

高速電子負荷を用いた **即戦力** パワエレアプリケーション

負荷を使った高周波リップルの再現 / POLなどの低電圧電源の試験の勘所 / ケーブルインダクタンスの低減



®フォーますくん



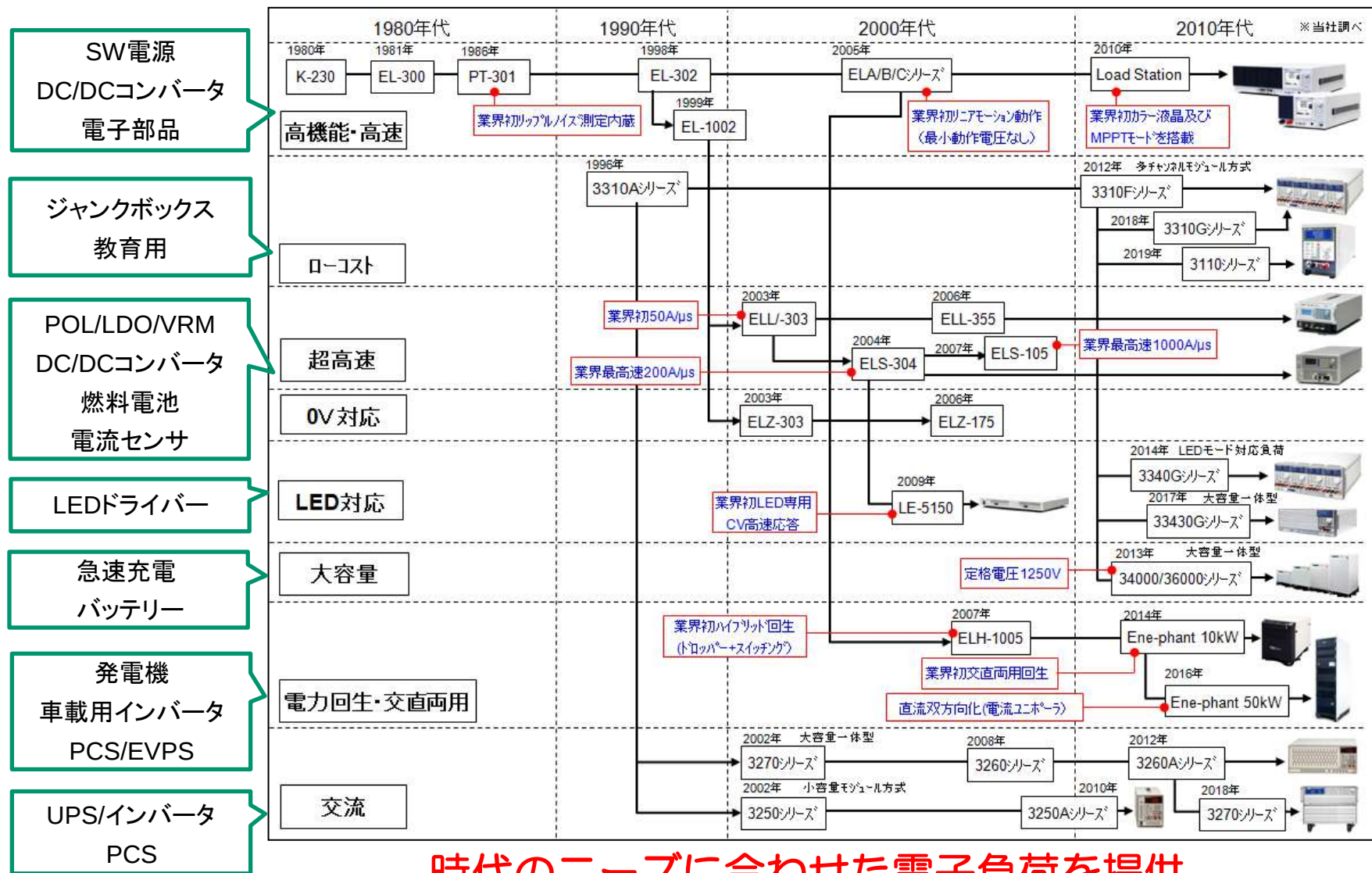
®テスますくん

株式会社 計測技術研究所
パワエレ事業部 営業部

Agenda

1. 当社電子負荷の開発系譜
2. 高速応答実現のノウハウ
 - ・ 見えないインダクタスおよび抵抗
 - ・ ケーブル抵抗 インダクタンスの軽減方法
3. 即戦力アプリケーション
 - ・ インバータに使用される電流センサーの評価方法
 - ・ POLなどの低電圧電源試験の勘所
 - ・ 高速電子負荷を使った高調波リップルの再現
 - ・ 高速電子負荷を使ったバッテリー重畳充放電
4. その他(各種資料)

