

省エネルギーのための電子技術専門誌

見本

トランジスタ技術 増刊
SPECIAL

グリーン・ Green Electronics エレクトロニクス

No.
10

エコロジー時代の高効率スイッチング・レギュレータに対応する

特集 電源回路の測定&評価技法

- 周波数特性分析器 (FRA) を用いたスイッチング電源の評価
- 高速負荷応答DC-DCコンバータ・モジュールBR200シリーズ



第1章



JEITA規格RC-9131Bをベースとして

スイッチング電源の 試験方法と自動化手法

山崎 克彦
Yamazaki Katsuhiko

この章では、JEITA(電子情報技術産業協会)刊行のスイッチング電源試験規格RC-9131Bをベースとした、スイッチング電源の試験方法と、その自動化手法の概要について紹介します。

スイッチング電源の試験方法

● JEITAとは

JEITA(Japan Electronics and Information Technology Industries Association)は、電子機器、電子部品の健全な生産、貿易および消費の増進を図ることにより、電子情報技術産業の総合的な発展に資し、我が国経済の発展と文化の興隆に寄与することを目的とした業界団体です(下記JEITAサイトより抜粋)。

<http://www.jeita.or.jp>

なお、JEITAでは数多くの規格書を刊行しており、電源部品事業委員会、技術ワーキング・グループにより『スイッチング電源試験方法(AC-DC)：RC-9131B』などが発行されています。

● スwitchング電源に関する JEITA 規格

現在JEITAから発行されているスイッチング電源関連の規格には以下のようなものがあります。

- (1) スwitchング電源用変圧器試験方法：RC-2726
- (2) スwitchング電源通則(AC-DC)：RC-9130B
- (3) スwitchング電源試験方法(AC-DC)：RC-9131B
- (4) スwitchング電源試験方法(DC-DC)：RC-9141
- (5) スwitchング電源通則(DC-DC)：RC-9143
- (6) スwitchング電源トランス・コイル用語集：RC-2701A
- (7) スwitchング電源用語集：RC-9101B
- (8) スwitchング電源の部品点数法による信頼度予測推奨基準(スイッチング電源のMTBF JEITA推奨算出基準)：RC-9102B
- (9) スwitchング電源の保守・点検指針：RC-9103A
- (10) スwitchング電源の安全アプリケーションガイド：RC-9105A

JEITAでは、このような規格書をウェブ・サイト

から広く一般に公開しており、規格内容の閲覧が可能となっています(印刷、複写は不可)。

http://www.jeita.or.jp/japanese/public_standard/

スイッチング電源の試験項目

JEITA RC-9131Bの電気的試験項目は、項1の「力率」から始まり、項37の「雑音電界強度」まで37項目あります。ここでは、これらのなかからいくつかの試験項目について解説します。

● 効率測定(RC-9131B 7.2項)

RC-9131Bは、AC-DCコンバータの試験方法について規定したものであり、AC(交流)からDC(直流)に変換するときの「変換効率」の測定方法について規定しています。

図1のように、供試電源(試験対象のスイッチング電源)の入力側に交流安定化電源と交流電力計を接続し、出力側のすべてのチャンネルに電圧計、電流計および負荷装置を接続します。

【試験手順】

- ① 負荷装置により定格負荷などの電流を流した状態で交流電力計により入力電力を測定する
- ② すべての出力の電力(電圧×電流)の総和を求める
- ③ 以下の計算式により効率を求める

$$\text{効率} [\%] = \text{出力電力の総和} \div \text{入力電力} \times 100$$

入力電圧波形は図2のようにパルス状になっていたり、歪んでいることが多いため、電圧および電流波形の瞬時値の掛け算を行って積分する方式の電力測定器の使用を推奨しています。

▶ 電圧降下について

電源の出力と負荷を接続した場合、接続に使用するケーブルの電気抵抗 R_C によって電圧降下 E_D が発生します。

仮にケーブルの電気抵抗 R_C が10 mΩで、そこに10 Aの電流 I を流した場合、

$$\begin{aligned} E_D [\text{V}] &= I R_C \\ &= 10 \text{ A} \times 10 \text{ m}\Omega = 100 \text{ mV} \end{aligned}$$

