

VII. 変圧器の原理

1. 変圧器とは

変圧器とは、鉄心と二つ又は三つ以上の巻線とを有し、かつそれらが相互に位置を変えない装置で、一つ又は二つ以上の回路から交流電力を受け、電磁誘導作用により電圧及び電流を変成して、他の一つ又は二つ以上の回路に同一周波数の交流電力を供給するものをいう。

2. 変圧器の原理

鉄損を生じない、磁化電流が無限に少い鉄心及び抵抗のない電線を巻装した、漏れ磁束のない変圧器を理想変圧器と呼ぶ。この理想変圧器が、有効鉄心断面積 S_e 、有効鉄心磁路長 ℓ の鉄心とこの鉄心に巻装された巻数 N_1 自己インダクタンス L_1 の一次巻線と巻数 N_2 、自己インダクタンス L_2 の二次巻線で構成されるとき、一次巻線に交流電圧 V_1 を加えると二次巻線に、一次巻線と二次巻線の巻数比に比例した交流電圧 V_2 が発生する。また、二次巻線に交流負荷電流 I_2 を通過するとき、一次巻線に巻数比に逆比例した交流負荷電流 I_1 が通過する。これらの作用原理は、相互電磁誘導作用であるが、ファラデーの電磁誘導に関する法則(コイルを貫く磁束が変化するとき、変化を妨げる向きに電流を流そうとする誘起電圧が発生するという原理)で説明される。電磁誘導の法則の公式と電圧変成、電流変成の誘導式の例を次に示す。

備考 . V_1 、 V_2 は、端子電圧の大きさであるが、理想変圧器を考えるので、誘起電圧の大きさも同じとし、記号を同一にしてある。(1)、(2)式が原理式。

$$V_1 (V_2) = -N_1 (N_2) d\phi / dt \quad (1)$$

$$V_1 (V_2) = -L_1 (L_2) dI_1 (I_2) / dt \quad (2)$$

(1)式から

$$V_1 / V_2 = N_1 / N_2 = \alpha \dots\dots\dots \text{電圧変成} \quad (3)$$

(1)、(2)式から

$$L_1 dI_1 = N_1 d\phi \quad (4)$$

$$L_2 dI_2 = N_2 d\phi \quad (5)$$

(4)、(5)式から

$$(L_1 / N_1) dI_1 = (L_2 / N_2) dI_2 \quad (6)$$

ここで、

$$L_1 = \mu N_1^2 S_e / \ell \quad (7)$$

$$L_2 = \mu N_2^2 S_e / \ell \quad (8)$$

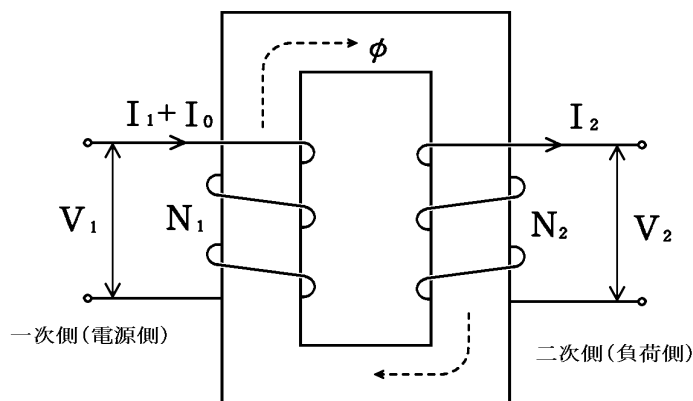
(7)、(8)式を(6)式に代入すると、

$$N_2 dI_1 = N_2 dI_2 \quad (9)$$

(9)式の両辺を定積分し整理すると、

$$I_1 / I_2 = N_2 / N_1 = 1 / \alpha \dots\dots\dots \text{電流変成} \quad (10)$$

下図に無負荷電流 I_0 を考えた場合の原理説明図を示す。



3. 変圧器関連計算式

項 目	計 算 式
線路電流 又は 変圧器の定格電流 : I_i	$I_i = \text{kVA} \times 10^3 / (n_1 \times V_i) \quad [\text{A}]$ <p> kVA : 変圧器の容量 n_1 : 単相..... 1 , 三相..... 3 V_i : 線間電圧 又は 変圧器の定格電圧 [V] </p>
変圧器の相電流 : I_p	$I_p = \text{kVA} \times 10^3 / (n_2 \times V_i) \quad [\text{A}]$ <p> n_2 : 単相..... 1 , 三相(結線).....3 三相(Y結線)..... 3 </p>
変圧器の短絡電流 (線路電流) : I_s	$I_s = I_i \times (100 / \%V_Z) \quad [\text{A}]$ <p> $\%V_Z$: 変圧器 又は (変圧器 + 線路)の変圧器容量ベースの 短絡インピーダンス [%] </p>
短絡インピーダンス : $\%V_Z$	$\%V_Z = (\%V_r^2 + \%V_x^2) \quad [\%]$ $\%V_Z = 100 \times (V_Z / V_i) \quad [\%]$ <p> $\%V_r$: %抵抗電圧 ($\%V_r = p$ とすると、) $p = (\text{負荷損}[\text{kW}] / \text{定格容量}[\text{kVA}]) \times 100 \quad [\%]$ $\%V_x$: %リアクタンス電圧 ($\%V_x = q$ とすると、) $q = (\%V_Z^2 - \%V_r^2)$ V_Z : 短絡インピーダンス [V] </p> <p> 備考 1 . $\%V_Z$と$\%V_r$は、測定によって得られるが、$\%V_x$は、計算によって求める。 2 . 「短絡インピーダンス」の語は、従来の「インピーダンス電圧」に同じ。 </p>
電圧変動率 :	$= p \cos \theta + q \sin \theta + (q \cos \theta - p \sin \theta)^2 / 200 \quad [\%]$ <p> θ : 二次端子電圧と二次電流との位相角 規格上は、力率(= $\cos \theta$)を1として計算する。 従って、$\cos \theta = 1$ $\sin \theta = 0$ 故に、上式は、 $= p + q^2 / 200$ </p>
効率 :	$= (\text{kVA} / (\text{kVA} + \text{kW}_t)) \times 100 \quad [\%]$ <p> kW_t : 無負荷損[kW] と負荷損[kw] の和 </p>