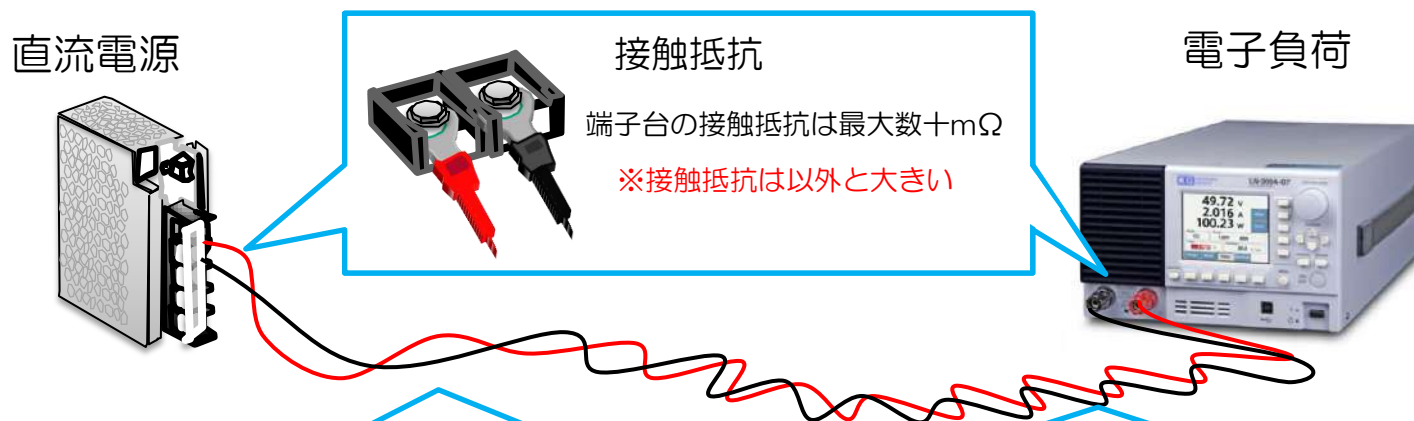
1. 当社電子負荷の開発系譜



時代のニーズに合わせた電子負荷を提供

2. 高速応答実現のノウハウ

・ 見えないインダクタンスおよび抵抗



配線インダクタンス

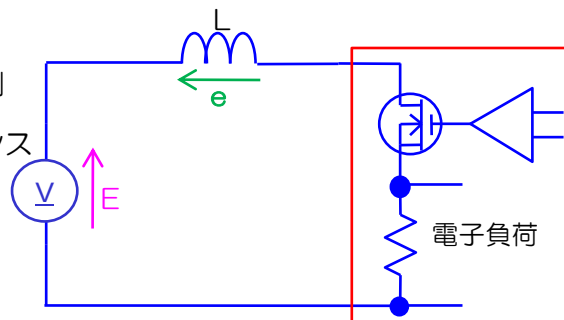
一般的に1mm、1nHのインダクタンスが発生

接続ループの長さに比例

して生じるインダクタンス

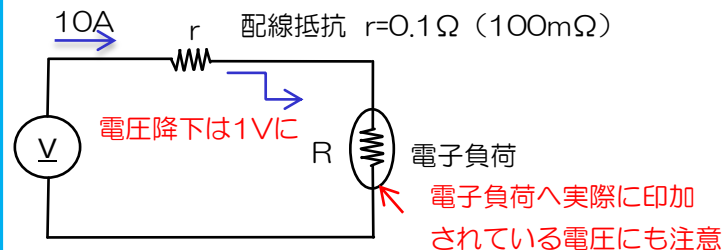
$$\text{により } e = L \times \frac{di}{dt}$$

