

教科書と現場のインターフェース

合点！電子回路入門

石井 聡

Satoru Ishii

第8回 電子回路の計算ツール…
複素数(その3)

複素数は回路計算での「ツール」です。このツールを使えば、オームの法則で交流回路の計算さえも行うことができます。そしてこの先には、より複雑な回路理論がありますが、なんとオームの法則と「位相を変化させる」複素数というツールを拡張していっただけで、それらに到達できるのです。

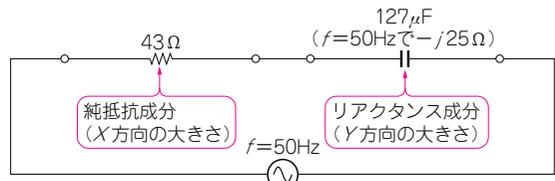
定型フォームを極座標で表し、X軸方向/Y軸方向の成分で考えて計算する

● 極座標のX軸方向成分が抵抗量、Y軸方向成分がリアクタンス量になる

図8-1(a)は、インピーダンス $Z = 50 e^{-j\pi/6}$ を、X軸、Y軸方向の目盛りもいっしょに振られた「極座

標」で表したものです(注意：リアクタンス量を X とするが、ここでの「X軸方向」は「横軸方向」という意味)。この図8-1(a)の極座標上の点は、

- X軸目盛りで見た大きさ ⇒ 純抵抗量 R
- Y軸目盛りで見た大きさ ⇒ リアクタンス量 X であり、

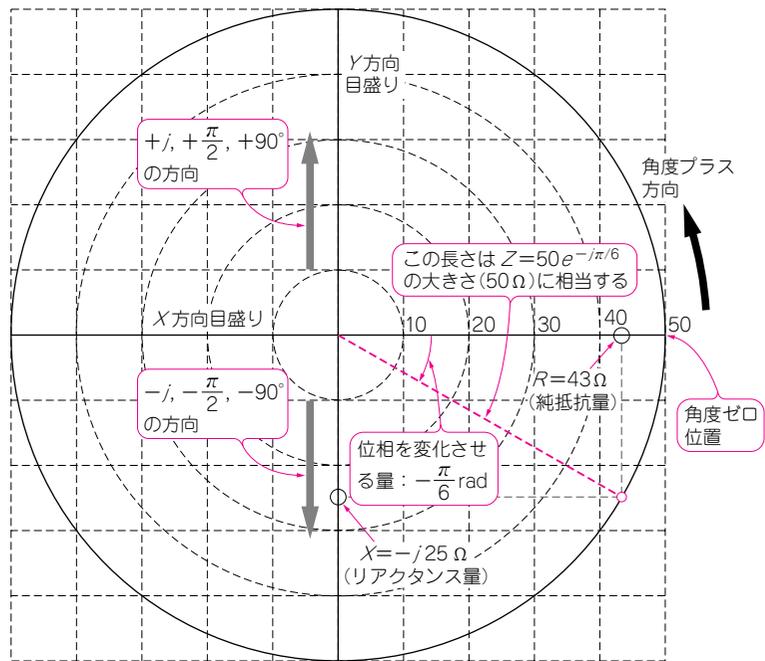


(b) 実際の回路(交流電圧源の周波数は50Hz。周波数が変わればインピーダンスも変化する)

図8-1 インピーダンス $Z = 50 e^{-j\pi/6}$ とは？

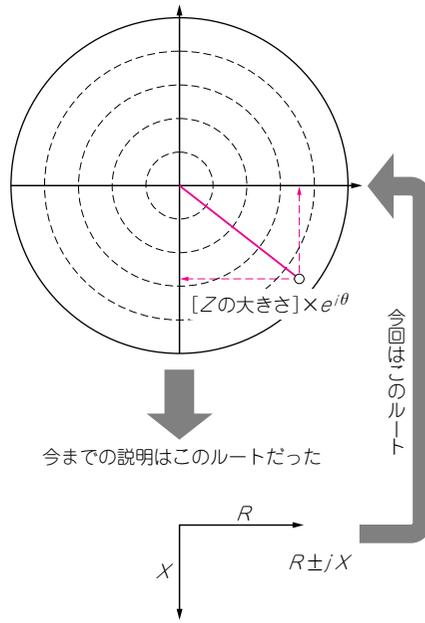
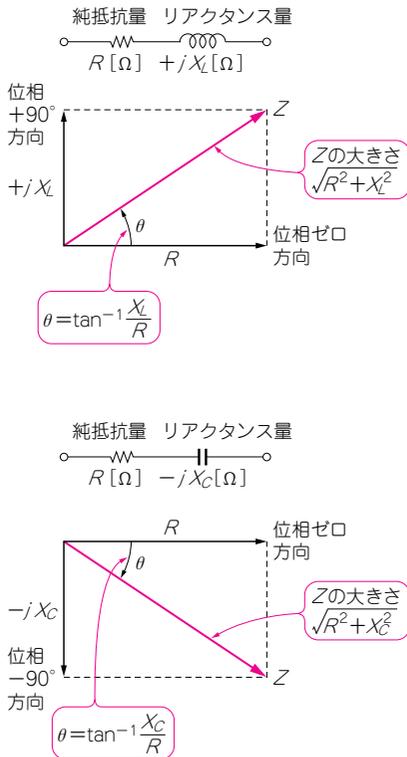
リアクタンスの符号がマイナスなのは、大きさ自体がマイナスなのではなく、コンデンサのリアクタンス $25 e^{-j\pi/2} = -j25 \Omega$ という意味

