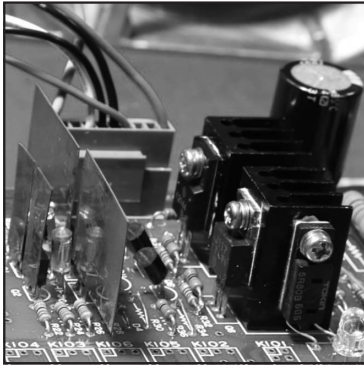


連載



20 ~ 20 kHzで-150 dBc! FFT超低ひずみ測定システム

第17回 抵抗の発熱由来ひずみの周波数特性

魚田 隆 / 魚田 慧 Takashi Uota / Kei Uota

高調波ひずみのような周波数分析にはFFTが大変便利です。そこで、図1のようにFFTアナライザとアナログ・フィルタを組み合わせた高調波ひずみ測定システムを構築しています。

1 kHz, 10 kHzについては、およそ-160 dBcの測定限界に近付くことができました。100 Hzにも対応しようと100 Hz用のひずみ除去フィルタを試作したところ、ひずみが-120 dBc程度となってしまいました。そこで、ひずみの小さいCR部品を探します。

抵抗で発生するひずみを正しく予測する方法を見つけたい

● 抵抗器の発熱由来3次ひずみと試験周波数の関係を明らかにしたい

試験周波数の高・低と、熱時定数の大・小で抵抗のひずみ率がどう変わるかを数値で検証できないか、考えてみます。

抵抗3次ひずみ率には、印加電力 W 、抵抗温度係数 T_C 、試験電圧周波数 f 、熱時定数 τ などが関わると考えられます。周波数を下げるとひずみ率が大きくなる結果は得ていますが、低い周波数に向かって際限なく悪化することはないはずです。

抵抗体の発熱を考えたとき、熱抵抗と熱容量で作られる熱時定数を τ で代表すると、図2のように1次ローパス・フィルタに相当します。 $f_c = 1/(2\pi\tau)$ より1桁も下げれば、ほぼ一定値に漸近し、逆に1桁以上高い範囲なら、試験周波数に比例してひずみは下がり、測定系の残留ひずみ率に到るはず（磁性体など他

の要因によるひずみが先に見えるかもしれませんが）。ひずみ測定の周波数を小刻みに変えつつ実施して、周波数特性に対するひずみ率をプロットすると、ローパス・フィルタ状の特性データが得られるのではないかと思います。実際にはそこまでの低周波での試験は、不可能に近いほど困難だと考えられます。

● 抵抗の3次ひずみは発熱由来という説の起源が見つからないが正しいとして話を進めてみる

抵抗の3次ひずみについて、電力による発熱⇒温度リプル⇒温度係数、という解説をしている文献がなかなか見つかりません。理屈としては思いついても、検証できる評価・試験機器が市販品で見当たらないので、どうにもならないのかもしれない。

ひずみ試験に限らず、測定機の限界・分解能向上は、工学分野の進歩に欠かせない「相棒」だと考えています。今回はその試験機を試作中なので抵抗器の第3高調波ひずみについて考察と検証を進めてみます。

● 単純な熱慣性(1次LPF特性)と考えると実測と合わないように思える

▶ 発熱に対する抵抗値の変化を試算

試験周波数をうんと下げて、0.001 HzなどのDC領域に接近させれば熱慣性は無効になります。極低周波のひずみ G_{dist} は、発熱電力 P_{AC} [W]、熱抵抗 R_θ [°C/W]、温度係数 T_C [ppm/°C] を使って次式のように表されるはずです。

$$G_{dist} \propto P_{AC} \times R_\theta \times T_C$$

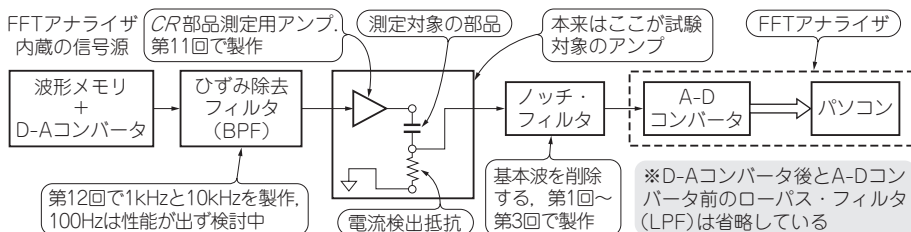


図1 デジタル・システムとアナログ・フィルタを組み合わせたひずみ測定システム

- 第1回 純アナログを劇的に改善できる現代的FFT方式ひずみ率測定(2023年9月号)
- 第2回 基本波を除去するノッチ・フィルタの設計&製作(2023年10月号)
- 第3回 製作した基本波除去ノッチ・フィルタの特性(2023年11月号)