電圧降下が生じる



配線抵抗

AWG#15で2mの線材を使用した場合配線全体の抵抗が100mΩ近くなることも



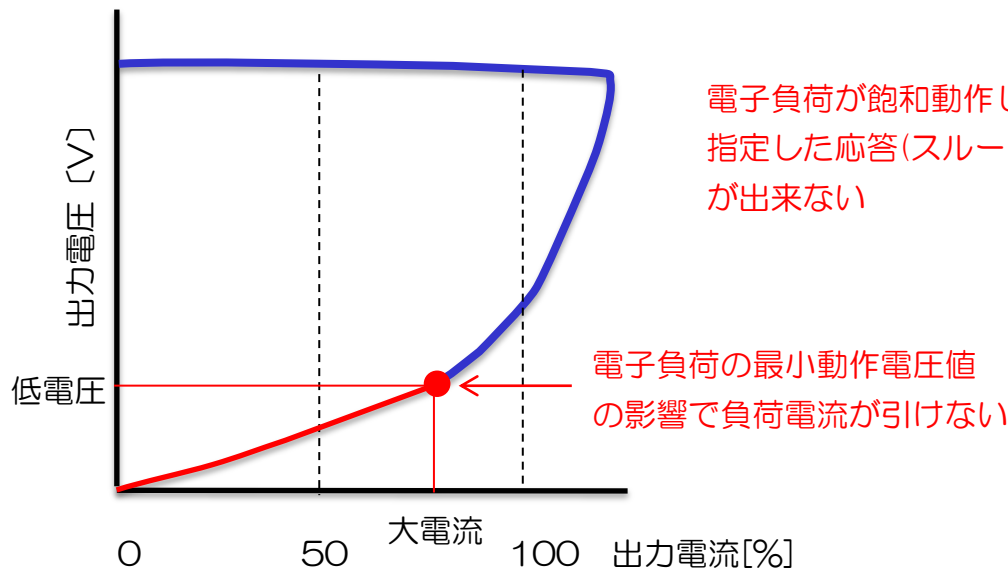
負荷ケーブルを接続しただけでも
いろんなところに抵抗やインダクタンスが発生

2. 高速応答実現のノウハウ

・ 見えないインダクタンスおよび抵抗の影響例

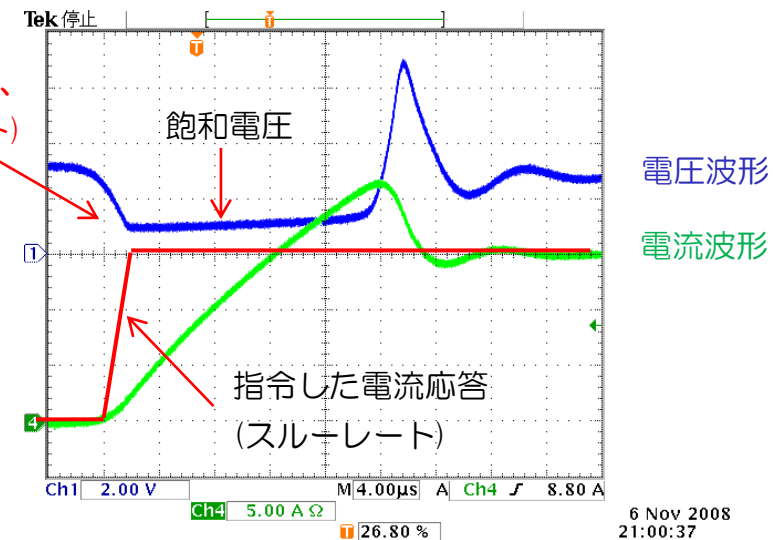
配線抵抗の影響例

SW電源の過電流保護試験



配線インダクタンスの影響例

電流高速応答(スルーレート)



