

暗電流計測

暗電流計測の背景：車両における電子システムの変化

自動車の進化は加速しており、動力システムが内燃機関からハイブリッドや電動化へと変化しています。安全機能やドライバビリティ機能の向上により、車両システムはますます複雑化し、搭載される ECU や電子コンポーネントが増加しています。これに伴い、これらの電子システムには高い信頼性が

求められ、車両の全機能がすべての運転状況下で正常に作動する必要があります。

そのため、バッテリーマネジメントシステムは、様々な運転や環境条件下での充放電を制御し、効率的に電力を供給する役割を担っています。

さらに、車両の燃費や走行距離、バッテリー容量の制限が、消費電力に影響を与えます。車両メーカーは、排気ガス低減や走行距離延長を目指した開発を行っていますが、電子システムが最小限のエネルギーで動作することが重要となります。暗電流の低減は、自動車の電子化が進む中で重要な課題です。



車両における、電気コンポーネントの電流計測の課題

1) 計測レンジが極端に広い事により、低レンジ計測の精度が確保できない

- 暗電流の電流レンジは数 mA～数 100mA ですが、電気コンポーネントの動作電流に至っては、数 10A になるケースがあり、計測レンジとしては、10,000 倍の開きがあります。計測においては、高レンジの電流計測範囲に合わせる必要があり、どんなに高精度な計測器を用いても低レンジの分解能が著しく劣化します。

2) 非破壊で電流の検出

- クランプ式の非接触電流計は、計測ラインの加工が不要なため多用されていますが、計測レンジは限られており、過大電流が計測ラインに流れた場合、磁性体の残留磁束の影響で、ゼロ点がシフトするという問題があります。最悪の場合、電流センサーを破損するトラブルにつながる為、暗電流計測用及び動作電流計測用のセンサーを用意して、センサーの付け替え、もしくはスイッチによる切り換えを行っているので、連続計測を困難にしています。
- 一方、シャント抵抗で電流値を計測する際は、レンジの大小への柔軟性は高いですが、計測ラインに対して、インライン（直列）にシャント抵抗を挿入する必要があり、車両の加工を伴い、敬遠されています。

3) 長時間の連続計測による、データ量が肥大化

- 車両の待機状態の暗電流から、起動時の動作電流を計測する場合、過渡的な電流変化に応じたサンプリング速度が計測器に対しては設定されますが、通常の暗電流計測においては待機状態を計測した後、車両を起動するので圧倒的に車両が待機状態である時間が長くなります。僅かで過渡的な電流信号を計測するために、長時間変化の少ない暗電流を高速サンプリングする結果となり、計測データは肥大化、後解析の負荷を増大します。また、データロガーの記憶媒体の容量も大きくなり、計測の自由度を妨げています。

4) その他、試験のロバスト性低下による非効率性

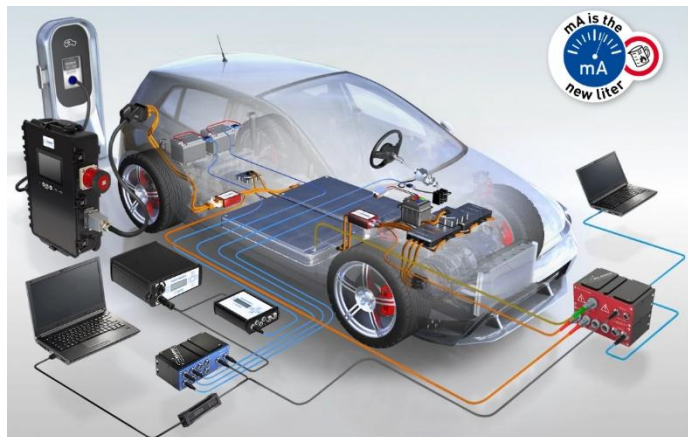
- 車両の計測、特に待機時のコールドスタート試験においては、高価な環境チャンバー設備で車両をソークした状態で行われるので失敗が許されません。
- 計測セットアップ時のレンジ設定間違い、選択したセンサーの不一致等のヒューマンエラーにより、試験自体が無効化される危険性があります。その際、再試験を行うにしても、設備予約の状況で、すぐには再試験が実行できないケースがあります。その遅れの分、開発工程の組み換えを行わなければなりません。

車両における、電気コンポーネントの電流計測の課題への解決策

Klaric の計測システムはこれらの課題に対してユニークな解決策を用意しています。

Klaric の計測システムは、シャント抵抗による電流検出を基本にしています。シャント抵抗の両端の電圧を計測することで電流値を検出する方式のため、電流値の大小に関係なく高精度な計測が可能です。

