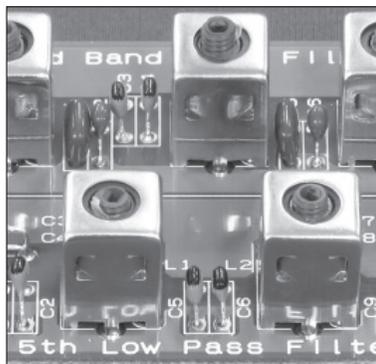


第5章 低周波/高周波から電力用途まで多岐にわたる

用途ごとにコイルを使いこなす

遠坂 俊昭 Toshiaki Enzaka



1
2
3
4
5

LCRのなかで一番厄介なのがこのコイルです。コイル(coil)という名称は形状からきていますが、最近ではインダクタ(inductor)と呼ぶことが多くなっています。用途で分類すると低周波用、高周波用、電力用、雑音対策用の4種があります。それぞれ要求される重要項目が異なるため、形状や大きさもさまざまです。

インダクタンスを大きくするにはコアが必要になります。コイルに印加される電圧が大きくなるとこのコアが飽和し、インダクタンスがゼロになってしまいます。コアによっては非直線性が大きく、ヒステリシスも生じ、歪み発生の原因になります。

コイルは、低周波ではRCに比べて形状が大きく高価でもあり、電子回路ではなるべく使用を避けます。しかし、高周波や雑音対策、そして電源など、電力を扱うにはほかに代替できる素子がなく、いかにコイルを上手く使いこなせるかが電子回路技術者のレベルを決定する要素でもあり、避けて通れない素子です。

コイルの等価回路とインピーダンス-周波数特性

図1は、標準部品として販売されているマイクロインダクタのインピーダンス-周波数特性を実測したグラフです。

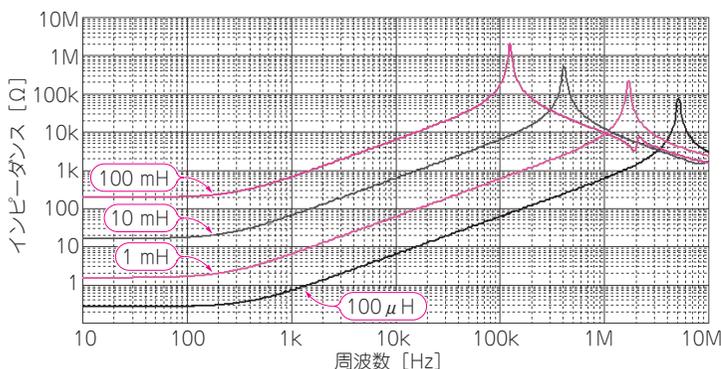


図1 マイクロインダクタのインピーダンス-周波数特性の実測値(太陽誘電, LHL10TB)

純粋なコイルのインピーダンスは $2\pi Lf$ なので、周波数に比例して上昇し続けます。しかし、現実のコイルには図1に示すように、低域ではコイルの巻き線抵抗が支配的になり平坦に、高域では巻き線の浮遊容量が支配的になり下降し、上昇下降の切り変わり周波数ではインダクタンスと浮遊容量が並列共振してピークが生じます。このピークを自己共振周波数と呼んでいます。

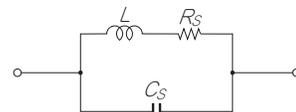
したがって、等価回路は図2のようになります。抵抗と同じ等価回路ですが、それぞれのパラメータ値の割合が抵抗とは異なります。

● コイルの寄生要素

図3は、図1の実測値で示したマイクロインダクタ(太陽誘電, LHL10TB103J)のデータシートに書かれている定数でモデリングした等価回路のシミュレーションです。 L_{ideal} が理想コイルですが、LTspiceの場合はデフォルトで $R_S = 1 \text{ m}\Omega$ が設定されているので、 1 f (フェムト: 10^{-15}) Ω に変更しています。

図3(b)のシミュレーション結果に示すように、 $R_S / (2\pi L_1) \approx 302 \text{ Hz}$ 以下の周波数では抵抗成分が支配的になりコイルとしては動作せず、抵抗の動作になっています。

また、 L_1 と C_S が、 $1 / (2\pi\sqrt{L_1 C_S}) \approx 290 \text{ kHz}$ で並列



L: 理想コイル
 R_S : コイル巻き線抵抗などにより生じる等価直列抵抗
 C_S : コイル巻き線容量などにより生じる等価並列容量

図2 コイルの等価回路