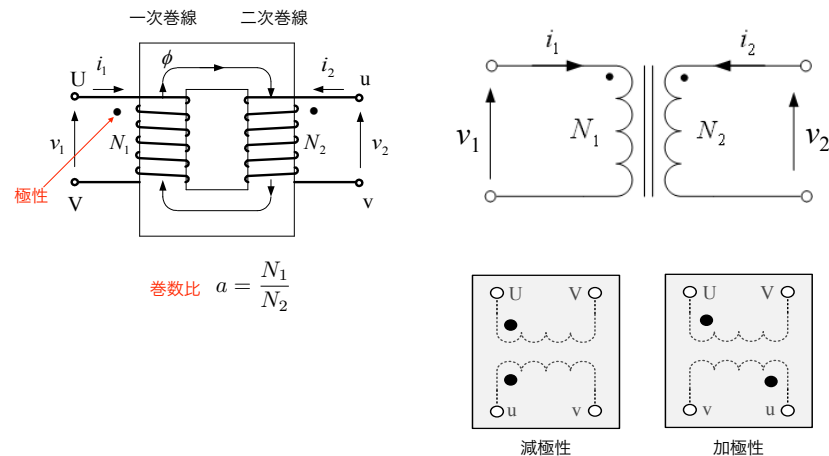


第2回 変圧器の基礎 (理想変圧器)

今日のテーマ

- ・ ACアダプタに電源スイッチが付いていないのは何故？
- ・ 変圧器が入っている電気回路を簡単に解析するには？
- ・ 高電圧・大電流の計測はどうすればよいのか？

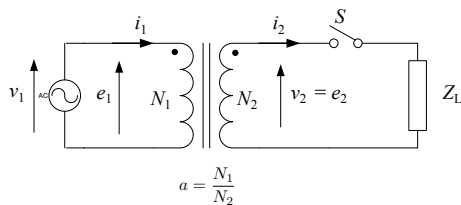
2.5 理想変圧器の原理と動作



図・写真提供: 一般社団法人電気学会『電気機器・パワーエレクトロニクス通論』

2.6 理想変圧器の特性

- (1) 巻線抵抗が0
- (2) 透磁率が ∞ (磁気抵抗が0), ヒステリシス現象がない, 漏れ磁束がない
- (3) 損失が0



スイッチSがオフのとき

一次電圧と二次電圧の関係

$$v_1 = \sqrt{2}V_1 \sin \omega t = e_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$v_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt} = e_2$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{e_1}{e_2} = a \quad (\text{巻数比})$$

$$\frac{v_1}{N_1} = \frac{v_2}{N_2} \quad (\text{巻数1回あたりの電圧が等しい})$$

一次電流と二次電流の関係

$$i_1 = 0 \quad i_2 = 0$$

スイッチSをオンにすると

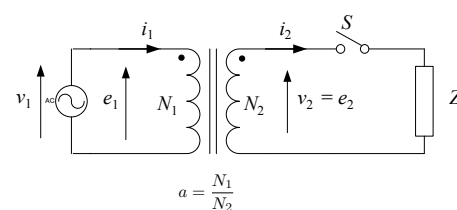
$$i_2 = \frac{v_2}{Z_L}$$

$$N_1 i_1 = N_2 i_2 \quad (\text{アンペアターンが等しい})$$

$$i_1 = \frac{N_2}{N_1} i_2 = \frac{1}{a} i_2$$

図・写真提供: 一般社団法人電気学会『電気機器・パワーエレクトロニクス通論』

理想変圧器の等価回路



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

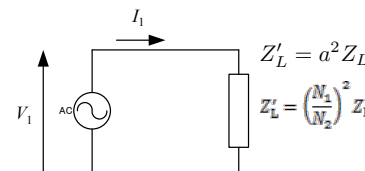
$$N_1 I_1 = N_2 I_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = a$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2 \quad (\text{皮相電力が等しい})$$

(変圧器の容量は皮相電力[VA]で表わす)

一次側換算等価回路



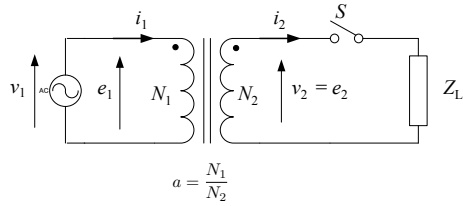
$$I_2 = \left| \frac{\dot{V}_2}{Z_L} \right| = \frac{V_2}{Z_L}$$

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} V_2 = \frac{N_1}{N_2} Z_L I_2 = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L I_1 = Z'_L I_1$$

$$\text{ただし, } Z'_L = a^2 Z_L$$

図・写真提供: 一般社団法人電気学会『電気機器・パワーエレクトロニクス通論』

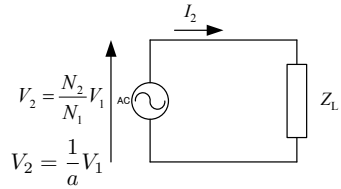
理想変圧器の等価回路



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a$$

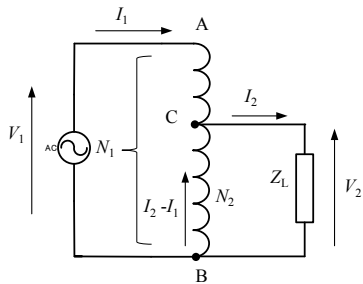
$$V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1 = \frac{1}{a} V_1$$

