

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3回

流れを妨げる抵抗以外のもの 「インピーダンスとリアクタンス」

インピーダンスは交流での抵抗量です。抵抗と同じく電流の流れを妨げるものです。「はて？何が違うの？」と思うでしょうが、一つ一つ紐解いていきましょう。まずは「抵抗と関連している量である」という理解でOKです。

この回ではインピーダンスについて話を踏み込んでいって、その一要素であるリアクタンスについて交流の概念を踏まえたうえで詳しく説明します。ここでもオームの法則は健在です。

まず図3-1に、本稿の説明の順序と相互関係を示しておきます。内容が少し入り組んでいますので、この図で話のあらすじと相互関係をまずつかんでください。

インピーダンスはプロの回路設計現場では絶対に知っておくべき知識です。この概念（実際は位相と複素数も含む）を理解していないと、まともな回路設計ができません。「回路シミュレータを使えばいい」と言う人もいますが、実際には回路がどのように動いているかを直感的に考えられないと（回路理論がわからないと）、シミュレータは意味をなしません。

交流で電流を妨げる要素について理解する

● 語源からインピーダンスを考えてみよう

交流での抵抗量「インピーダンス(impedance)」は英語の“impede”という単語（「妨げる、妨害する」という意味の動詞）からきており、impede + ance（名詞化する接尾語）と、複合名詞化したものです。

抵抗(量)も英語では「レジスタンス(resistance)」と言い、動詞の“resist”（「抵抗する」）が resist + ance(接尾語)と複合し、名詞化したものです。

▶ 流れを妨げる要素が直流とは異なっている

かたや「妨げるもの」、かたや「抵抗するもの」ですから、ほとんど意味としては同じような気がします。なぜ直流/交流の抵抗量の違いを、用語も変えて明確にしたかったのでしょうか。同じ「通さないもの」という意味なら、同じ単語を使っても良いと思いませんか。

それは交流における電流の流れを妨げる(impedeする)成分は、直流での抵抗より少し複雑な(異なる)ふるまいをするから、明確に区別したいために用語を分けたのです(図3-2)。

● 交流で電流を妨げる3要素を理解しよう

impedeする、流れを妨げる要素に何があり、どのようにふるまうかを示してみましょう。少し難しい話が絡んでくるので、今回の段階では「こういうものだ」とだけ理解してもらうために、特徴による理解を図るようにします(次回以降に位相と複素数で説明する)。

▶ 要素は三つ…抵抗とコイルとコンデンサ

交流で電流を妨げる要素は、抵抗とコイルとコンデンサの3要素(電子部品)だけです(図3-3)。

皆さんが実際の回路と向き合うと、「いろいろな素子が複雑に組み合わせられているし、素子一つをとっても想像を越える動きもするのではないかと、回路/素子に対して不安感/恐怖感を感じるかもしれません。ところが実際はすべて「抵抗/コイル/コンデンサ」で

