 電流シャントは低コストであり、電流プローブとは異なりドリフトの問題は生じません。シャントの欠点は、回路に挿入する必要があることと、回路を電気的に変更することです。回路が変更されることで、突入電流のプロファイルもわずかに変化し、真の突入電流が得られなくなります。また、電流の急激な上昇から生じる加熱効果により、シャントの温度が上がり、抵抗値が変化するため、ある時点での正確な精度を知ることが困難になります。
- このソリューションには複数の測定ハードウェアが必要なため、1つの統合されたソリューションよりもテストシステムの複雑さが増します。

最新の高性能電源は、測定デジタイザ、高速で調整可能なターンオン電圧の立ち上がり時間、高速な過渡応答、高度なトリガ機能などの機能を備え、突入電流などのパワーに関連したテストと測定の問題の解決に有効です。突入電流を評価するために必要なすべての機能を1台で備え、従来の方法の欠点を解決して、測定精度を上げ、テストの複雑さを減らすことができます。

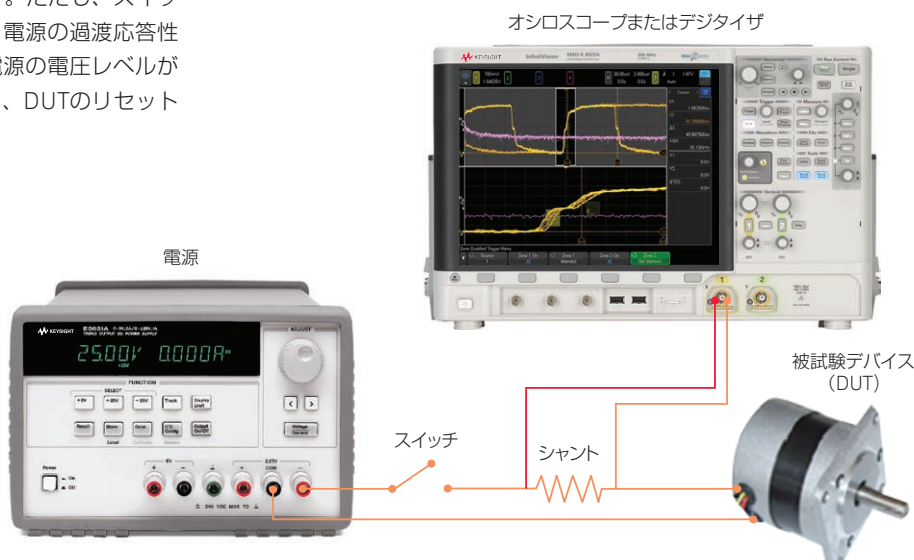


図1. 突入電流評価テストのセットアップ

## 電源による突入電流の評価

DC電気モーターの突入電流測定の例を考えてみましょう。この例では、キーサイトのN7951Aアドバンスド・パワー・システムを使用して、突入電流を評価します。N7951Aは、以下の機能を備えているので、突入電流の評価に最適なソリューションです。

- サンプリングレートが調整可能な電流デジタイザ
- 18ビットの分解能(オシロスコープをはるかに上回る)
- 測定の適切なタイミング設定のためのレベルトリガ
- 定格出力電流の2.25倍の電流レベルを測定する能力

モーターは15 Vで動作し、定常電流は約1.3 Aです。N7951Aの電流デジタイザのサンプリング周期を5  $\mu$ s(200 kSa/s)、サンプリングカウントを20 Kサンプルに設定します。測定トリガは正の電流スロープ、レベルを1 Aに設定します。図2に結果の突入電流プロファイルを、図3にピーク電流のズームイン表示を示します。

N7951Aの内蔵高分解能電流デジタイザを使用すれば、ピーク突入電流(54.55 A)、突入電流の持続時間(約100 ms)、およびモーターの回転速度による電流の正弦波動作を表示できます。N7951Aを使用すれば、1台の測定器で、シャントまたは電流プローブによるソリューションよりも高い確度と分解能で突入電流を捕捉できます。

### 測定のヒント1

突入電流の捕捉用の高性能電源を選択する際に、電流測定レンジが出力電流レンジよりもかなり高いものを選ぶことが重要です。例えば、電源の出力電流定格が最大50 Aの場合、電流測定レンジの上限が75 A以上のものを選びます。このレンジの余裕分は、電源の定格出力電流を超える突入電流を捕捉するために必要です。突入電流のピークが定格出力を超える例として、電源出力に大容量の並列容量があり、そこに大きなエネルギーが蓄えられている場合があります。このエネルギーから短時間の電流バーストが生じると、電源の出力定格電流を超える可能性があります。

