

## 第2章 トランス

トランスは、一般に二つ以上の巻線をもつコイルで、巻線間に相互インダクタンスを有することにより、エネルギーの授受が行われます。これは、巻線が磁氣的に結合することにより生じる現象です。この結合にかかわる物理量が相互インダクタンスです。

### 2.1 トランスについて

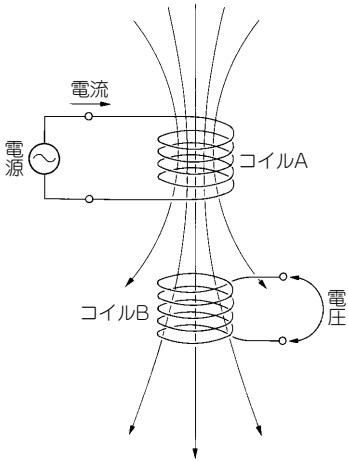
#### ① 相互インダクタンス

図2.1に示す回路について考えてみます。コイルAに電流を流すと磁束が生じます。コイルAに流れる電流を変化させると磁束も変化しますが、この変化がコイルBの両端子間に電圧を誘起します。これは一般に、コイルを貫く磁束が変化すると電圧が生じることで理解できます。このように、一方のコイルに流した電流が、他のコイルに電圧を誘起することを相互誘導といいます。

コイルBに生じた電圧を利用して電流を取り出すと、この電流により新たな磁束を生じます。この新しい磁束は、コイルAにより生じていた成分を打ち消す方向に生じます。コイルBの端子に生じていた電圧は、このような方向の電流を流す極性であったわけです(図2.2)。コイルは、巻線中の磁束が変化するのを阻止するような挙動を示します。これは、コイルAに流れる電流が増加する形で現れます。すなわち、コイルAからコイルBへと電流が伝わったわけで、電圧の伝達とともに電力が伝達されることがわかります。

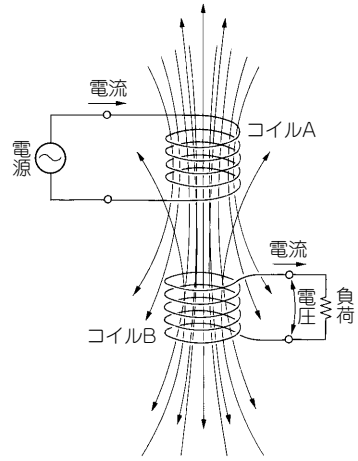
これらの図を見ると、磁束には二つのタイプがあるのに気がつきます。両方のコイルに交わるものと、磁束の発生源であるコイルだけに交わるものです。この2種類の特徴を明確にして、先ほどの図を模式的に書き表すことによって、回路の理解を深めることができます。

図2.3はコイルBへの電圧の発生を表し、両方のコイルに交わる磁束が電圧の発生に関与します。コイルBから電流を取り出すと、図2.4のようになります。両方のコイルに交



