

2月22日

各種変圧器

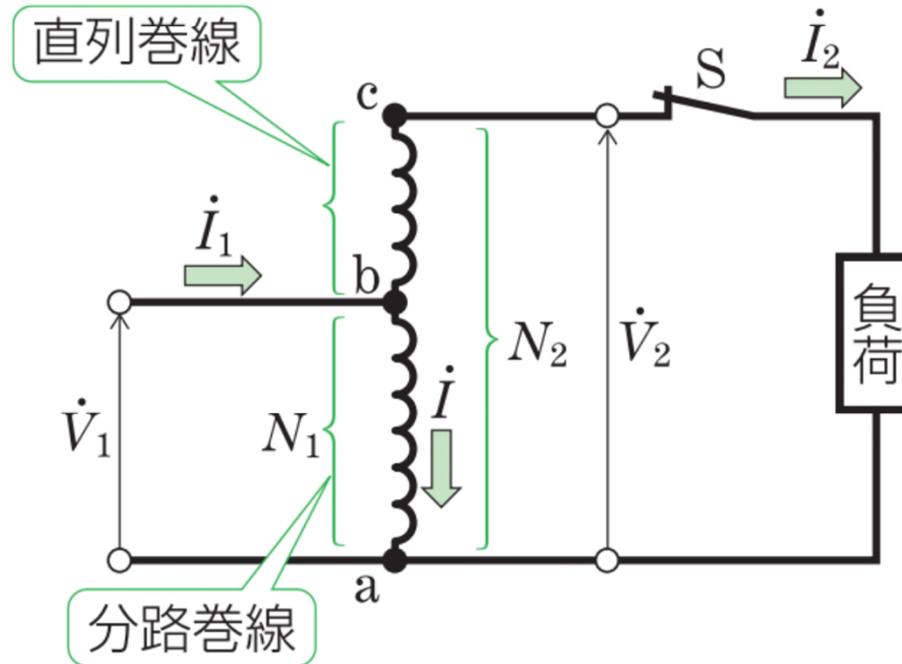
1

単巻変圧器

端子が出ている。

a 原理

単巻変圧器は、図5に示すように、巻線は一つしかなく、巻線の一部から

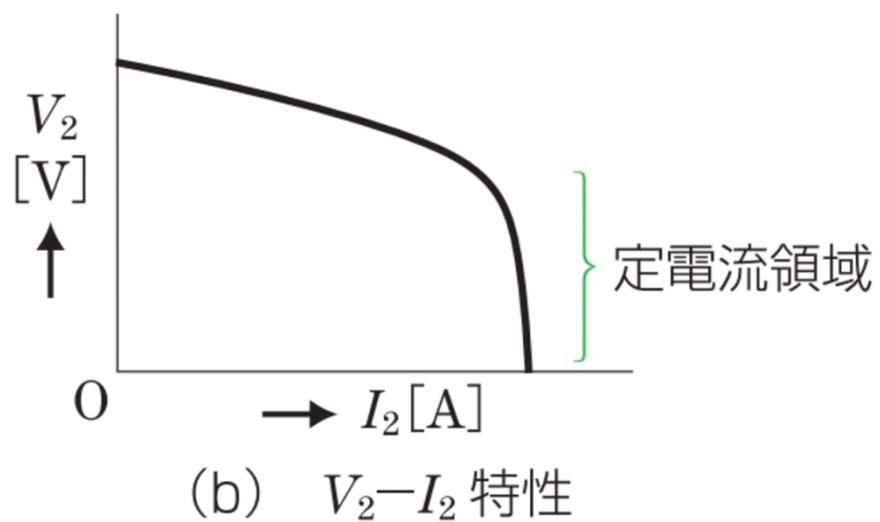
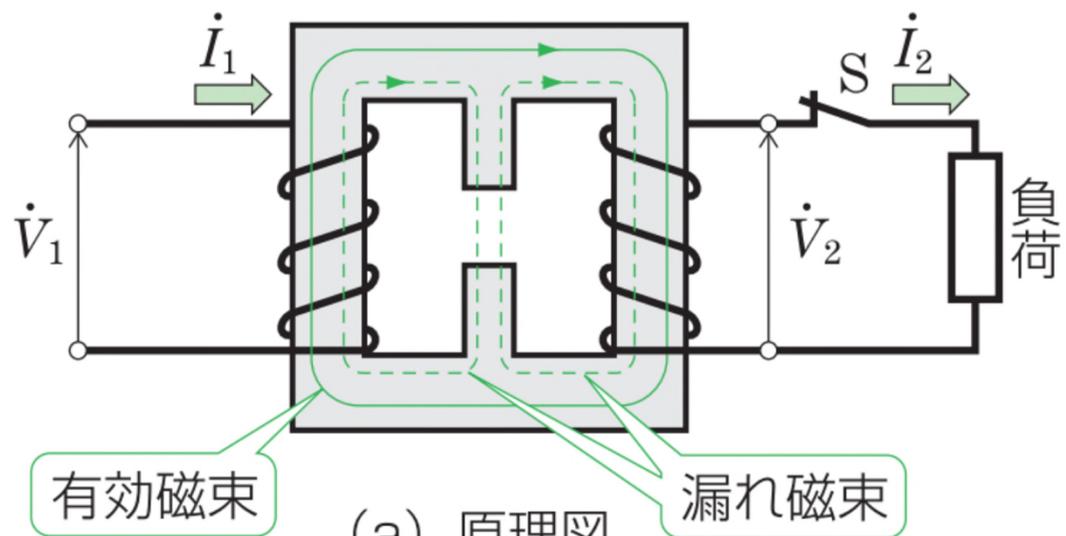