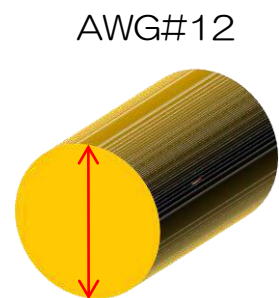
電源が原因か？電子負荷の影響か？配線の問題か？

試験環境や負荷装置の特性が知らないと原因が分からなくなる

2. 高速応答実現のノウハウ

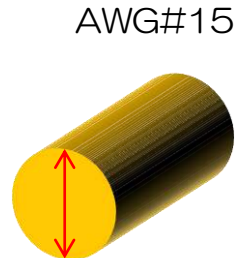
・ケーブル抵抗 インダクタンスの軽減方法

配線抵抗の軽減



直径2.053mm
面積3.309mm²

1m当たりの
抵抗値 5.21mΩ



直径1.450mm
面積1.650mm²

1m当たりの
抵抗値10.4mΩ

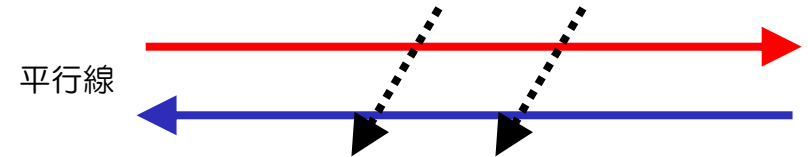


AWGでは番号が3大きいと面積が半分に！

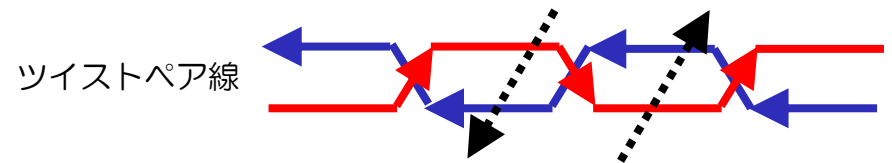
$$\text{抵抗値} = \text{抵抗率} \times \frac{\text{長さ}}{\text{断面積}}$$

基本ですが、太く、短くが原則！

配線インダクタンスの低減

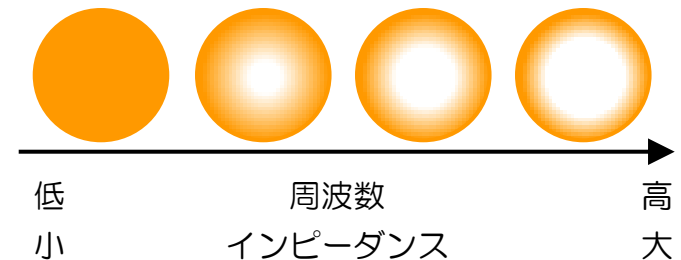


発生する磁界は合成されインダクタンスは大きくなる



発生する磁束を打ち消しあいインダクタンスは小さくなる

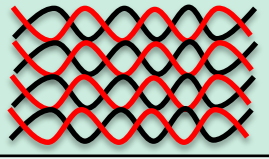
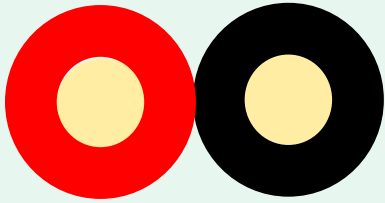
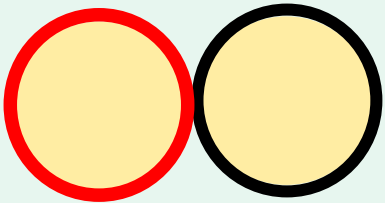
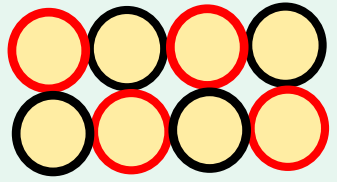
表皮効果



周波数の高い電流は導線の表面（表皮）流れない

2. 高速応答実現のノウハウ

・線材のインダクタンスの一例

線材の仕様	単線 導体直径 1.2mm 絶縁被膜 1.8mm 配線長 50cm		ウレタン被覆線 線材直径 1.4mm 絶縁被膜 薄膜(0.012mm) 配線長 50cm		リッツ線 線材直径 0.6mm 配線長 50cm
伝送路	平行線	ツイスト	平行線	ツイスト	ツイストペア×n
L値	7.6nH/cm	6.9nH/cm	5.9nH/cm	2.3nH/cm	1.4nH/cm
線路形状					
線材形状					



ツイストペアと表皮効果もありインダクタンスが小さい

ただし複数のツイストペアから＋側と－側をより分けて結線といった面倒な作業と加工が必要

2. 高速応答実現のノウハウ

・インダクタス低減ケーブルの紹介

モデル	LL-050	LL-100	LL-200
長さ	50cm	100cm	200cm
耐電圧	500V	500V	500V
電流容量	100A*1	60A	40A
直流抵抗	1m Ω	2m Ω	4m Ω
インダクタンス (代表値)	80nH	100nH	130nH



LL-050 製品写真

*1 周囲温度によるディレーティングあり。

・インダクタス低減治具基板の紹介



低インダクタンス治具基板



低インダクタンス配線基板(生基板で作成)

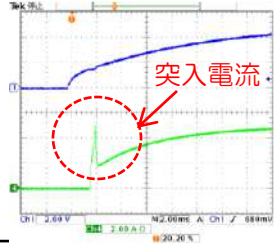
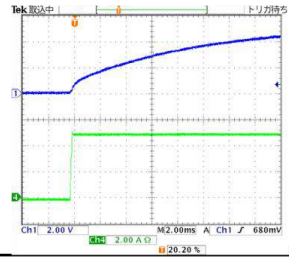