注▶ 図中の10～50は円の半径の大きさ(極座標ぶん)を意味し、Y方向の大きさぶんも示す表記をしている



(a) 極座標で表す

等価(とうか)▶ 二つの異なるモノであるが、それらがまったく同じであるということ。



今までの説明を逆方向にしているだけじゃのた!

$$Z \text{ の大きさ} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R}$$



逆のことをすればいいだけなんですわね

図8-2 純抵抗量とリアクタンス量から実際の大きさと位相の量を得るには…

$Z = [\text{インピーダンス } Z \text{ の大きさ}] e^{j\theta}$
 $= [\text{純抵抗量}] e^{j0} + [\text{リアクタンス量}] e^{\pm j\pi/2}$
 $e^{\pm j\pi/2} = \pm j$ から (+j は位相 + $\pi/2 = +90^\circ$, -j は位相 - $\pi/2 = -90^\circ$),

[インピーダンス Z の大きさ] $e^{j\theta} =$
 $1 \times [\text{純抵抗量}] \pm j \times [\text{リアクタンス量}]$

が得られ、

$$Z = R \pm jX$$

となります。図8-1(b)は、このインピーダンス Z に相当する回路です。これでインピーダンス Z の表記、「 Z の大きさ」 $\times e^{j\theta}$ と「 $Z = R \pm jX$ 」との間を結び付けることができました。

実際には、以降で例を示すように「 $Z = R \pm jX$ 」を用いて計算することが圧倒的に多いです。

● 逆に X 軸方向/Y 軸方向の成分量から大きさと位相量を得るには

図8-2のように「 $Z = R \pm jX$ 」から、「 Z の大きさ」 $\times e^{j\theta}$ を得るには、次の公式を使います。

[インピーダンス Z の大きさ] =
 $\sqrt{[\text{純抵抗量}]^2 + [\text{リアクタンス量}]^2} \dots\dots (公式3)$

$\theta = \tan^{-1} \frac{[\text{リアクタンス量}]}{[\text{純抵抗量}]} \dots\dots (公式4)$

まずは測定してみよう

さて、写真8-1のような180Ωの抵抗と33μFのコンデンサが直列接続された回路を考えてみます(実際の電子回路ではコイルよりコンデンサを多用するので、コンデンサをリアクタンスの例としている)。

計算は「この回路に流れる電流を求める」というものです。交流電圧源の実効値は10V、周波数は50Hzです。この回路をオシロスコープで測定してみます。

● 直列回路に流れる電流 I を測定してみる

図8-3は、電源の電圧 V と回路に流れる電流 I を比較しています。電源電圧は実効値10V(ピーク値が14Vになっている)です。写真8-1の回路は直列回路なので、各素子に流れる電流 I は同じになります。オシロスコープでは電流をそのまま測定できませんから、電流プローブを使っています。

電流 I の大きさはピーク値が0.070Aに相当しています。実効値は $1/\sqrt{2}$ 倍で0.049Aです。また電流の位相は、図8-4の抵抗 R の端子電圧 V_R の位相と同じであることに注意してください。

● 素子ごとの電圧降下(端子電圧)を測定してみる

抵抗 R とコンデンサ C の、それぞれの電圧降下(電圧が素子の端子間に発生するので、以降「端子電圧」という用語を用いる)を測定してみましょう。

実効値(じっこうち) ▶ 電力の計算も含めて、直流回路とまったく同じにオームの法則で取り扱うための大きさ。正弦波ではピーク値の $1/\sqrt{2}$ 倍となる。