

アナログ・デバイスズに寄せられた珍問／難問集 Issue 177

RMS 電力と平均電力

著者：Doug Ito、アプリケーション・エンジニア

質問

信号やシステム、デバイスに関連してAC電力を扱うケースがあります。その場合、電力の値は2乗平均平方根（RMS：Root Mean Square）を使用して表記すべきなのですか？



回答

RMS電力をどのように定義するかによります。

AC電力波形のRMS値を計算するのは、好ましいとは言えません。その値は物理的な意味を持たないからです。

平均電力を計算する場合には、電圧と電流のRMS値を使用するとよいでしょう。その結果には意味があるからです。

説明

1Ωの抵抗の両端に、1Vrmsで正弦波形の電圧を印加すると、どれだけの電力が消費されるでしょうか。その答えは以下のとおりです。

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{1^2}{1} = 1 \text{ W} \quad (1)$$

これは十分に理解されている問題であり¹、議論の余地はありません。

ここで、上記の値とRMS電力の計算値を比較してみましょう。図1に示したのは、1Vrmsの正弦波のグラフです。ピークtoピークの電圧は $1\text{Vrms} \times 2\sqrt{2} = 2.828\text{V}$ であり、値の範囲は $1.414\text{V} \sim -1.414\text{V}$ です²。

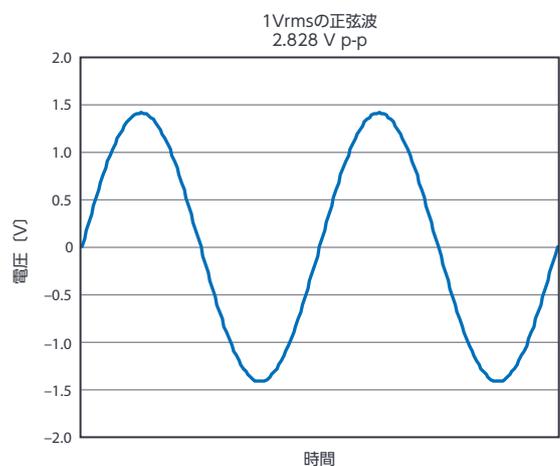


図1. 1Vrmsの正弦波

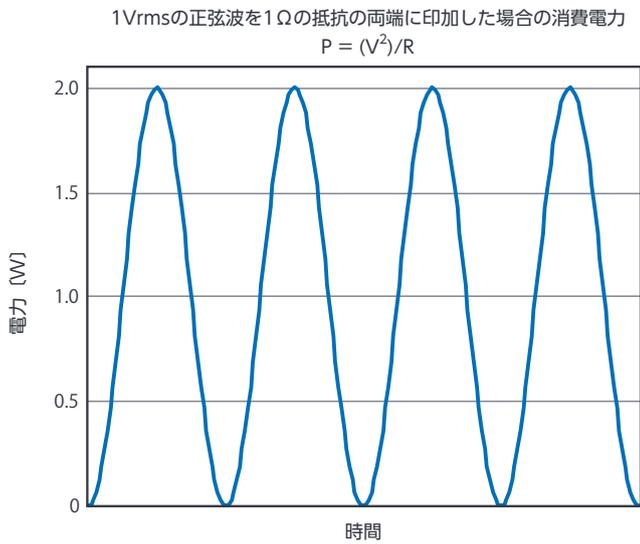


図2. 1Vrmsの正弦波を1Ωの抵抗の両端に印加した場合の消費電力

図2に示したのは、この1Vrmsの正弦波を1Ωの抵抗の両端に印加した場合の消費電力 ($P = V^2/R$) です。このグラフからは、以下のようなことがわかります。

- ▶ 瞬時電力の曲線のオフセットは1Wで、範囲は0W～2Wです。
- ▶ この電力波形のRMS値は1.225Wです。
 - この値を求める方法の1つは、以下のような計算を行うことです³。

$$[\text{RMS値}] = \frac{\sqrt{\text{Offset}^2 + (\text{AC}_{rms})^2}}{\sqrt{1\text{ W}^2 + (2\text{ W}/2\sqrt{2})^2}} = \sqrt{1 + 0.5} \approx 1.225\text{ W} \quad (2)$$

- 「MATLAB[®]」または「Excel」を使用し、より詳しい公式⁴を適用することで、上記の計算が正しいことを確かめられます。
- ▶ この電力波形の平均値は1Wです。このことは、グラフを見れば明らかです。1Vの上側と下側で波形が対称形を成しているからです。波形のデータポイントを基に平均値を計算しても、同じ結果が得られます。
- ▶ 平均電力の値は、RMS電圧を用いて計算した電力の値と一致します。

1Vrmsの正弦波を1Ωの抵抗の両端に印加した場合の消費電力は1Wです。1.225Wではありません。つまり、平均電力の値は正しく、物理的な意味があるのは平均電力だということです。(ここで定義するところの) RMS電力の計算は、演習として行っているというだけで、明確に有用な意味(明確な物理的/電氣的意義)はありません。

1Armsの正弦波の電流を1Ωの抵抗に流した場合、同じ解析を行うとどうなるのでしょうか。その答えは自明であり、同じ結果が得られます。

一般に、ICの電源にはDC電圧が使用されます。そのため、ICの消費電力について検討する際、RMS電力を導入する必要はありません。電源がDC電圧である場合、平均値とRMS値は同じ値になります。本稿で定義するところのRMS電力ではなく、平均電力を使用することが重要になるのは、電圧と電流が時間の経過に伴い変化する場合です。ノイズ、RF信号、発振器などがこれに該当します。

RMS電圧やRMS電流を使用して平均電力を計算してください。そうすれば、意味のある電力値が得られます。

¹ 抵抗の両端に印加した電圧と消費電力の基本的な関係は、オームの法則 ($V = IR$)、電圧の基本的な定義 ([エネルギー] ÷ [単位電荷])、電流の基本的な定義 ([単位電荷] ÷ [時間]) から簡単に導くことができます。[電圧] × [電流] = [エネルギー] ÷ [時間] = [電力] です。

² 正弦波のピークtoピーク振幅は、RMS値に $2\sqrt{2}$ を乗じた値になります。正弦波の電圧の場合、 $V_{p-p} = V_{rms} \times 2\sqrt{2}$ です。ここで、 V_{p-p} はピークtoピーク電圧、 V_{rms} はRMS電圧です。これはよく知られている関係であり、数え切れないほど多くの教科書に記載されています。en.wikipedia.org/wiki/Root_mean_squareにも同様の記載があります。

³ これは、一定のDCオフセット値と、それとは別のACのRMS値を基にRMS値を計算するというものです。Keysight Technologiesのアプリケーション・ノート「[Make Better AC RMS Measurements with Your Digital Multimeter \(デジタルマルチメータを使用してより良いAC実効値測定を行うためのヒント\)](#)」に記載されています。

⁴ 教科書に載っている標準的な定義が、より詳しい公式の1つの例になります(以下参照)。

$$x_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n}(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)} \quad (3)$$



著者について

Doug Ito (douglas.ito@analog.com) は、アナログ・デバイセズの高速ADCチーム（カリフォルニア州サンディエゴ）に所属するアプリケーション・エンジニアです。EngineerZone®のHigh Speed ADC Support Communityのメンバーも務めています。サンディエゴ州立大学で電気工学の学士号を取得しています。