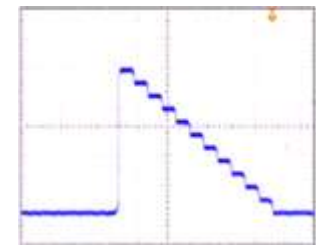
DUTとの配線部分を両面基板で行いインダクタスの低減が可能

3. 即戦力アプリケーション

• POLなどの低電圧電源試験の勘所

1. 負荷の選定

	従来の電子負荷	高速応答電子負荷
FPGA 疑似動作	 電圧波形 電流波形 突入電流	 電圧波形 電流波形
	突入電流が発生し、設定電流に到達するまでに時間がかかります。	突入電流が無く、設定電流までに遅延無く急峻な立ち上がり特性です。



FPGA起動時の突入電流の再現なども可能です。



低電圧領域にて急峻な電流応答を再現可能な電子負荷が必要

2. 配線インダクタンス及び抵抗の低減

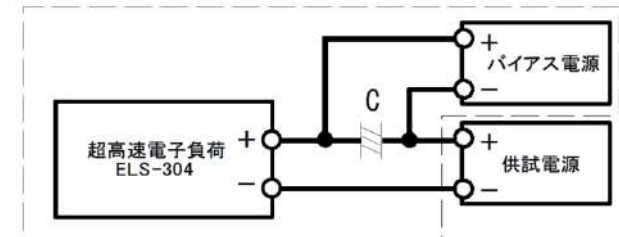


低インダクタンスケーブル



低インダクタンス配線基板

配線インダクタンスの低減に前述したインダクタンス低減ケーブルや基板による配線が必要

