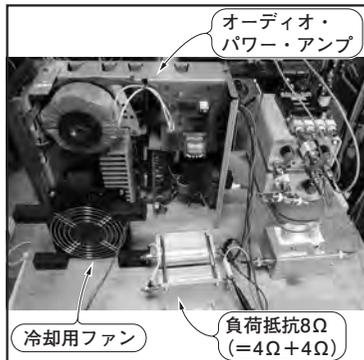


連載



センサ計測/電源から
モータ制御/オーディオ/AI・IoT組み込みマシンまで
USBマルチ測定器 Analog Discoveryで作る

Research Development

私のR&Dセンタ

第26回 最小分解能0.00001%! 1kHzひずみ率計

[後編] アンプやコンデンサ/インダクタの評価

遠坂 俊昭 Toshiaki Enzaka

前々回と前回でひずみ計測に必要な1kHzノッチ・フィルタと低ひずみ1kHz発振器を製作しました。今回は、それらを用いたひずみ計測の例を紹介します。

ひずみ率が評価される代表的なものにアンプがあります。トランジスタなどの非線形素子を使うのでどうしてもひずみが発生しますが、帰還回路を工夫してひずみを減少させます。ここでひずみ計測が必要になります。図1に示すのはメーカー製のオーディオ・パワー・アンプのひずみ率-出力電力特性の例です。出力が10~20W付近で最小の0.008%になっているのが分かります。

一般的にコンデンサやコイルなどの受動素子は線形と言われますが、バイアス依存性などの非線形特性を示すものもあります。それらのひずみ評価の例も示します。
(編集部)

評価① トランジスタ・アンプ

● トランジスタで増幅すると波形がひずむ理由

図2(a)は基本的なエミッタ共通アンプです。図2(b)はそのDC解析結果です。V₁(V_{BE}: Q₁のベース-エミッタ間電圧)を400m~800mVに変化させ、I_C(Q₁の

コレクタ電流)とV_C(Q₁のコレクタ電圧)の変化をグラフにしています。

V_{BE}が500mVを超えるとI_Cが流れ始め、V_{BE}が増加するにつれ、I_Cが指数関数的に増加し、そのグラフの傾きは徐々に急峻になります。

V_Cは電源電圧からR₁の両端電圧を差し引いたものなので、I_Cが増加するに従ってV_Cは降下していき、I_Cの変化に比例してその傾きが急峻になります。

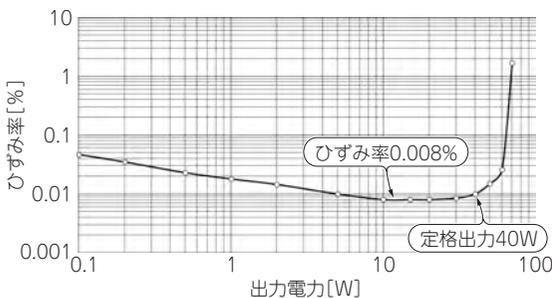
▶コレクタ電流は指数関数的に変化する

このシミュレーションが示すように、トランジスタはV_{BE}(ベース-エミッタ間電圧)によってI_C(コレクタ電流)が制御されます。その値は次式によって決定されます。

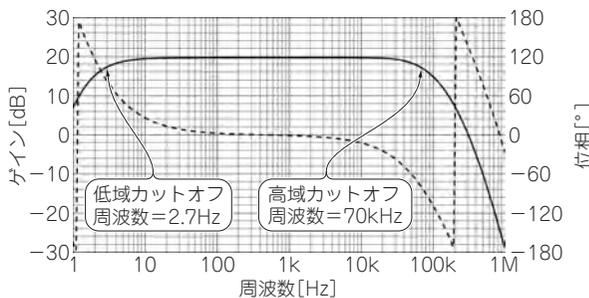
$$I_C = I_S \left(e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1 \right) \approx 10 \times 10^{-15} \left(e^{\frac{0.6184}{0.0258}} - 1 \right) \approx 256.8 \times 10^{-6} \dots \dots \dots (1)$$

ただし、I_S: 飽和電流(2SC1815では10 fA程度)、V_T: 熱電圧(25℃で25.8 mV)

$$V_C = V_{CC} - I_C R_1 = 15 - 256.8 \times 10^{-6} \times 27000 \approx 8.07 \dots \dots \dots (2)$$



(a) ひずみ率-出力電力特性



(b) ゲイン-位相周波数特性

図1 オーディオ・パワー・アンプのひずみ計測の例

製作した1kHz発振器とノッチ・フィルタとAnalog Discoveryを使ってメーカー製オーディオ・パワー・アンプK's A1001(ケンウッド)のひずみ率を計測した。このアンプの定格出力は40Wなので、10W以上の出力での計測は短時間に終える必要がある。負荷抵抗は8Ωなので、出力電力10Wは出力電圧8.9V_{RMS}に相当する