

導出シリーズ 第37回 「変圧器の公式」

エネルギーとして使われている電気では、交流方式が世界中で使われている。交流方式は電圧を簡単に変換できるという利点を持つ。そのため、送電ロスを減らすことが可能となり、発電所から利用者への配電において効率化が可能となるからである。

本来は、直流の方式のほうが利用者には都合がよい。テレビ、ラジオ、パソコンなどでは、内部で使われている電気はすべて直流方式の電気である。交流で各家庭に配電された電気を、電気機器の内部で直流方式の電気に変換し、利用している。

パソコンの場合について説明してみよう。電力会社から送られてくる交流 100V を交流のまま、必要な電圧に変える。ここで変圧器が使われる。その交流を直流化し(ここではダイオードが使われる)、必要な直流電圧を得るのだ。パソコンの内部で使っている直流 12V、5V、3.3V をこのようにして作っている(従来の方式)。また、複雑な回路を使うのだが、交流 100V を直流 140V に変え(ダイオードを使う)コンデンサーに蓄える。この直流を高い振動数で断続するときの断続時間を変化させて任意の直流電圧を得る(ONの時間が長いほど電圧が高くなり、OFFの時間が長いほど電圧が低くなる)ことも行われている(スイッチング方式)。この方式は変換効率非常に良く、電源装置の小型化に向いているが、回路が複雑になりコストがかかるのが難点である。

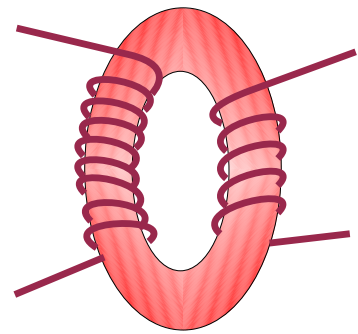
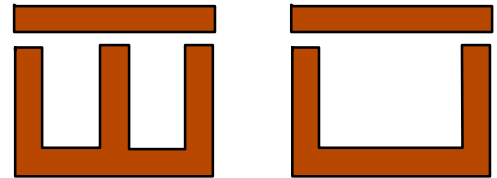


図1 トランス

【変圧器】 電圧を変える装置で、鉄芯にコイルを2つ巻きつけた構造をしている。電圧をかけるコイルを1次コイルといい、取り出す側のコイルを2次コイルという。

コイルを巻く鉄芯は渦電流発生による損失を防ぐため、積層構造(薄い鉄板を重ねたもの)を持つ場合が普通である。また、鉄芯の形は基本的なO型だけでなく、CI型 EI型など鉄芯の形は多様である。鉄芯に切れ目があるのは、コイルを巻きやすくすることだけでなく、磁束の飽和で電流が過大に流れないようにするためでもある。



1次、2次コイルの巻数の比が1次、2次電圧の比となり、 $N_1:N_2=V_1:V_2$ (変圧器の公式)が成立する。今回は、この公式を導出することにしよう。使うのは「電磁誘導の法則」である。

【導出過程】 鉄芯の断面積 S [m²]、鉄心の長さ L [m] にコイルが全体に均等に巻かれている。1次コイルの巻数を N_1 、2次コイルの巻数を N_2 、1次コイルに流れる電流が I_1 とする。1次コイルにより鉄芯内に作られる磁界は、ソレノイドと見なせるので $H=nI$ より、 $H=\frac{N_1 I_1}{L}$ に

なり、鉄芯内部の磁束は $\Phi=\mu H S=\frac{\mu N_1 I_1 S}{L}$ になる。

電磁誘導の法則 $V=N\cdot\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ より1次コイルに生じる誘導電圧は $V_1=N_1\left(\frac{\mu N_1 S}{L}\cdot\frac{\Delta I_1}{\Delta t}\right)$

になり、2次コイルに生じる誘導電圧は $V_2=N_2\left(\frac{\mu N_1 S}{L}\cdot\frac{\Delta I_1}{\Delta t}\right)$ である。

よって $V_1:V_2=N_1\left(\frac{\mu N_1 S}{L}\cdot\frac{\Delta I_1}{\Delta t}\right):N_2\left(\frac{\mu N_1 S}{L}\cdot\frac{\Delta I_1}{\Delta t}\right)$ より、 $N_1:N_2=V_1:V_2$ が得られる。