▲図5 単巻変圧器

3

磁気漏れ変圧器

図7(a)に示すように、磁路の一部にギャップがある鉄心に、一次巻線・二次巻線を巻いた変圧器を**磁気漏れ変圧器**^③という。この変圧器は、図7(b)に示すように、負荷電流 I_2 [A] が増加すると、漏れ磁束が増加し、二次側端子電圧が急激に減少する。このような特性を示す領域では、電圧が変わっても負荷電流が一定に保たれる。したがって、この特性は**定電流特性**とよばれる。



磁気漏れ変圧器は，定電流特性をもつため，蛍光灯安定器やアーク溶接機用変圧器，図8のような，ネオンを点灯するためのネオン管用変圧器などに用いられる。



一次電圧 100 V
二次電圧 15 kV

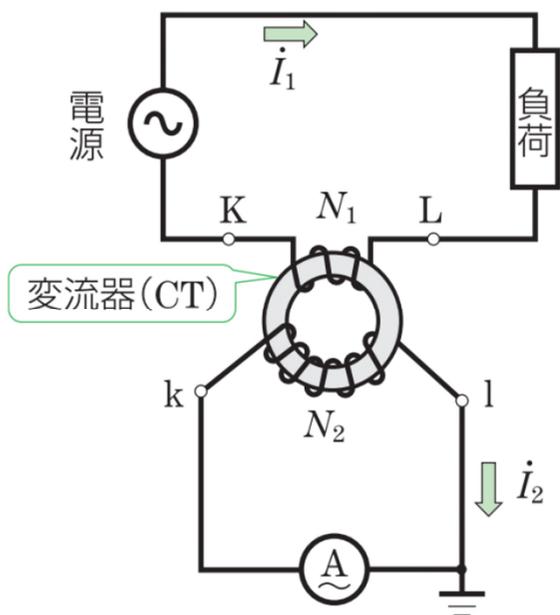
▲図8 ネオン管用
変圧器の例

3

計器用変成器

送配電系統の高電圧・大電流を一般の指示計器を用いて直接測定することは危険である。このような場合には、高圧回路と絶縁し、低電圧・小電流に変成して測定する。このために用いる変圧器を計器用変成器といい、変流器と計器用変圧器とがある。

変流器には、図 11 (a)に示すように、一次巻線・二次巻線とも鉄心に巻いた形式のものや、図 12 (a)に示すように、一次巻線のかわりに 1 本の配線ケーブルや棒状導体を鉄心に貫通させた貫通形とよばれるものがある。図 11 (b)、図 12 (b)と図 12 (c)はそれぞれの外観を示す。また、図 11 (c)に変流器の図記号を示す。