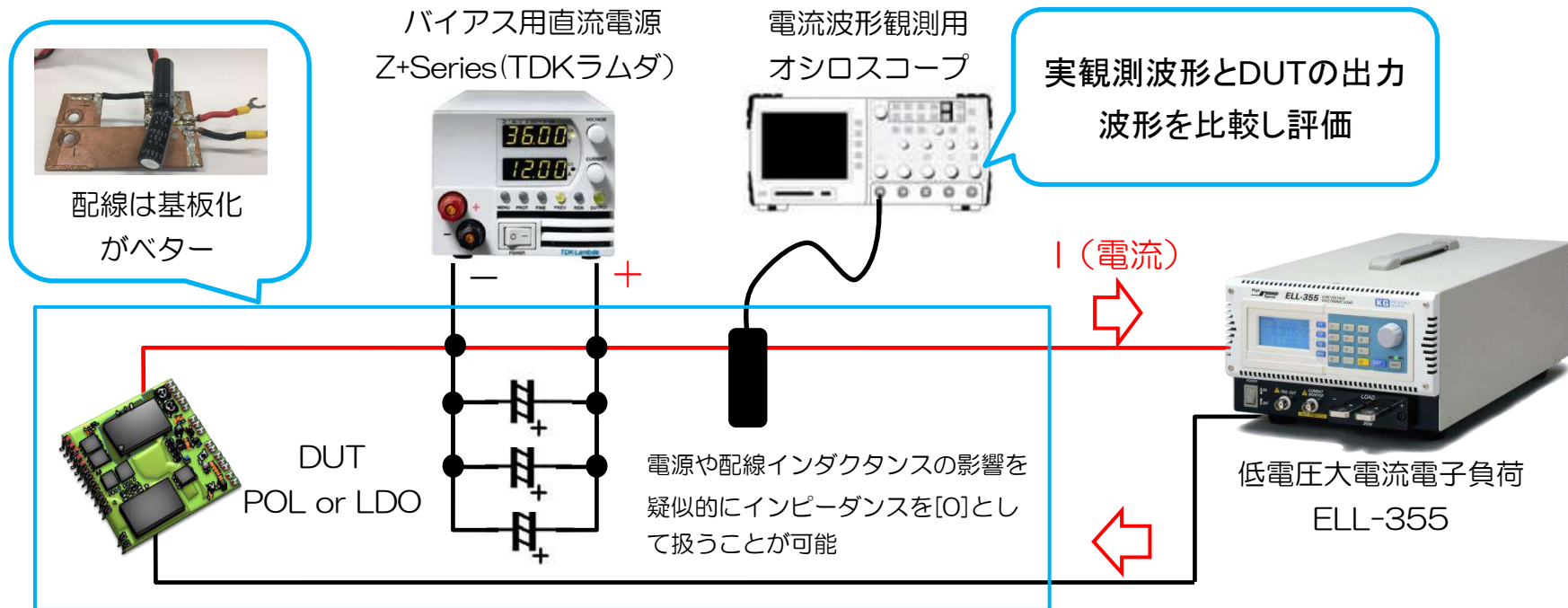


バイアス電源の挿入

バイアス電源を入れることで、疑似的にインピーダンスを[0]として扱うことが可能

3. 即戦力アプリケーション

- FPGA駆動用のPOL、LDOの評価試験



バイアス電源とインダクタンス低減の両方の対応をすることで正確な評価が可能

POL やLDOなどのDC/DCコンバータは、0.8V、1.2Vと非常に低い電圧出力と、供給先のFPGAはスイッチング素子の集合体となり電流が急峻に変化します。よってDC/DCコンバータの評価には、低電圧領域にて急峻な電流応答を再現可能な高速電子負荷が必須です。

・インバータに使用される電流センサーの評価方法

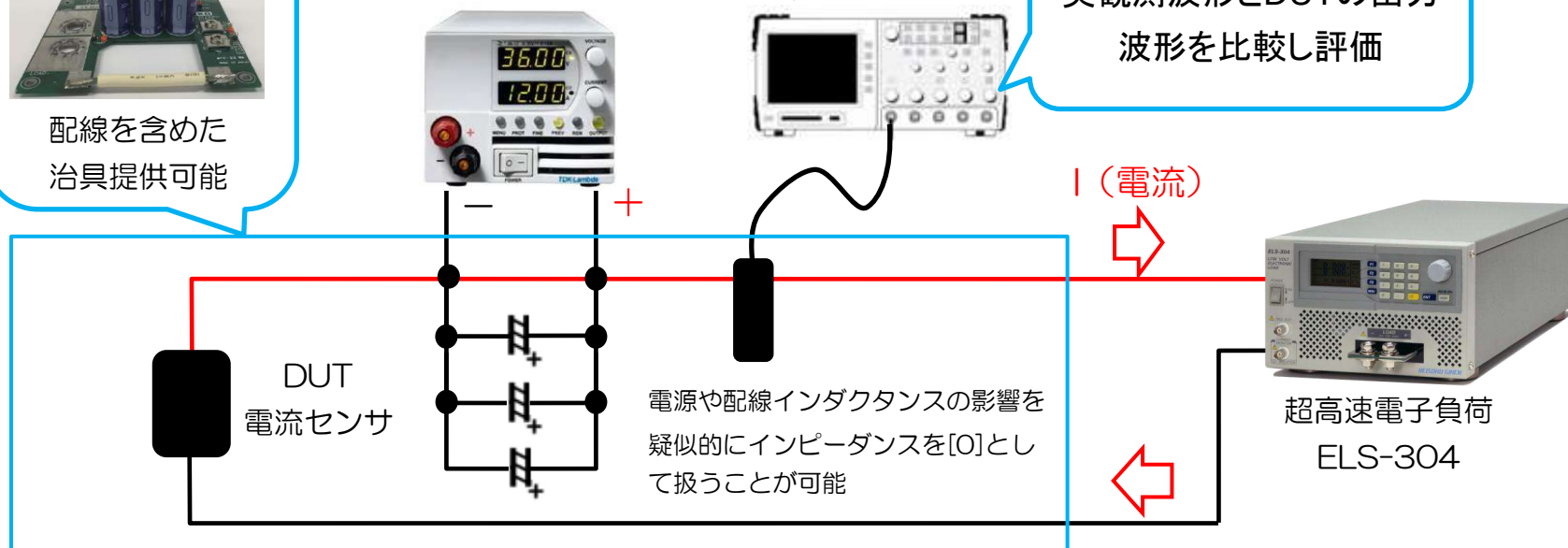


配線を含めた
治具提供可能

バイアス用直流電源
Z+Series (TDKラムダ)