特に車両の電気コンポーネントでは、低温時の突入電流値の予測が難しいですが、シャント検出を使用することで、適切な電圧値が信号として現れ、オーバーレンジの影響をほぼ排除できるという利点があります



① 低レンジの計測精度の確保、及び、暗電流から起動時の電流計測精度の確保

Klaric の計測モジュールは、オートレンジ機能が搭載されており、計測値に応じて最適の計測レンジで信号を計測します。下に示す、A/D の入力レンジ 5 段階を信号レベルに応じて自動的に切り替えます。このオートレンジ機能により、低レンジの暗電流から、高レンジの動作電流の両方を、計測セットアップを変更せず、高精度で計測することができます。

計測モジュールの計測精度： $\pm 0.1\% \text{Reading} \pm 3\text{bit}$

A/D 入力レンジ： $\pm 9\text{mV}$, $\pm 27\text{mV}$, $\pm 42\text{mV}$, $\pm 210\text{mV}$, $+1050/-240\text{mV}$

各レンジ分解能： $0.3\mu\text{V}$, $0.9\mu\text{V}$, $1.4\mu\text{V}$, $7\mu\text{V}$, $35\mu\text{V}$

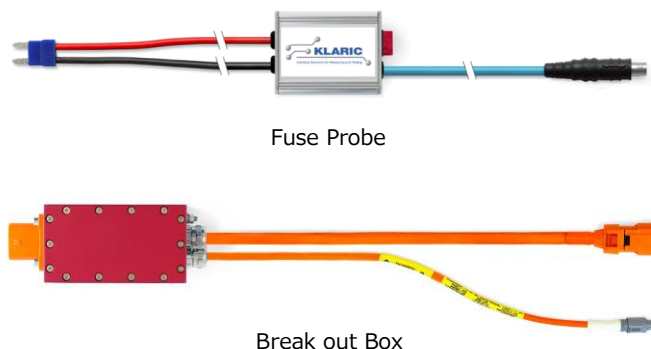
最大 10A の電流を $100\text{m}\Omega$ のシャント抵抗で計測する場合の精度は以下のようになります。

計測電流 I (A, mA)	計測レンジ (自動で切替)	計測誤差 (mA)	電流値に対する 精度(%)	計測レンジ10Aに 対する精度(%)
10A	10.5A	10.9613	0.110%	0.1096130%
2.1A	2.1A	2.2923	0.109%	0.0229226%
0.42A	0.42A	0.4585	0.109%	0.0045845%
0.27A	0.27A	0.2947	0.109%	0.0029472%
0.09A	0.09A	0.0982	0.109%	0.0009824%
10mA	90mA	0.0182	0.182%	0.0001824%
1mA	90mA	0.0092	0.924%	0.0000924%

右表が示すように、10A の計測レンジで換算した場合、計測値が小さくなるほど計測精度が驚異的に向上します。

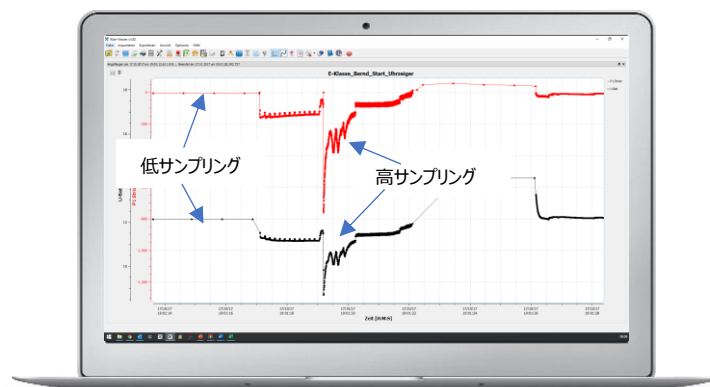
② 非破壊試験の実現

シャント検出は非破壊試験が難しいですが、Klaric 社はこれを解決するためにブレイクアウトボックスを提供しています。低電圧コンポーネント（80V 以下）では、フューズボックスにラインが配備されていることが多く、フューズを取り外してシャント抵抗を内蔵したフューズ型ブレイクアウトボックス（Fuse Probe）を挿入することで、非破壊でインラインにシャント抵抗を設置し、電流信号を取得できます。Fuse Probe にはオリジナルのフューズソケットも備えており、回路の保護が維持されます。フューズボックスに対象ラインがない場合は、シャント抵抗を内蔵したケーブルを使い、車両と同規格のコネクタでインラインに取り付ける方法もあります。このように、車両への変更を最小限に抑えた方法でシャント抵抗を配置できます。