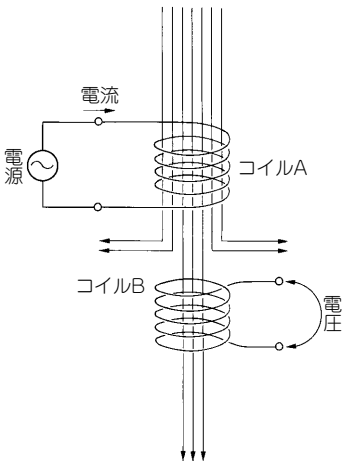
[図2.1] 相互誘導による電圧の誘起

コイルAにより生じる磁束が変化すると、コイルBに電圧が生じる。



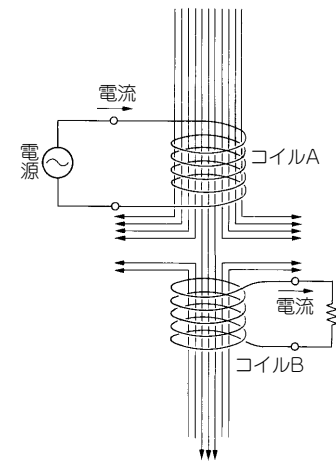
[図2.2] 電流の伝達

コイルBに流れる電流は、コイルAの電流を増加させる。



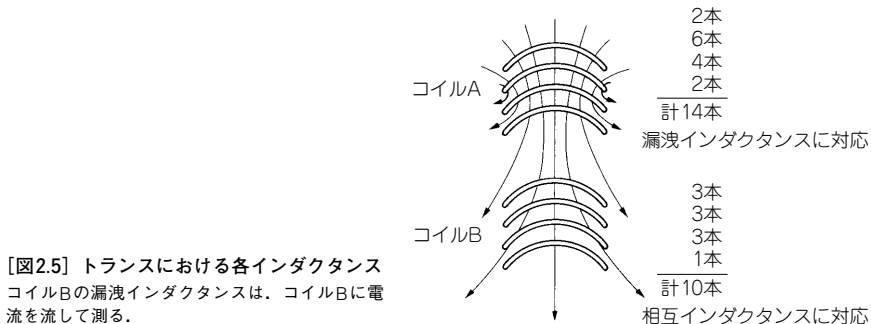
[図2.3] 相互誘導の模式図

磁束には二つのタイプがある。両方のコイルと交わる磁束(の変化)がコイルBに電圧を発生させる。



[図2.4] 相互誘導による電圧の誘起

両方のコイルと交わる磁束は変わらない。コイルBから横へ漏れる磁束が生じる。コイルAの電流の増加により、横へ漏れる成分も増加していることに注意。



【図2.5】 トランスにおける各インダクタンス  
コイルBの漏洩インダクタンスは、コイルBに電  
流を流して測る。

わる磁束はコイルAの電流の増加により、同じ値に維持され、また、コイルBの電流により、一つのコイルにしか交わらないタイプの磁束が生じます。この磁束は、コイルBの電流値により増減します。これはコイルAについても同様ですが、共有する磁束については、コイルAとコイルBの電流の関係により負荷のないときと同じ値をとり続けます。

2種類ある磁束のうち、二つのコイルに交わる磁束を励磁磁束 (magnetizing flux) と呼び、これに関するインダクタンスを励磁インダクタンス (magnetizing inductance) といいます。また、磁束の発生源のコイルだけに交わる磁束を漏洩磁束 (leakage flux) と呼び、これに関するインダクタンスを漏洩インダクタンス (leakage inductance) といいます。インダクタンスは単位電流を流したときの鎖交磁束数なので、図2.5のようにして数えることができます。

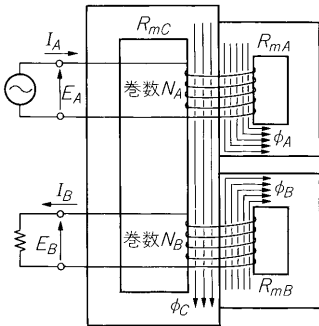
コイルBが無負荷のときにコイルAに流れる電流を、励磁電流と呼びます。また、便宜上、信号源が接続される巻線を一次巻線、負荷側を二次巻線と呼びます。

## ② トランスの電圧と電流そして等価回路

前述した模式図をもとに、トランスの電圧や電流の関係を調べてみます。模式図のトランスには3種類の磁束があるので磁路を3本考え、入・出力電圧の関係を求めます。磁束やインダクタンスの諸量を図2.6に示し、入出力電圧・電流の関係を図2.7に、そして特別に漏洩インダクタンスのない場合の関係を図2.8に示します。

出力電圧は、漏洩インダクタンスがない場合は、図2.8の式(6)のように巻数比で決まります。漏洩インダクタンスがあると、図2.7の式(4)のように電圧比が巻数比からずれる(1番目の項)とともに、負荷電流が流れると電圧が低下します(2番目の項)。

入出力電流の関係は、図2.8の式(8)のように基本的には巻数に逆比例しますが、入力



磁束：

$$\phi_A = \frac{N_A \cdot I_A}{R_{mA}} \quad \phi_B = \frac{N_B \cdot I_B}{R_{mB}} \quad \phi_C = \frac{N_A \cdot I_A - N_B \cdot I_B}{R_{mC}}$$

漏洩インダクタンス：

$$L_{\ell A} = \frac{N_A^2}{R_{mA}} \quad L_{\ell B} = \frac{N_B^2}{R_{mB}}$$

励磁インダクタンス：

$$L_{mA} = \frac{N_A^2}{R_{mC}} \quad (\text{A側値}) \quad L_{mB} = \frac{N_B^2}{R_{mC}} \quad (\text{B側値})$$

自己インダクタンス：

$$L_A = L_{\ell A} + L_{mA} \quad L_B = L_{\ell B} + L_{mB}$$

相互インダクタンス：

$$M = \frac{N_A \cdot N_B}{R_{mC}}$$

結合係数：

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_A \cdot L_B}}$$

[図2.6] トランスの諸量

電流には式(7)のように励磁電流 $I_A$ が加わります。漏洩インダクタンスがあると正確には図2.7の式(3)で、少しずれた値になります。励磁電流 $I_A'$ は、二次巻線が無負荷のときに一次巻線に流れる電流で、トランス内に両巻線に交わる磁束を作ります。

以上から、トランスの等価回路として図2.9が得られます。理想トランスを使ってトランスの絶縁機能を表しています。漏洩インダクタンスがない場合には、入出力電圧比は巻数比になり、入力電流は、出力電流の入力側換算値(巻数に逆比例)に、励磁電流が加わったものになります。

励磁インダクタンスに比べて漏洩インダクタンスが小さいトランスは結合が強いと言われ、入出力電圧の巻数比がよく成り立ちます。この結合の度合いを結合係数 $k$ で表すこともあります(図2.6参照)。

理想トランスは、結合度 $k$ が1(完全に結合、漏洩インダクタンスなし)、励磁インダクタンスが無限大で一次-二次間は絶縁されますが、直流も通す仮想のトランスです。

また、理想トランスを右端に置き、他を左側にまとめて、図2.10(a)のように書くこともあります。これは、よくT型等価回路と呼ばれます。

以上は、磁気回路を元にしたトランスの等価回路です。