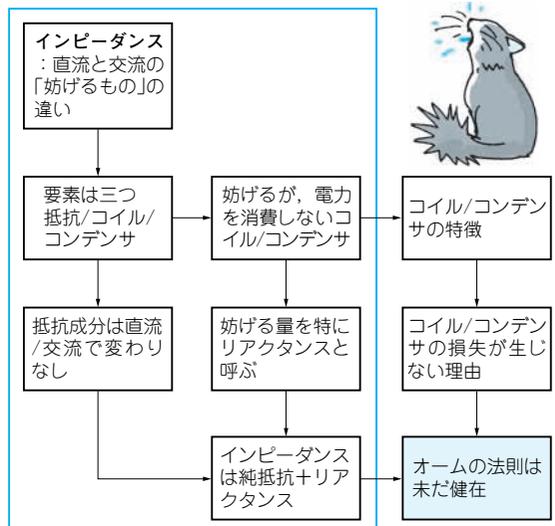


図3-1 本稿でインピーダンスを説明していくフロー図

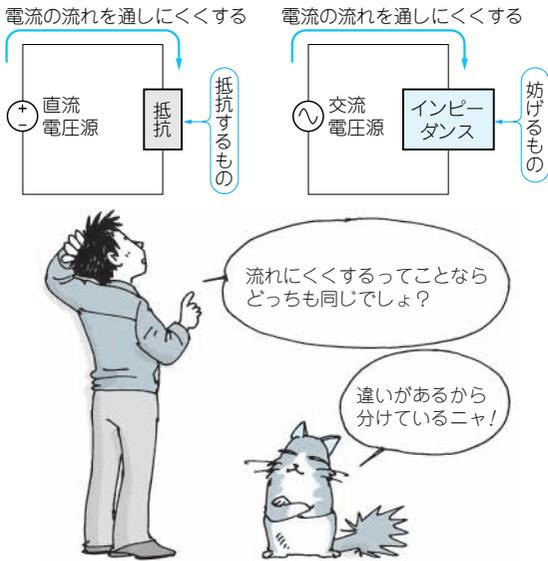


図3-2 どちらも「流れにくくする大きさ」のことだったら同じではないか

モデル化できるのです(なおトランジスタなど能動素子のモデルは、上記に電圧/電流駆動源が追加になる)。これだけなのです!

▶抵抗成分は直流でも交流でもいつでも同じ

抵抗成分は、直流でも交流でも妨げる量はいつでも変わりません。そのため「純抵抗」と呼ばれます。

実際の抵抗の例を写真3-1に示します。種類がたくさんあるのは、周波数特性や許容電力など、それぞれ性能の優劣があり、適材適所で使われるからです。純抵抗では直流でも交流でもまったく同じにオームの法則($V = IR$)が当てはまります。

●インピーダンスは純抵抗成分とリアクタンス成分から成り立っている

ここまでで、インピーダンスは交流での抵抗量に相当し、その妨げる要素は抵抗/コイル/コンデンサの三つだと説明してきました。そして純抵抗成分は直流/交流に関わりなく、いつでも一緒ということも示しました。この純抵抗では電力が消費され熱が生じること

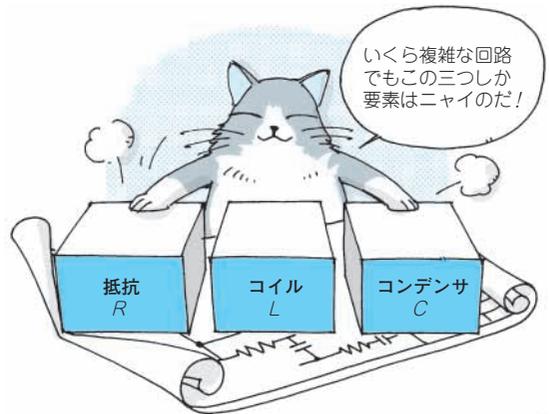


図3-3 交流で電流を妨げる要素は抵抗/コイル/コンデンサの3部品

もポイントです。

引き続き、もうひとつの成分「リアクタンス成分」を説明していきましょう。

▶コイル/コンデンサは交流を妨げるが電力は消費されない

純抵抗と同様に、コイル/コンデンサも電流を妨げますが、これらは「なんと!」素子内部で電力を(純抵抗のように)消費しません。「そんなことあるの?」という理由は後で説明します。

「電力を消費する/消費しない」という観点で三つの素子を見てみると、表3-1のように電流を妨げる要素(つまりインピーダンス)を区分することができます。

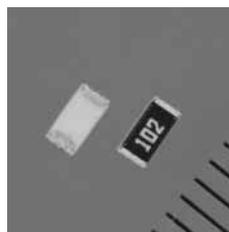
▶コイル/コンデンサの妨げる量は特にリアクタンスと呼ばれるインピーダンスの一要素

表3-1のうち、電力消費(以降「損失が生じる」と呼ぶ)がなく電流を妨げる量を、インピーダンス量の一成分として、特に「リアクタンス(reactance)」と言います。これも動詞の“react”(「反応する、反抗/反発する」)がreact + ance(接尾語)と複合し、名詞化したものです。

抵抗とインピーダンスを区別したように、ここでもインピーダンスのうち「損失が生じないが電流を妨げる量」をリアクタンスとして明確に区別しています。



(a) 塗装絶縁型金属皮膜固定抵抗器



(b) チップ固定抵抗器



(c) 巻き線抵抗器

写真3-1 直流/交流でもまったく同じように妨げる量を示す抵抗の例