③ データ量の低減

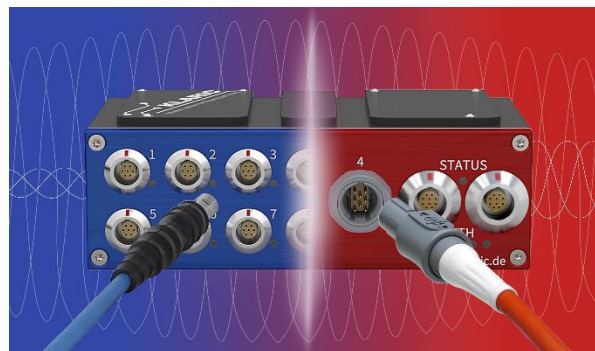
Klaric 社の計測システムには、ダイナミックサンプリング機能が搭載されており、設定した信号レベルの閾値の上下でサンプリング速度を自動的に切り替えることができます。この機能により、計測データの肥大化を防ぐことができ、メモリーリソースの節約と、データ後解析の負荷を低減します。



④ その他の課題：再実施が難しい計測における人為的エラーの減少

Klaric 社のセンサープローブには、電流センサーの校正値がマイクロチップに記憶されており、Klaric 社の計測モジュールに接続するだけで、最適なレンジ設定を行います。

そのため、レンジ設定間違いやセンサーの取り違い等のヒューマンエラーを最小化し、重要な試験において、ロバスト性を強化します。

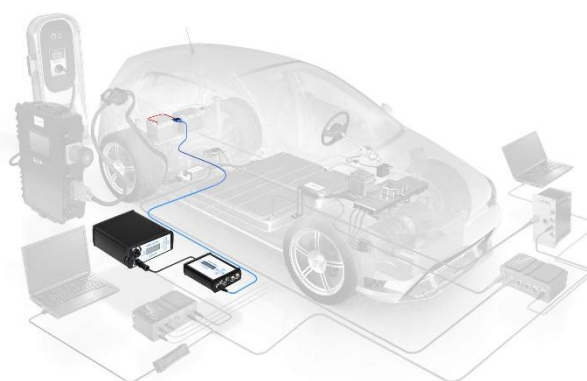


Klaric 社の計測機器は、迅速かつ正確な結果を得られるように設計されており、モジュール式ソリューションにより、待機電流から動作電流まで広範囲な電流値を高精度で計測できます。

この設計は、計測セットアップの迅速化と正確な計測結果の同時実現を可能にし、世界中で高く評価されています。

計測セットアップ

暗電流の計測セットアップを構築するためには、適切なセンサーに関する知識と、測定に必要な計測チャンネル数の把握が必要です。計測チェーンは、Klaric 社のセンサー、計測モジュール、及び CAN またはイーサネットベースのインターフェースで構成されています。計測モジュールは、必要な計測ポイントの数により選択する必要があります。



スタンドアロン暗電流計測

暗電流計測では、KLARI-CORD 5 を使用することを推奨します。この計測モジュールには、計測入力4端子（電流・電圧ペア、合計8ch入力）が搭載され、CAN もしくはイーサネットでデータを伝送でき、PC でデータのロギングができます。またUSB メモリーを差し込むことにより、PC を必要とせずスタンドアロンデータロガーとしても使用することができます。使用温度範囲は-40℃～85℃で、クライメートチャンバー内での計測にも適しており、消費電力は 0.5～1W のため、小型電池でも長時間の連続計測が可能です。



電流検出プローブとしては、非破壊試験に対応したフューズプローブが推奨されます。これにはさまざまなフューズ規格に対応したラインアップがあり、車両のフューズボックスから計測したいラインのフューズを取り外し、Fuse Probe に差し替えることで、直接電気コンポーネントの電流を検出できます。



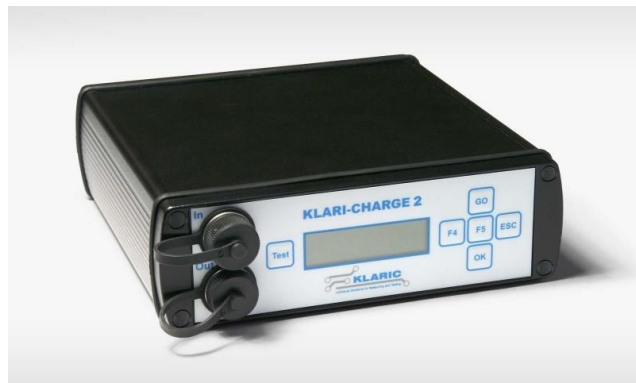
フューズプローブ内には、マイクロチップが搭載されており、シャント抵抗の校正値が格納されています。フューズプローブを KLARI-CORD 5 に接続すると、CORD 5 は自動的にマイクロチップの校正値を読み取り、最適なレンジ設定を行います。