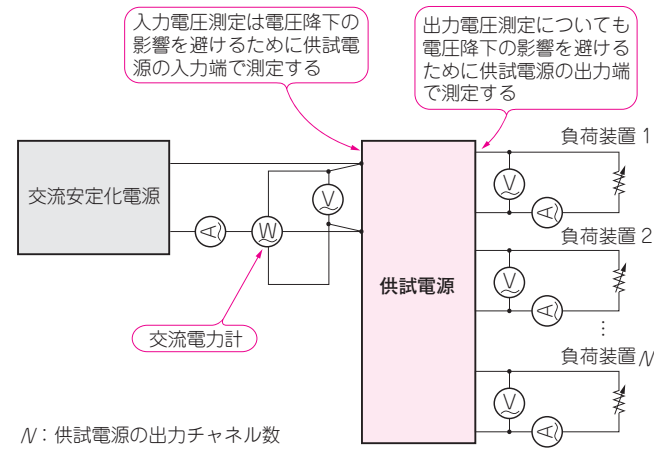


図1⁽¹⁾ 効率測定の回路例

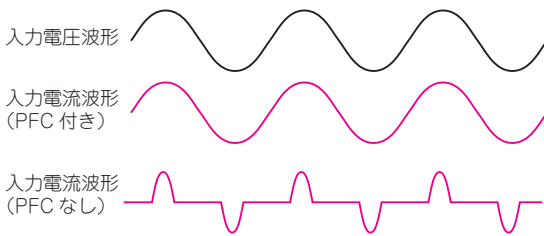


図2⁽¹⁾ 入力電圧・電流波形の例

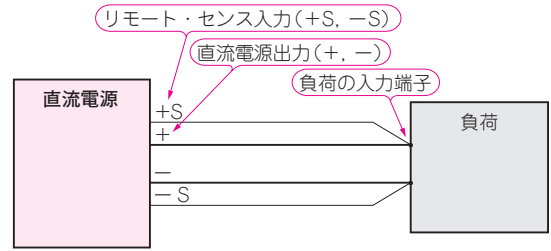


図3 リモート・センス接続例

となり、プラス側とマイナス側のケーブルがあるので $100\text{ mV} \times 2 = 200\text{ mV}$ の電圧降下が発生することになります。したがって、電源の出力端で 5.0 V 出力していても、負荷の入力端では 4.8 V に低下することになりますので注意が必要です。

言うまでもありませんが、効率測定回路において、交流電源の出力から供試電源の入力までのケーブルでも同様の電圧降下が発生します。

▶ リモート・センス

市販の直流電源、交流電源、電子負荷装置などの多くはケーブルの電圧降下ぶんを補正するために「リモート・センス」機能をもっています。

直流電源の場合、図3のように負荷の入力端子の電圧をリモート・センス機能によりセンス(測定)し、電圧降下ぶんを補正した出力電圧になるよう動作します。つまり、電圧降下が 0.2 V の場合、 0.2 V を上乘せした電圧が直流電源から出力されることとなります。

リモート・センス入力の接続を忘れてたり何らかの理由で外れたりした場合、補正の上限電圧が出力されて負荷に過大な電圧をかける恐れがありますので注意が必要です。

● 静的入力変動(RC-9131B 7.7項)

この試験は、スイッチング電源の入力電圧を定格電

圧を基準としてプラス側(またはマイナス側)に変動し、このときの出力電圧の安定度を調べるものです。

図4のような試験回路で、すべての出力の負荷電流は基準値(最大電流など)に設定します。入力電圧(交流電源の出力電圧)に変化を与えるまえの電圧を E_0 とし、変化を与えてから過渡変動が収束したあと10秒以内に出力電圧 E_1 を測定します。このときの静的入力変動 ΔE は、次の式で表されます。

$$\Delta E [\text{V}] = E_1 - E_0$$

または、

$$\Delta E [\%] = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100$$

▶ 負荷電流の設定について

最小負荷と最大負荷に設定した場合で(変動測定結果の)絶対値の大きいほうを採用するか、正と負の結果がある場合にはその両方を試験結果とします。

● 静的負荷変動(RC-9131B 7.8項)