電流波形観測用
オシロスコープ

実観測波形とDUTの出力 波形を比較し評価

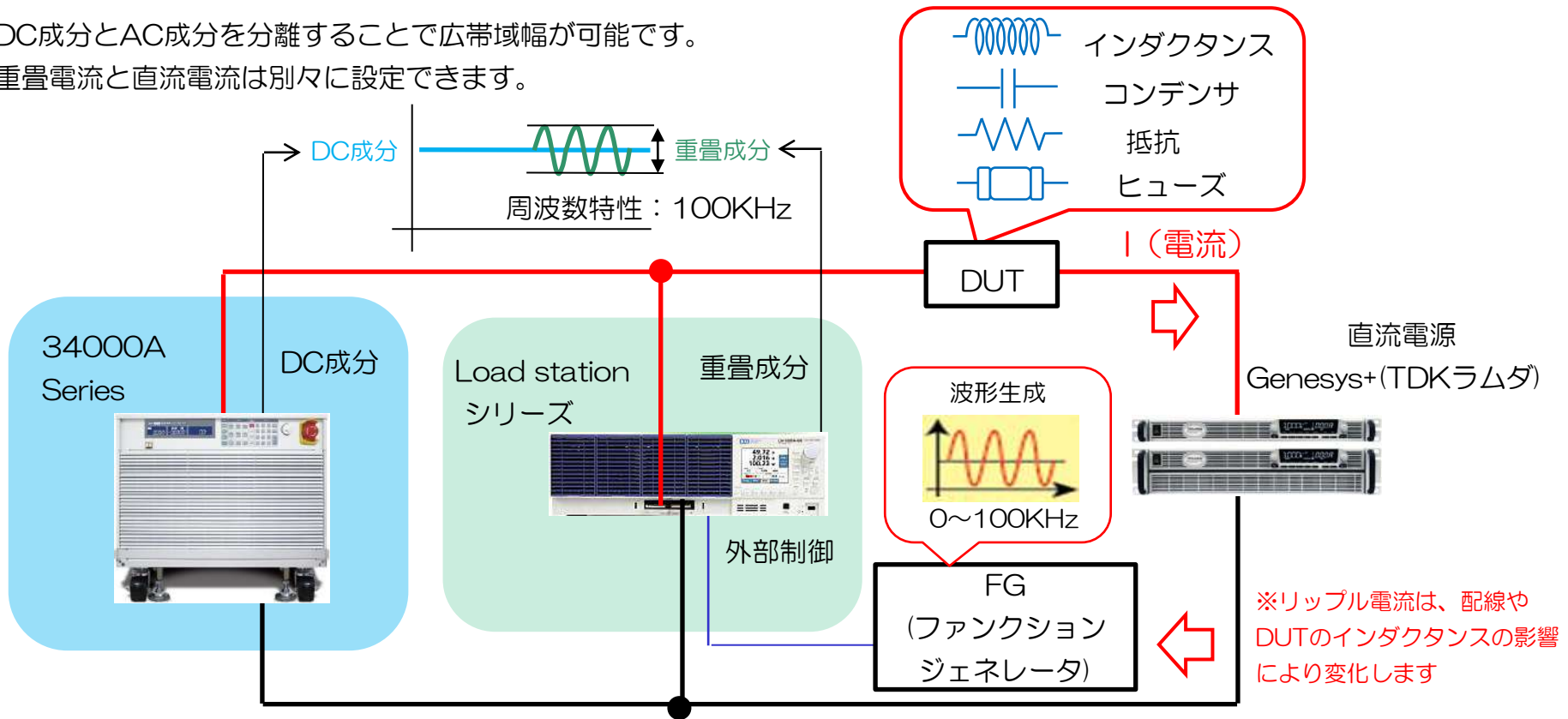


最近の電流センサはモーター制御の高速化などにより、応答速度の速い電流センサが必要になってきました。電流センサの評価には実電流を流す必要があり、今までは応答速度が速いバイポーラ電源が使われておりました。しかし大電流化（100A以上）に伴い、バイポーラ電源でも難しいケースが増えていますが高速電子負荷と汎用直流電源を使用することにより評価可能です。電流センサ治具も含め販売展開しております。