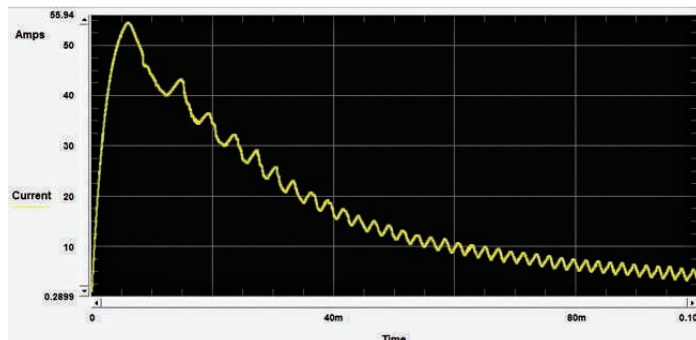


図2. N7951Aアドバンスド・パワー・システムによるDCモーターからの突入電流の捕捉

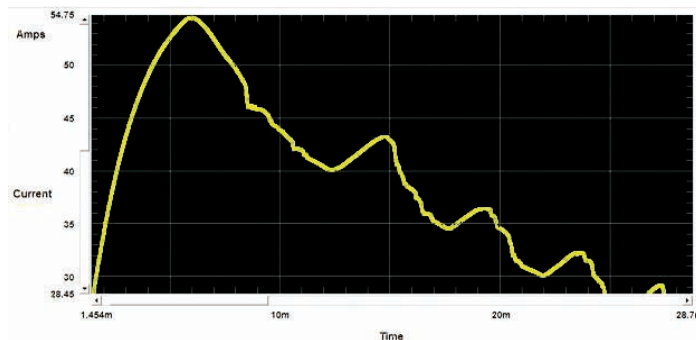


図3. 捕捉した突入電流のピークのズームイン表示

## 電源による突入電流のチューニング

このDCモーターが新しいデザインに使用され、ピーク突入電流が40 Aを超えないという要件があり、平均値から5 Aの安全マージンを取ることに決めたとします。このような場合、N7951Aの電圧の立ち上がり時間を変更して、ピーク突入電流値をチューニングできます。立ち上がり時間を遅くすれば、突入電流のピークを下げることができますが、トレードオフとしてモーターの電流が定常状態にセトリングするまでの時間が長くなります。35 Aの平均ピーク電流の目標を達成するには、N7951Aの立ち上がり時間を調整して、0 Vから15 Vまで上昇するのに40 msかかるように設定する必要があります。N7951Aの出力電圧立ち上がり時間と結果の突入電流を捕捉してプロットしました。電圧ランプを図4に、突入電流を図5に示します。

ピーク突入電流が約35 Aという目標が達成されていることがわかります。突入電流のピークを約35 Aに維持するには、電源の15 Vまでの立ち上がり時間を40 msまたはそれより低速にする必要があります。

### 測定のヒント2

テストで実環境の条件をシミュレートするために電源の非線形の立ち上がりを再現する必要がある場合は、最新の高性能電源の多くに備わっている任意波形発生器能が使用できます。例えば、例で使用したアドバンスド・パワー・システムN7900シリーズには、最大64 kポイントのカスタム電圧波形を作成できる任意波形機能があります。カスタム波形を作成して電源オン時にトリガすることにより、非線形の電源オン条件をシミュレートするように電源の立ち上がりを変更することができます。

## まとめ

ここでは、測定デジタイザ、高速で調整可能な電圧の立ち上がり時間、高度なトリガ機能、高速な過渡応答などの機能を備えた最新の高性能電源が、突入電流の評価に最適なツールであることを紹介しました。その利点として、確度と分解能の向上に加えて、1台の測定器でソリューションを実現できるので、複数のハードウェアを組み合わせる従来の突入電流評価手法に比べてテストの複雑性を低減できることが挙げられます。キーサイトのN7951Aアドバンスド・パワー・システムを使用して、高分解能の突入電流を評価しました。次に、電源の電圧立ち上がり時間を調整することにより、ピーク突入電流を予測可能な形で下げることができました。