静的入力変動試験では入力電圧を変動させましたが、この試験では入力電圧は一定とし、出力の負荷電流を変動させます(試験回路は静的入力変動と同じです)。

負荷電流に変化を与えるまえの出力電圧を E_0 とし、変化を与えてから過渡変動が収束したあと10秒以内に出力電圧 E_1 を測定します。このときの静的負荷変動

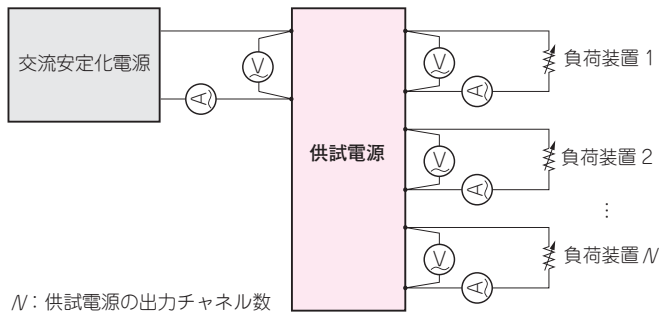


図4⁽¹⁾ 静的入力変動試験の回路例

ΔE は静的入力変動と同様に、以下のように表します。

$$\Delta E [\text{V}] = E_1 - E_0$$

または、

$$\Delta E [\%] = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100$$

▶ 入力電圧の設定について

最小入力電圧と最大入力電圧に設定した場合(変動測定結果の)絶対値の大きいほうを採用するか、正と負の結果がある場合にはその両方を試験結果とします。

● 動的入力変動(RC-9131B 7.13項)

静的入力変動試験では入力電圧を静的に(ゆっくり)

変動させましたが、動的入力変動試験は入力電圧を図5のように急激に変動させるものです。

このように、入力電圧を急激に変動(急変)したときの出力電圧波形を観測するもので、試験回路は図6のようになります。

急変機能を内蔵した交流安定化電源により入力電圧を急激に変化させ、このときの出力電圧波形をオシロスコープなどで観測します。一般に、急変機能をもった交流安定化電源には急変に同期したトリガ出力を装備していますので、オシロスコープのトリガは交流安定化電源のトリガ出力を利用します。

