

第6章 電気エネルギーを磁気エネルギーとして保存する性質を見る

実験で学ぶコイルの基本動作

戸川 治朗
Jiro Togawa

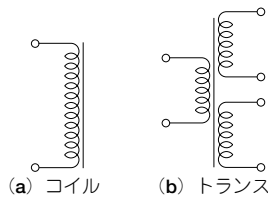
電気回路や電子回路に使われている部品の中で、コイルが最も理解しにくいものではないでしょうか。というのも、その動作がなかなか目に見えにくいからでしょう。ここでは、このコイルの基本的な動作や性質について解説します。

コイルの基礎知識

● 1本の電線もコイルだ

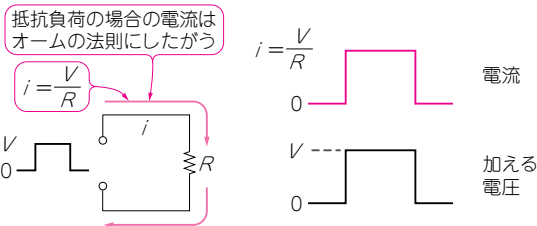
単に電線をグルグルと巻けば、コイルができていきます。それよりも、**実は単に1本の電線がすでにコイルの性格もっています。**

電圧や電流などの電力を変換するための、トランスのほうがなじみがあるかもしれません。基本的には一つの巻き線で構成されたものがコイル [図1(a)] で、同時に複数の巻き線で構成されたものがトランス [図



〈図1〉コイルとトランスの違い…基本的には一つの巻き線で構成されたものがコイル

〈図2〉⁽¹⁾ 抵抗器にパルス電圧を加えると…電圧と電流の波形は同じだ



1(b)] と、分けて考えれば良いでしょう。いずれもその性格は同じで、この両方を総称してインダクティブ・デバイスと呼んでいます。

ただし、コイルには、一つの巻き線ではなく、複数巻かれたものもあります。また、1本の巻き線でトランスを構成したものもあります。

● コイルの作用

電気回路の中で使うコイルの性質には大きく分けて次の二つがあります。

- ①交流電流を流さない
- ②エネルギーを蓄える

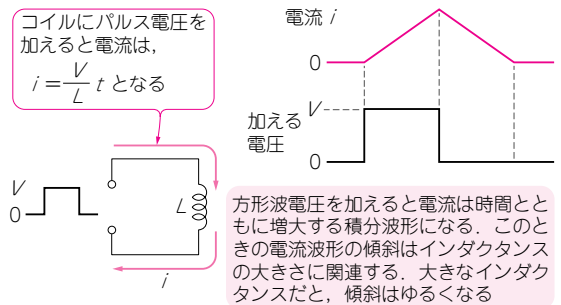
①は抵抗器と比較すると、コイルの性格がよくわかります。図2のように、抵抗器にあるパルス電圧を加えると、オームの法則にしたがって電圧波形と同じような、矩形波状の電流が流れます。このときの電流値 i は、

$$i = V/R \dots\dots\dots (1)$$

であることはよく知られています。

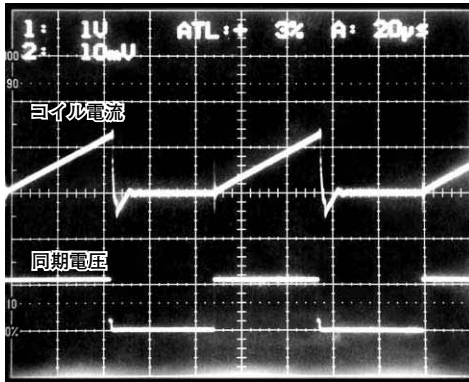
これに対してコイルに同じパルス状の電圧を加えると、図3のように三角波状の電流が流れます。決して矩形波状には流れません。