3. 即戦力アプリケーション

・高速電子負荷を使った高調波リップルの再現

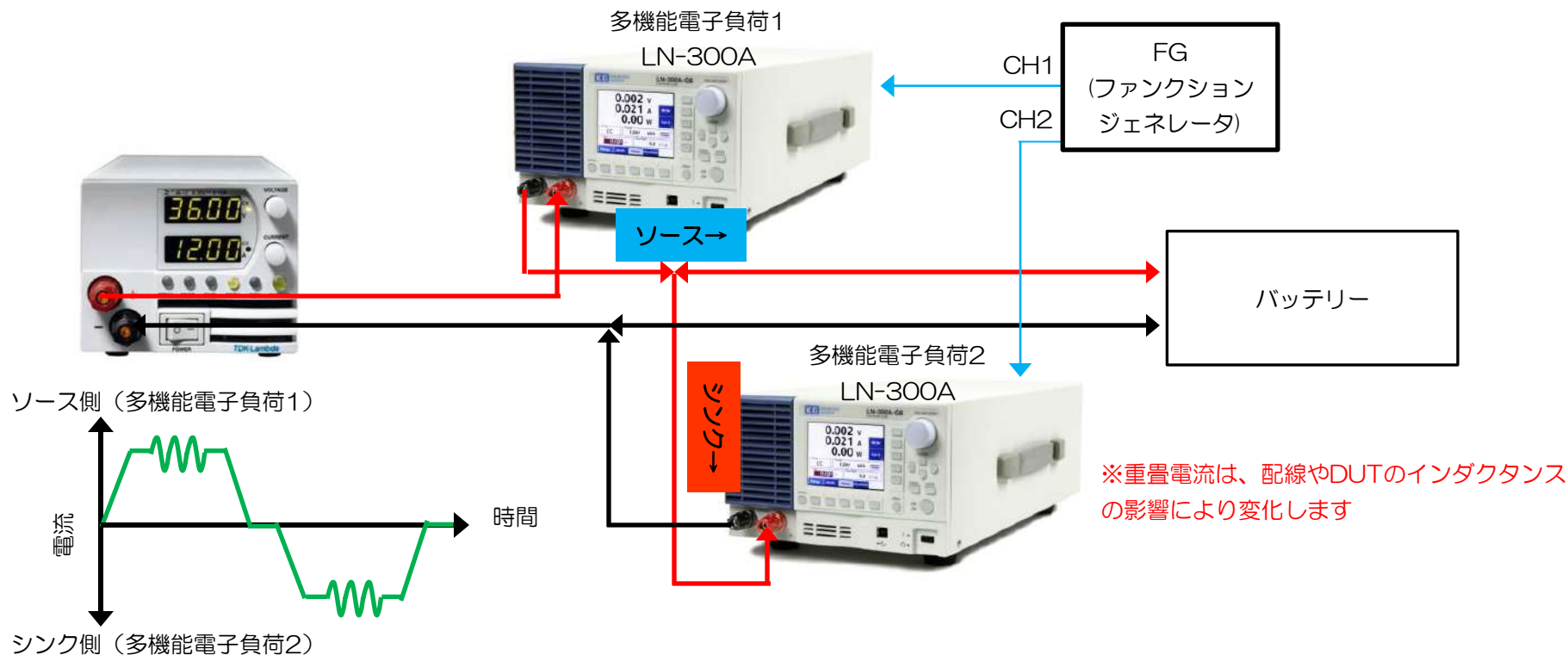
DC成分とAC成分を分離することで広帯域幅が可能です。
重畳電流と直流電流は別々に設定できます。



電子負荷と直流電源を組合せことで、直流リップル重畳電源を構成することができます。専用器とは違い、必要な電流をフレキシブルに構成することが可能です。直流リップル重畳部には、高周波特性に優れた負荷装置を採用し、100kHzまでのリップル電流重畳が可能です。

3. 即戦力アプリケーション

- 高速電子負荷を使ったバッテリー重畳充放電



電子負荷の外部制御入力を使用し、ファンクションジェネレータで電子負荷同士の同期運転させることでシンク、ソース動作を切り替えることができ、高周波特性に優れた負荷装置を採用することで100kHzまでのリップル電流でバッテリー充放電をすることが可能です。

その他（各種資料）

- 各種アプリケーションをWEBで公開



ご紹介しきれなかった各種アプリケーションが約300ほど当社WEBサイトで公開中

公開URL：<https://www.keisoku.co.jp/pw/support/appli/>

またワンポイントアプリとして最新アプリケーションを毎週メルマガ配信中！

ぜひ以下WEBサイトから登録をお願いします。

メールマガジン配信依頼URL：https://www.keisoku.co.jp/inquiry/pe_DM/contact.html

- TechEyesOnlineによる電子負荷技術情報

横河レンタ・リース殿で運営されているTechEyesOnlineにて当社製作協力した直流電子負荷の基礎と概要（第1回）が公開。計3回公開予定です。

公開URL：

<https://www.techeyesonline.com/tech-column/detail/Reference-DCElectronicLoad-01/>

最後に・・・



御清聴ありがとうございます。