

環境物理学Ⅱ 第14回補足資料 交流回路の消費電力に関わる諸量

戸田 孝

LCR がある一般の回路素子あるいは回路素子群で

$$V = V_0 \sin \omega t$$

に対して I の位相が φ 遅れて

$$I = I_0 \sin(\omega t - \varphi)$$

になったとすると、各瞬間のエネルギー変化（電力）は

$$\begin{aligned} VI &= V_0 I_0 \sin \omega t \sin(\omega t - \varphi) \\ &= V_0 I_0 \sin \omega t (\sin \omega t \cos \varphi - \cos \omega t \sin \varphi) \\ &= V_0 I_0 (\cos \varphi \sin^2 \omega t - \sin \varphi \sin \omega t \cos \omega t) \\ &= \frac{1}{2} V_0 I_0 (\cos \varphi (1 - \cos 2\omega t) - \sin \varphi \sin 2\omega t) \end{aligned} \quad (1)$$

1 周期平均すると $\cos 2\omega t$ や $\sin 2\omega t$ は 0 になるので、

$$\overline{VI} = \frac{1}{2} V_0 I_0 \cos \varphi$$

となる。特に、インピーダンスが R （抵抗）のみである場合には位相ズレが生じず

$\varphi = 0$ つまり $\cos \varphi = 1$ であるから、

$$\overline{VI} = \frac{1}{2} V_0 I_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} V_0 \right) \left(\frac{1}{\sqrt{2}} I_0 \right) = R \left(\frac{1}{\sqrt{2}} I_0 \right)^2 = \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{2}} V_0 \right)^2}{R}$$

となる。最大値 V_0 や I_0 に対して、その $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 倍

$$V_e = \frac{1}{\sqrt{2}} V_0$$

$$I_e = \frac{1}{\sqrt{2}} I_0$$

を「実効値」と呼ぶ。実効値を用いると、電力の 1 周期平均が

$$\overline{VI} = V_e I_e = R I_e^2 = \frac{V_e^2}{R}$$

となつて、直流の場合と同じ形になる。

交流は通常実効値で表記する。

例えば 100 V の交流というのは最大値が $100\sqrt{2}$ V (≈ 141 V) である交流のことである。

位相ズレが $\varphi = 0$ とは限らない一般の場合について、
電力の 1 周期平均を実効値を使って表現すると

$$\overline{VI} = V_e I_e \cos \varphi$$

となる。この $\overline{VI}$ を「有効電力」、 $\cos \varphi$ を「力率」と呼ぶ。
力率を乗じない「実効値の積」 $V_e I_e$ を「皮相電力」と呼ぶ。
「有効電力」＝「皮相電力」×「力率」である。

また、式(1)の第 2 項 ($\sin \varphi$ に比例する部分) を「無効電流」と呼び、
そこから算出される $V_e I_e \sin \varphi$ を「無効電力」、 $\sin \varphi$ を「無効率」と呼ぶ。
有効電力と無効電力の 2 乗を合計すると皮相電力の 2 乗になる
(2 乗せずに合計しても皮相電力にはならない)。

電気に関する現業部門では、

有効電力の単位に W (ワット) を使い
無効電力の単位に var (ヴァール) を使い
皮相電力の単位に VA (ボルトアンペア) を使う

という習慣がある。

これは単位の使い分けの考え方としては全くの誤りである。

意味的に「無次元の比率」で結びつく物理量は同じ単位で表現せねばならない。

しかし、これは国際的に定着した習慣になっている。

例えば電気使用料金に関する文書や電気製品の規格に関する文書において、
このように使い分けて記述されている。

このことは、この種の文書を読む際に留意しておく必要がある。