計測モジュールの電源には、KLARI-CHARGE2 の使用が推奨されます。このデバイスは LiFePO4 電池を内蔵しており、計測モジュールに安定したエネルギーを供給します。暗電流計測時には、昼夜を問わず計測が可能です。

また、インテリジェント機能により、充電モードが設定でき、車両に与える負荷を最小限に抑えることができます。

計測前には、KLARI-ToolBox PC ソフトウェアを使って計測機器の設定が必要です。設定後、変更がない限り、設定値は機器に保存されます。

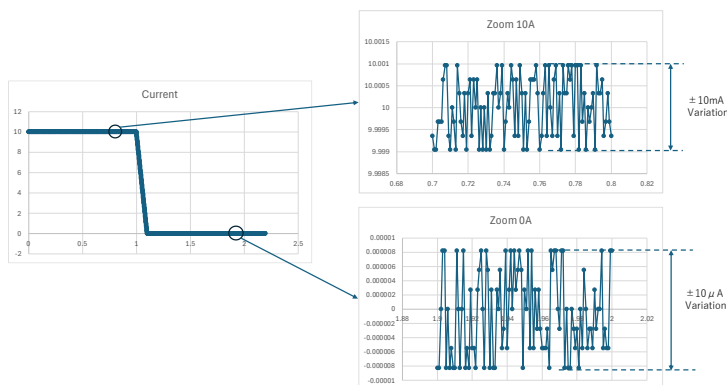
計測チャンネルは各 CAN-ID と名称で設定でき、CAN ネットワーク上で簡単に特定できます。設定が完了したら、dbc ファイルまたは A2L ファイルを CAN またはイーサネットインターフェースで転送し、計測を開始します。その後、計測は自動化され、車両のエネルギー管理に干渉することなく暗電流の計測が可能になります。



計測の実行

オートレンジ機能により、信号レベルに応じた計測レンジを自動的に選択、切り替えを行うので、信号レベルに最適な分解能で計測ができます。

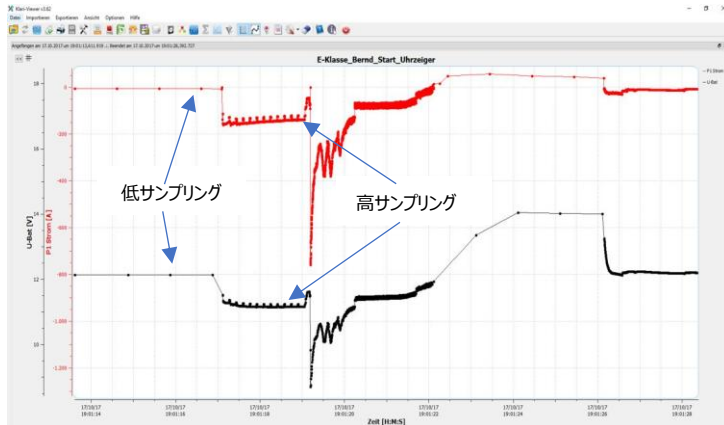
レンジ切り替えは 5 段階、100 倍のレンジアビリティを持っているので、計測レンジが極端に広い電流計測でその機能を最大限に発揮します。



電流計測イメージ（実データではありません）

サンプルレートについては、計測チャンネル毎に設定でき、可変サンプルレートに対応しています。

可変サンプルレート設定の場合、計測値にスレッショールドを設け、サンプルレートを自動的に可変させ、計測データの肥大化を防ぎます。暗電流の計測においては、通常の暗電流のレベルでは低速



サンプリング（例えば 8Hz）に設定し、車両が起動し ECU が作動し始め、電流レベルが上昇したときに、過渡特性の計測を逃さないため、高速サンプリング（例えば 1kHz）に切り替える制御ができます。この機能により、暗電流から運転開始への遷移時のピーク電流を見逃しません。

このように、暗電流計測については、電流レベルの高低にかかわらず高精度の計測が求められ、計測対象へのアクセスを簡単にして、車両動作への干渉を最低限に抑える装置を用いて、必要なデータを確実に記録するシステムが求められます。この条件を満たす計測チェーンを構築することにより、効率的な計測、効果的な評価が可能になり、開発の質を高めることができます。

推奨装置類:

- [KLARI-CORD 5 - Klaric](#)
- [Fuse Probe - Klaric](#)
- [LV Sensors - Klaric](#)
- [KLARI-CHARGE 2 - Klaric](#)
- [ACCURATE TECHNOLOGIES CAN BUS solution](#)

お気軽にお問い合わせください。

ATI Worldwide LLC

sales_jp@accuratetechnologies.com



問い合わせ先

ATI Japan
〒102-0083
東京都千代田区麹町 6-2-6 PMO麹町 204
Email: sales_jp@accuratetechnologies.com
TEL: 050-7103-6646 Fax: 03-4363-7100