動的入力変動の試験手順は、基準状態(定格電圧、定格電流など)で出力電圧 E_0 を測定し、次に入力電圧

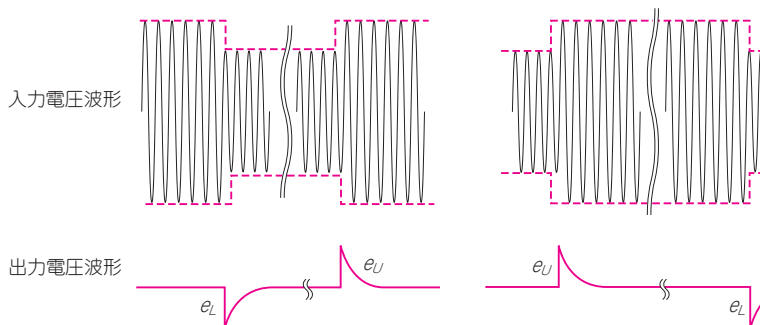


図5⁽¹⁾ 動的入力変動試験の波形

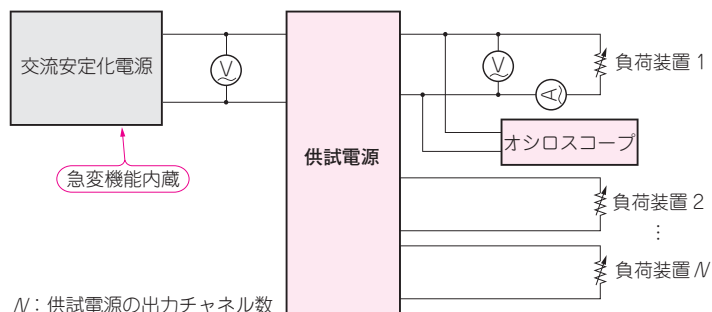


図6⁽¹⁾ 動的入力変動試験の回路例

を規定の下限と上限の範囲で急変させ、このときの出力電圧の変化値(e_U, e_L)をもとに、試験結果 δE は次のように表します。

$$\delta E [V] = +e_U, -e_L$$

または、

$$\delta E [\%] = +\frac{e_U}{E_0} \times 100, -\frac{e_L}{E_0} \times 100$$

▶ スマート・グリッド環境の入力変動試験

今後のスマート・グリッドの普及にともない、太陽光発電や風力発電などをはじめとして、さまざまな発電装置が共存することになります。

太陽光発電や風力発電は、言うまでもなく自然エネルギーであるがゆえに、発電量が変動することは避けられません。発電量が急激に減少したときに他の発電方式に切り替える場合、切り替えの瞬間に電源品質の悪化が懸念されます。

このようなことから、スイッチング電源の入力変動試験は今後さらに重要になると考えられます。

● 動的負荷変動(RC-9131B 7.14項)

この試験では、出力の負荷電流を急激に変化させたときの出力電圧波形を観測します。図7のように、負荷急変機能(スイッチング・モード, ダイナミック・モードなど)を装備した電子負荷装置によって容易に試験することができます。

動的負荷変動試験は、基準状態で出力電圧 E_0 を測定し、その後、図8のように出力電流を定格負荷と50%負荷の変化幅で変化させ、動的入力変動試験と同様に、出力電圧の変動値(e_U, e_L)を測定します。

このときの動的負荷変動試験結果 δE は、動的入力変動試験と同様に次の式で表されます。

$$\delta E [V] = +e_U, -e_L$$

または、

$$\delta E [\%] = +\frac{e_U}{E_0} \times 100, -\frac{e_L}{E_0} \times 100$$

● リプル・ノイズ電圧(RC-9131B 7.16～18項)

JEITA RC-9131Bでは、リプル電圧、ノイズ電圧、リプル・ノイズ電圧として規格書内の項番を7.16～7.18と分けていますが、類似している試験であることからまとめて解説します。

スイッチング電源の直流出力に現れるリプル・ノイズ電圧は、複数の成分が合成されたものであり単純ではありませんが、模式図として表すと図9のようになります。

リプル・ノイズの測定回路は図10のようになっており、基準状態(定格電圧, 定格負荷など)に設定後、出力に現れるリプル・ノイズ電圧(Peak to peak)をオシロスコープなどで測定します。

このときに最も重要なのは「プロービング」であり、

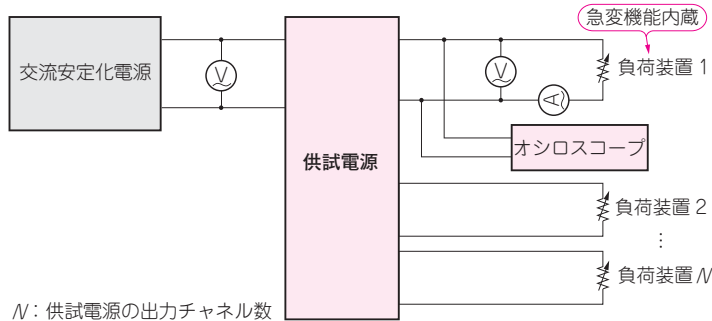


図7(1) 動的負荷変動試験の回路例

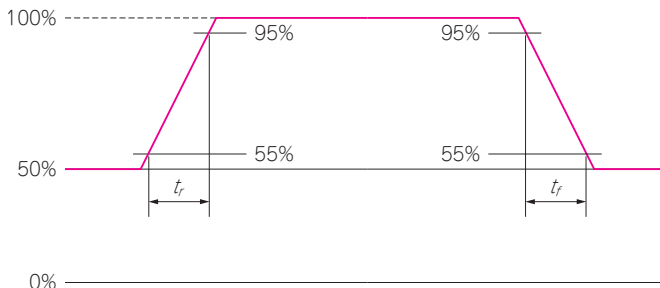


図8(1) 負荷電流波形

プロービングの方法によって測定結果が大幅に異なることがあるので注意が必要です。RC-9131Bでは、次のような2種類のプロービング方法を例として掲載しています。

▶プロービング例(1)