(a) 原理図



6.9 kV 1000 / 5A 40V・A

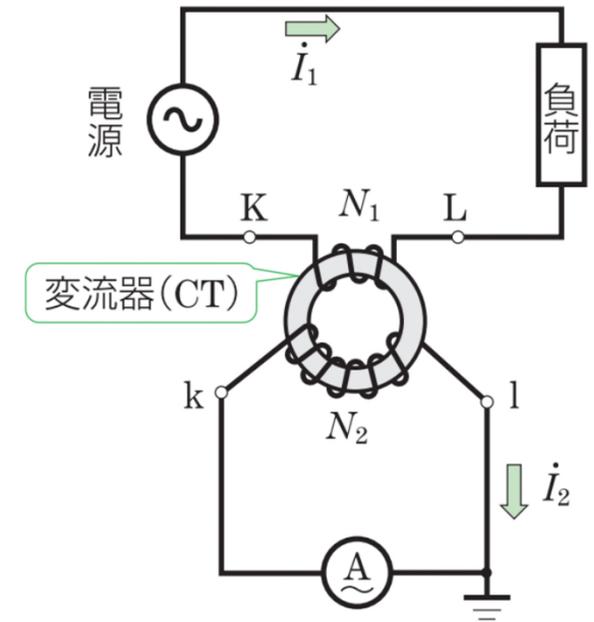
(b) 外観



(c) 図記号

なお、**通電中に CT の二次側から計器を取り外す場合には、必ず二次側を短絡しておかなければならない。**二次側を開放のまま、一次側に被測定電流を流すと、被測定電流がすべて励磁電流となり、CT のコイルに高圧が発生し、焼損するおそれがある。また、焼損しなくても人体に危険である。

$N_1 = 10$, $N_2 = 1000$ とすれば,
 $I_2 = 2\text{ A}$ であれば, I_1 は
いくら流れているか



(a) 原理図

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} I_2 = \frac{1}{a} I_2 = K_{CT} I_2 \quad (11)$$