〈図3〉⁽¹⁾ コイルにパルス電圧を加えると…電流は時間とともに増大する

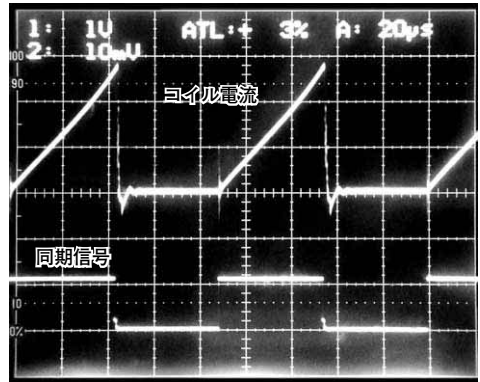


Keywords

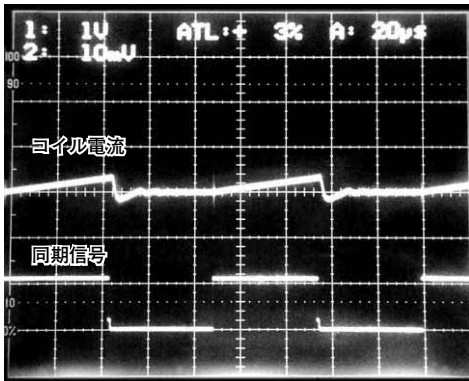
インダクタンス、インピーダンス、ダスト・コア、B-H曲線、空芯のコイル、磁束密度、飽和磁束密度、直流重量特性、電流連続モード、電流不連続モード、サージ電圧、CRスナバ回路。



〈写真1〉⁽¹⁾ コイルに流れる電流(上: 10 mA/div., 下: 1 V/div., 20 µs/div.) 下の波形は同期用



〈写真2〉⁽¹⁾ コイルに加える電圧を写真1の2倍にしたとき(上: 10 mA/div., 下: 1 V/div., 20 µs/div.)



〈写真3〉⁽¹⁾ コイルの巻き数を2倍にしたとき…巻き数が2倍ということはインダクタンスが4倍になり、電流が流れにくくなる(上: 10 mA/div., 下: 1 V/div., 20 µs/div.)

電流は時間に対して1次関数的に増加していくのです。このときの電流 i は、

$$i = tV/L \dots\dots\dots (2)$$

と表されます。 t は時間ですから、電流値は時間に対して直線的に増加することがわかります。写真1は実際にコイルに流れている電流の波形です。

②については、後で説明します。

● インダクタンスとインピーダンス

上の式の中で、 L はコイルの大きさを表していて、これをインダクタンスといいます。単位はH(ヘンリー)で表します。

コイルが交流の電流を流さないという性格は、そのインピーダンスという値によって表せます。値は Z で、

$$Z = \omega L \dots\dots\dots (3)$$

で決まります。ここで ω は $2\pi f$ ですから、周波数によってインピーダンスは高くなるのがわかります。

また、コイルのインダクタンスに比例して、インピーダンスが大きくなるのがわかります。つまり、インダクタンスが大きく、周波数が高いほどインピーダンスは大きくなり、電流が流れにくくなるわけです。

〈表1〉⁽²⁾ 各種コアの比透磁率 μ_r …インダクタンスを算出するときの最も基本的な数値。磁気飽和すると1になる

珪素鋼板	アモルファス	ニッケル・フェライト	マンガン・フェライト	ダスト・コア
2×10^4 以上	7×10^3 以上	200 以上	2000 以上	60 以上

これは抵抗器の抵抗値に相当します。単位は同じ Ω で表します。

● インダクタンスと電流

写真2を見てください。写真1のコイルに、約2倍の電圧のパルスを加えたときの電流波形です。電流の上昇する傾斜がほぼ2倍になっているのがわかります。

同じパルスの幅ですから、結果的に電流のピークも2倍に増加しています。つまり、コイルを流れる電流は、同じインダクタンスであれば加えられる電圧に比例するのです。

次に写真3です。コイルの巻き数を2倍にして、写真1と同じ電圧のパルスを加えたときの電流波形です。傾斜が約1/4となり、ピークも1/4に減少しています。

コイルのインダクタンスは、巻き数の2乗に比例して増加します。この例では、インダクタンスが4倍に増加した結果、電流値もそのぶん減少したのです。

● 実際のコイル

実際には、ただ単純に電線をグルグルと巻いた、いわゆる空芯コイルよりも、中に鉄心と呼ばれるコアを挿入したものを使うほうが現実的です。

コアとは、磁気特性をもった主成分が鉄系の金属で作られたものです。使う用途や周波数によって種類もさまざまで、表1が代表的なコアとその比透磁率 μ_r の例です。写真4は実際に巻き線されたダスト・コアです。

コアは、コイルのインダクタンスを増す目的で使われます。これは、コアの特性のうちで透磁率(比透磁率) μ_r という係数に関連しています。空芯のコイルの場合は、中が空気ですから $\mu = 1$ です。通常のコアは