図11のように、オシロスコープに添付されている汎用プローブではなく、特性インピーダンス50Ωの同軸ケーブルを使い、測定器に入力端をR+Cで高周波終端します。

また、測定器をデジタル・リプル・メータに変更することにより、試験の自動化をすることも可能です。

▶プロービング例(2)

図12に示すように、コンデンサを使用する方法です。

● 過電流保護 (RC-9131B 7.19項)

スイッチング電源の過電流保護機能は、OCP(Over Current Protection)とも呼ばれ、電源を保護するための重要な機能です。

図13のような試験回路により、基準状態から負荷抵抗値を短絡状態になるまでゆっくり減少させ、出力電流に対する出力電圧の変化を連続的に測定します。

なお、入力電圧は定格電圧とし、保護回路動作点の

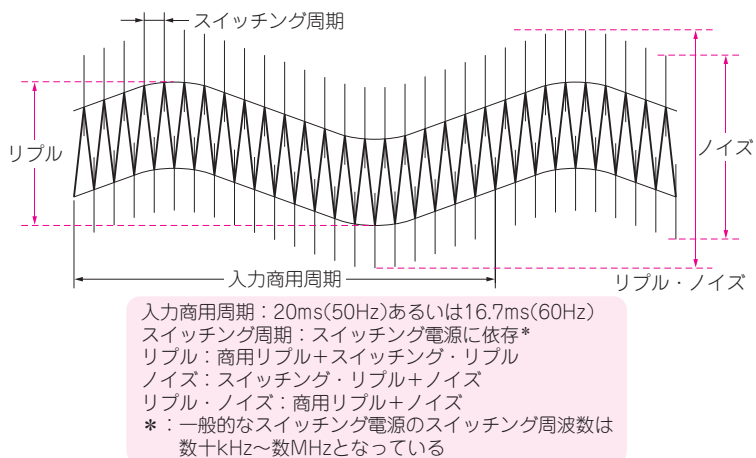


図9⁽¹⁾ リプル・ノイズ波形の例(模式図)

