

導出シリーズ 第35回 「コイルのリアクタンス」

コイルを交流電源に接続するとき、コイルに流れる電流はどのようになるのでしょうか。物理Ⅱの交流回路で登場するため理解できていない人も多い。また、公式として与えられているものを暗記しているだけの人がほとんどでしょう。そこで、今回は「コイルのリアクタンス」について取り上げてみましょう。

[交流とコイル]

電気容量 L [H] のコイルに周波数 f [Hz]、電圧の最大値 V_0 [V] の交流電源を接続する。この交流電圧を式で示すと、 $V = V_0 \sin 2\pi f t$ または、 $V = V_0 \sin \omega t$ (ただし、 $\omega = 2\pi f$ とし、角振動数という) であり、後者をよく用いる。

このとき、コイルに流れる電流を求めてみよう。このとき、使用するのはコイルの公式

$$V = (-)L \frac{\Delta I}{\Delta t} \text{ である。}$$

時刻 t [s] のときに流れる電流を I [A] とする。回路の電気抵抗はゼロとして、オームの法則より

$$V_0 \sin \omega t - L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = I \cdot 0 = 0 \text{ の関係式が成立するから、} \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{V_0}{L} \cdot \sin \omega t \text{ である。}$$

電流 I を時間 t で微分したものが $\frac{V_0}{L} \cdot \sin \omega t$ になるのだから、電流 I を求めるには、時間 t で

積分すればよいことになる。積分を実行すると $I = -\frac{V_0}{\omega L} \cdot \cos \omega t$ であることが分かる。

変形整理して $I = \left(\frac{V_0}{Z_L} \right) \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$ (ただし、 $Z_L = \omega L$) と表せる。よって、コイルの場合、

$Z_L = \omega L$ がリアクタンス(交流における抵抗成分)であり、電流の位相は、電圧の位相より $\frac{\pi}{2}$ だけ遅れることを示している。

※ コンデンサーの場合と同様に、電圧の最大値のとき、電流はゼロになり、電圧がゼロのとき、電流が最大となっている。

[コンデンサー、コイルのリアクタンスについて]

コイルのリアクタンスは $Z_L = \omega L$ (または、 $Z_L = 2\pi f L$) であるから、交流電源の周波数が大きいほどリアクタンスは大きくなる(電流が流れにくくなる)。

コンデンサーのリアクタンスは $Z_C = \frac{1}{\omega C}$ (または、 $Z_C = \frac{1}{2\pi f C}$) であるから、交流電源の周波数が大きいほどリアクタンスは小さくなる(電流が流れ易くなる)。

[応用例] この性質を利用したものに、2つの信号を分離するスプリッター(分離器)がある。家庭内の AV100V の電源ラインに複数の信号を乗せて配信する場合がある。家庭内の電源配線はすでに配置済みだから、この配線に情報(交流信号)を乗せて全部屋に配信できれば便利だ。しかも、電源配線の接続でデータ信号の配線も済んでしまうことになる。

電源となる交流は 50Hz (東日本) か 60Hz (西日本) であり、データ信号である交流は数 10MHz と大きく違う。よって、コンデンサー1つで信号を簡単に分離できる。たとえば、 $0.1\mu\text{F}$ のコンデンサーを使えば、電源となる交流では $30\text{k}\Omega$ のリアクタンスとなるが、データ信号の交流では 0.03Ω である。よって、 $0.1\mu\text{F}$ のコンデンサーを通せばデータ信号だけが取り出せるのだ。