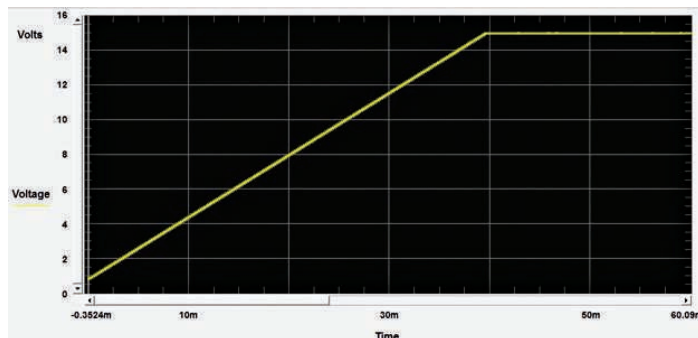


図4. ピーク突入電流を下げるための電圧立ち上がり時間の調節

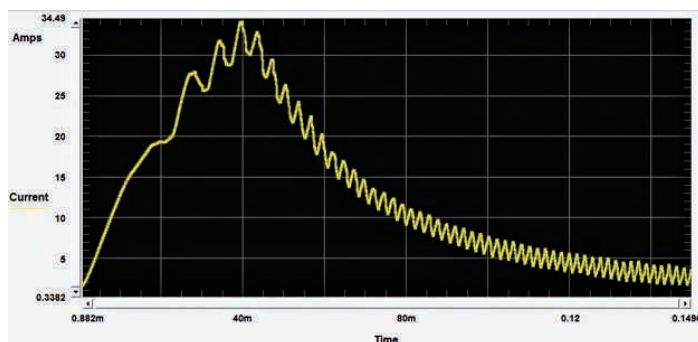
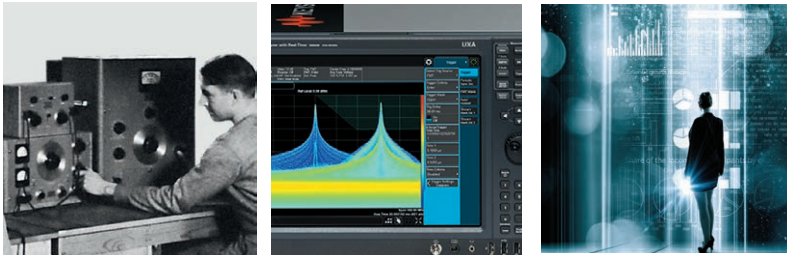


図5. ピークが低下した突入電流の捕捉結果



## 進化

キーサイト独自のハードウェア、ソフトウェア、スペシャリストが、お客様の次のブレークスルーを実現します。キーサイトが未来のテクノロジーを解明します。



ヒューレット・パッカードからアジレント、そしてキーサイトへ

myKeysight

myKeysight

[www.keysight.co.jp/find/mykeysight](http://www.keysight.co.jp/find/mykeysight)

ご使用製品の管理に必要な情報を即座に手に入れることができます。

**KEYSIGHT SERVICES**  
Accelerate Technology Adoption.  
Lower costs.

Keysight Services

[www.keysight.co.jp/find/service](http://www.keysight.co.jp/find/service)

私達は、計測器業界をリードする専門エンジニア、プロセス、ツールにて、設計、試験、計測サービスにおける様々な提案をし、新しいテクノロジーの導入やプロセス改善によるコスト削減をお手伝いします。

[www.axiestandard.org](http://www.axiestandard.org)

**AXIe**

AXIe (AdvancedTCA® Extensions for Instrumentation and Test)は、AdvancedTCA®を汎用テストおよび半導体テスト向けに拡張したオープン規格です。Keysightは、AXIeコンソーシアムの設立メンバーです。

[www.lxistandard.org](http://www.lxistandard.org)

**LXI**

LXIは、ウェブへのアクセスを可能にするイーサネットベースのテストシステム用インターフェースです。Keysightは、LXIコンソーシアムの設立メンバーです。

[www.pxisa.org](http://www.pxisa.org)

**PXI**

PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) モジュール測定システムは、PCベースの堅牢な高性能測定/自動化システムを実現します。

[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)

DEKRA Certified  
ISO 9001 Quality Management System

Keysight Technologies, Inc.  
DEKRA Certified ISO 9001:2015  
Quality Management System

Keysight Assurance Plans

[www.keysight.com/find/AssurancePlans](http://www.keysight.com/find/AssurancePlans)

Up to ten years of protection and no budgetary surprises to ensure your instruments are operating to specification, so you can rely on accurate measurements.

契約販売店

[www.keysight.co.jp/find/channelpartners](http://www.keysight.co.jp/find/channelpartners)

キーサイト契約販売店からご購入頂けます。  
お気軽にお問い合わせください。

[www.keysight.co.jp/find/APS](http://www.keysight.co.jp/find/APS)

[www.keysight.co.jp/find/N6700](http://www.keysight.co.jp/find/N6700)



**キーサイト・テクノロジー合同会社**

本社 〒192-8550 東京都八王子市高倉町9-1

**計測お客様窓口**

受付時間 9:00-18:00 (土・日・祭日を除く)

TEL ☎ 0120-421-345 (042-656-7832)

FAX ☎ 0120-421-678 (042-656-7840)

Email [contact\\_japan@keysight.com](mailto:contact_japan@keysight.com)

ホームページ [www.keysight.co.jp](http://www.keysight.co.jp)

記載事項は変更になる場合があります。  
ご発注の際はご確認ください。