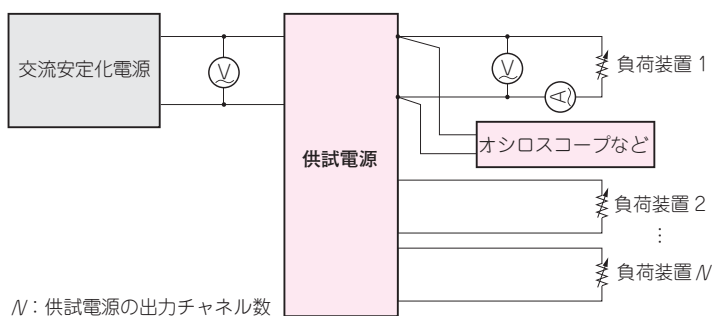


図10⁽¹⁾ リプル・ノイズ測定の回路例

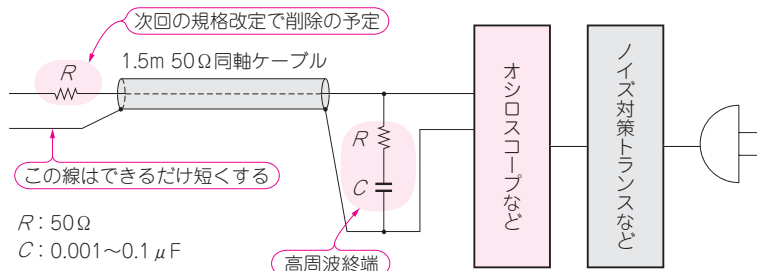


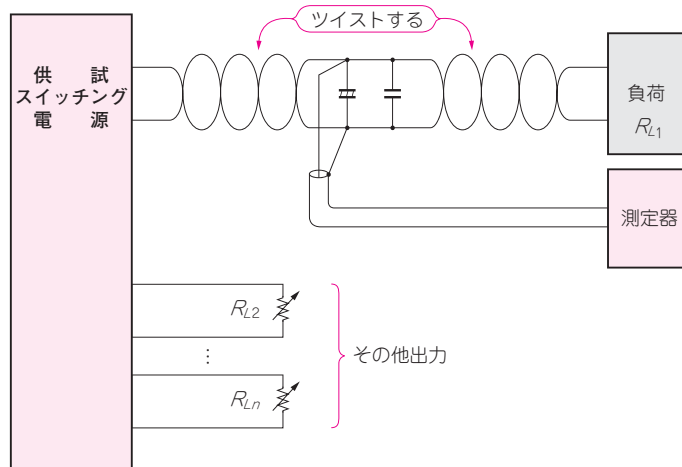
図11⁽¹⁾ プロービング例(1)

判定は一般的に定格電圧より5%下がった点としますが、定電圧精度を外れた点でもよいとしています。

また、パソコンを使ってソフトウェアにより試験を自動化する場合「連続的に測定する」ことは難しいの

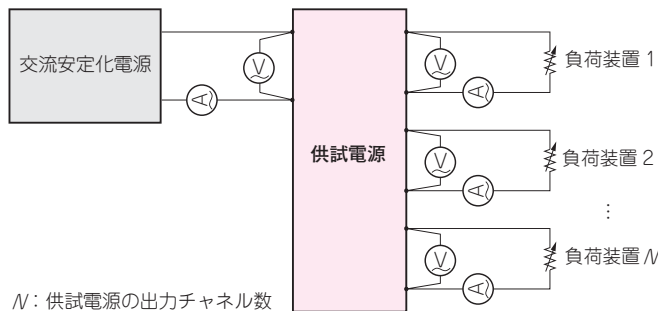
で、測定結果に妥当性がある場合は「適当な間隔で不連続に測定しても差し支えない」としています。

▶パソコン不要の過電流保護試験
過電流保護試験を自動化する場合、従来はパソコン



リップル・ノイズ測定においては電流計、電圧計などを測定回路に入れている場合は、測定値が変化することがあるので注意が必要

図12⁽¹⁾ プロービング例(2)



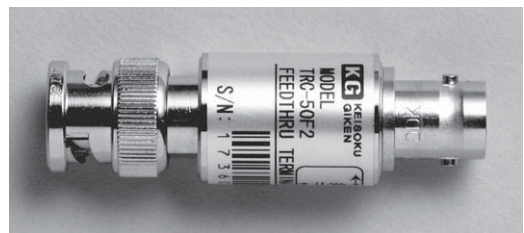
N: 供試電源の出力チャンネル数

図13⁽¹⁾ 過電流保護試験回路例

コラム 高周波終端とは

オシロスコプのなかには終端抵抗器を内蔵しているものもありますが、例えば50Vの電源出力を接続すると50Wもの電力を消費するため、終端抵抗器が加熱し、場合によっては焼けてしまいます。

そこで、50Ωの抵抗器と直列にコンデンサを挿入し直流ぶんをカットする高周波終端抵抗器(写真A)が使われています。これにより、高周波成分(リップル・ノイズ)のみが抵抗器に流れるようになるため、高い電圧を接続しても終端抵抗器が過熱することはありません。



写真A 高周波終端抵抗器(TRC-50F2; 計測技術研究所)

見本

このPDFは、CQ出版社発売の「グリーンエレクトロニクス No.10」の一部見本です。

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MSP/MSPZ201210.htm>

購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

電子技術
SPECIAL 増刊

グリーン・エレクトロニクス

No.10

CQ出版社

〒170-8461 東京都豊島区巣鴨1-14-2
TEL.03-5395-2141(営業部)

定価2,310円

本体2,200円

雑誌 16712-10

© 2013.1.29



4910167121028

02200