



第3章 ダイナミックに変化するインピーダンスと反射のようすが一目でわかる

必須ツール 「スミス・チャート」の使い方

市川 裕一
Yuichi Ichikawa

第1章と第2章で説明したように、高周波では、部品や回路のインピーダンスが周波数によって複雑に、そしてダイナミックに変化します。また、第2章では高周波の第2の部品として「伝送線路」が登場しました。部品や回路だけでもやっかいなのに、基板上のプリント・パターンで作られる伝送線路のインピーダンスも合わせて考慮しなければなりません。

高周波では、これらの複雑に変化するインピーダンスを捕らえるために「スミス・チャート」と呼ばれるグラフを利用します。別冊付録「ビギナのためのスミス・チャート入門」も合わせて読むと、より理解が深まるでしょう。

高周波ではインピーダンスを甘く見てはいけない

● 高周波ではインピーダンスの周波数変化がとにかく複雑

低周波では、コンデンサやインダクタのインピーダンスは、第1章の図13や図19に示したように、周波数に対してとてもシンプルに変化します。抵抗は、第1章の図26に示したように、周波数に対して変化することなく一定です。低周波ではコンデンサの容量値、インダクタのインダクタンス値、そして抵抗の抵抗ささえわかっているならば、簡単に設計できます。半導体や回路の入力インピーダンス、出力インピーダンスも、周波数に依存しない固有値として考えますので、回路設計作業は比較的単純です。

ところが高周波では、表1に示すようにコンデンサ、インダクタ、抵抗といった、たった1個の基本的な受動部品でも、等価回路がとても複雑です。第1章の図14、図20、図27に示したように、インピーダンス特性もとても複雑です。低周波のように周波数に対してシンプルな変化ではありません。使用する周波数がわ

ずかに違っただけで、リアクタンス成分の極性が変わってしまうこともあります。

基本的な受動部品でさえ、周波数に依存した複雑なインピーダンス特性を示すのですから、半導体や回路などの入力インピーダンス、出力インピーダンスがもつ複雑な特性を示すことはいうまでもありません。

高周波でのインピーダンスは、必ず使用する周波数とペアで考える必要があります。

インピーダンスと反射波の振幅、位相が一目でわかる「スミス・チャート」

スミス・チャートは図1に示すようにたくさん目盛りが入った円形の図表です。その中にさまざまな曲線が描かれており、円周上にも目盛りが表示されています。このへんてこなチャートが、高周波ではとても役に立ちます。

■ 使い方その1…インピーダンスが一目でわかる

● 値が $-\infty \sim +\infty$ で変化するリアクタンスも表示できる
前述のように高周波回路は、周波数によってインピーダンスが複雑に変化します。スミス・チャートを使えば、この変化の激しいインピーダンスの軌跡も一目

〈表1〉低周波と高周波における受動素子のインピーダンス特性

周波数		抵抗 R	インダクタ L	コンデンサ C
低周波	等価回路	$\text{---} \text{---} \text{---}$	$\text{---} \text{---} \text{---}$	$\text{---} \text{---} \text{---}$
	インピーダンス	R	$j\omega L$	$\frac{1}{j\omega C}$
高周波	等価回路	$\text{---} \text{---} \text{---}$	$\text{---} \text{---} \text{---}$	$\text{---} \text{---} \text{---}$
	インピーダンス	$R + j\omega L_R$	$\frac{j\omega L}{1 - \omega^2 LC_L}$	$\frac{1}{j\omega C} = j\omega L_C$

注▶ $\omega = 2\pi f$

Keywords

スミス・チャート、直交座標、リアクタンス、反射係数、等レジスタンス円、等リアクタンス円、イミタンス・チャート、アドミタンス・チャート。

でわかるように表すことができます。

スミス・チャートの円には、 $0 \sim +\infty$ の抵抗成分と、 $-\infty \sim +\infty$ のリアクタンス成分の和で表されるインピーダンスをすべて表すことができます。多くの回路設計で使用する直交座標系のグラフでは、こんなに広範囲に変化するインピーダンスを一度に示すことは不可能です。

● **チャートの見方**

では、スミス・チャートの見方を説明しましょう。

図1ではわかりにくいので図2を使います。

円を上下に二分している直線は、抵抗値の軸です。左端が0で、右端が $+\infty$ になっています。この軸と交わっている円を等レジスタンス円と呼びます。名前のおとおり、この円上を変化するインピーダンスの抵抗分(レジスタンス)は、軸との交点が示す抵抗値のまま一定です。

チャートの外周円は、リアクタンスの軸です。抵抗が0のところではリアクタンスも0に、抵抗が $+\infty$ のと

〈図1〉スミス・チャート…回路や部品のインピーダンスをプロットして利用する