二次側換算等価回路



図・写真提供: 一般社団法人電気学会『電気機器・パワーエレクトロニクス通論』

2.7 単巻変圧器



電圧 $V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

電流 **起磁力の総和が0**

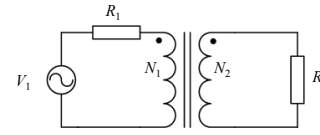
$$(N_1 - N_2)I_1 = N_2(I_2 - I_1)$$

$$N_1 I_1 = N_2 I_2$$

- ・単巻変圧器は一次、二次の電圧、電流の関係は2巻線をもつ変圧器とまったく同じ
- ・一次側と二次側は、絶縁されていない
- ・BC間の巻線は一次と二次の電流の差が流れるので、巻線を細くでき銅量を減らすことができる

図・写真提供: 一般社団法人電気学会『電気機器・パワーエレクトロニクス通論』

【例題2.2】 図2.16(a)の回路でR1は電源の内部抵抗である。負荷抵抗R2で消費される電力Pを最大にする巻数比aを求めよ。



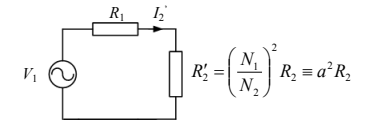
整合変圧器

$$P = a^2 R_2 (I_2')^2 = \frac{V_1^2 a^2 R_2}{(R_1 + a^2 R_2)^2}$$

$$= \frac{V_1^2}{\frac{R_1^2}{a^2 R_2} + 2R_1 + a^2 R_2}$$

$$= \frac{V_1^2}{\left(\frac{R_1}{a\sqrt{R_2}} - a\sqrt{R_2}\right)^2 + 4R_1}$$

一次側換算等価回路



分母が最小のとき、Pが最大となる

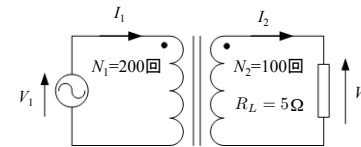
よって、 $\frac{R_1}{a\sqrt{R_2}} = a\sqrt{R_2}$

すなわち、 $R_1 = a^2 R_2$

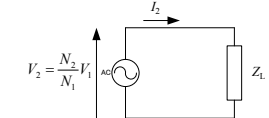
(答) $a = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$ のとき、 $P_{\max} = \frac{V_1^2}{4R_1}$

図・写真提供: 一般社団法人電気学会『電気機器・パワーエレクトロニクス通論』

【例題2.3】 図2.18の理想変圧器の一次巻線に実効値100 [V]の正弦波交流電圧源を接続したときのV2, I1, I2を求めよ。



二次側換算等価回路を用いて解く

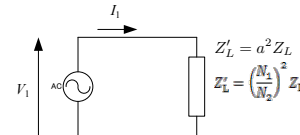


$$V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1 = \text{[] [V]}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_L} = \frac{50}{5} = 10 \text{ [A]}$$

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} I_2 = \frac{100}{200} \times 10 = 5 \text{ [A]}$$

一次側換算等価回路を用いてI1, I2を求める



$$R_L' = a^2 R_L = \text{[] [Ω]}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_L'} = \text{[] [A]}$$

$$I_2 = \frac{N_1}{N_2} I_1 = a I_1 = \text{[] [A]}$$

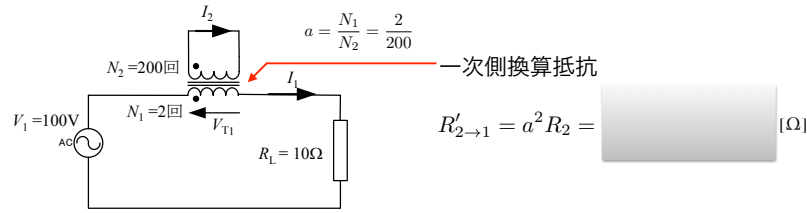
一次、二次の電力の関係を用いてI1を求める

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

$$I_1 = \frac{V_2}{V_1} I_2 = \frac{50}{100} \times 10 = 5 \text{ [A]}$$

図・写真提供: 一般社団法人電気学会『電気機器・パワーエレクトロニクス通論』

[例題2.4] 図2.19の回路で、理想変圧器の二次側は短絡されている。
 I_1, I_2 を求めよ。



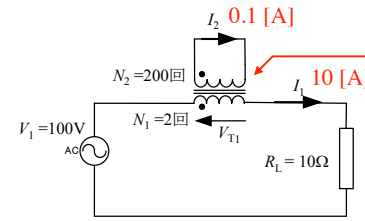
$$I_1 = \text{[]} \text{ [A]}$$

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \text{ より,}$$

$$I_2 = \text{[]} \text{ [A]}$$

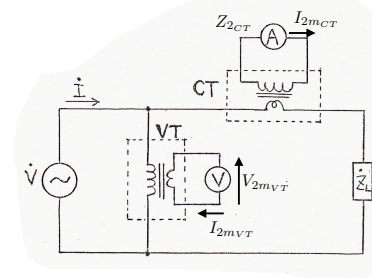
図・写真提供: 一般社団法人電気学会『電気機器・パワーエレクトロニクス通論』

2.8 計器用変成器



変流器
 CT (Current Transformer)

計器用変圧器
 VT (Voltage Transformer)
 PT (Potential Transformer)



計器用変成器の負担

$$Z_{2CT} I_{2mCT}^2$$

$$V_{2mVT} I_{2mVT}$$

図・写真提供: 一般社団法人電気学会『電気機器・パワーエレクトロニクス通論』

レポート (第2回)



テキスト 第2章
 問題 (3) ~ (10)

(理想)変圧器の二次側に負荷を接続していない場合は、
 一次電流が流れない理由を説明せよ。