$$a = N_1 / N_2 = 10 / 1000 = 1 / 100$$

$$1/a = 100$$

$I_2 = 2 \text{ A}$ であれば,

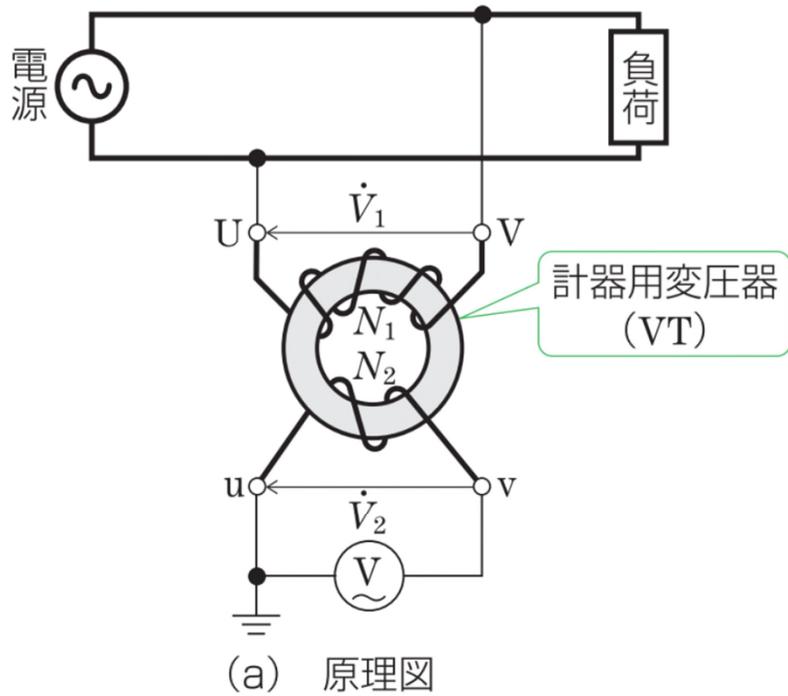
$$I_1 = 2 * 100 = 200$$

2

計器用変圧器

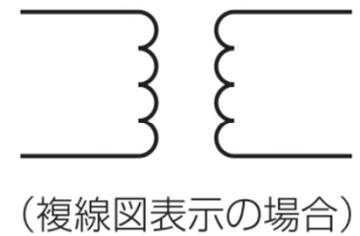
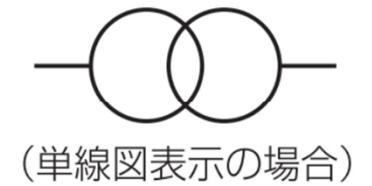
図 13 に示す一次巻線・二次巻線の巻数がそれぞれ N_1 , N_2 の変圧器がある。一次側に被測定電圧 V_1 [V] を加え，二次電圧 V_2 [V] を電圧計 V で測定すると， V_1 は，次式から求められる。

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} V_2 = \alpha V_2 = K_{VT} V_2 \quad (12)$$



6.6 kV / 110 V 100 V·A

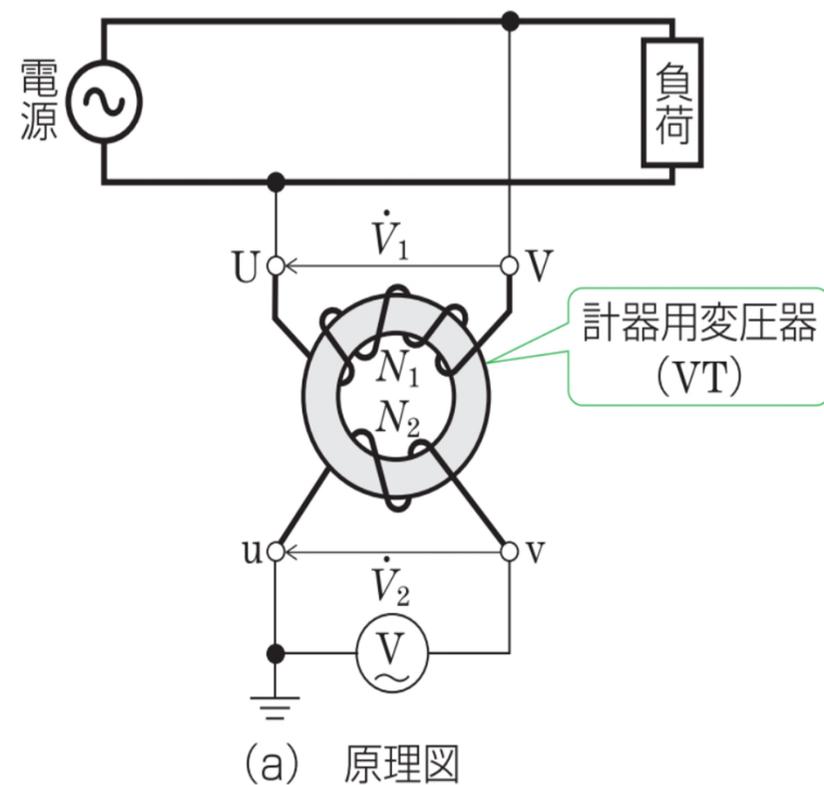
(b) 外観



(c) 図記号

▲ 図 13 計器用変圧器

$N_1 = 1000$, $N_2 = 10$ とすれば, $V_2 = 20 \text{ V}$ であれば, V_1 はいくらか



$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} V_2 = a V_2 = K_{VT} V_2 \quad (12)$$

$$a = N_1 / N_2 = 1000 / 10 = 100$$

$$V_1 = 100 * 20 = 2000$$

節末問題

定格容量 $10 \text{ kV}\cdot\text{A}$ ，定格二次電圧 200 V の単相変圧器が 3 台ある。次の各問いに答えよ。ただし，変圧器の巻数比は 15 である。

- (1) $\Delta - \Delta$ 結線のときの容量 $P_{\Delta} [\text{kV}\cdot\text{A}]$ を求めよ。
- (2) 変圧器を 2 台用いて $V - V$ 結線としたときの容量 $P_V [\text{kV}\cdot\text{A}]$ を求めよ。
- (3) $\Delta - \Delta$ 結線とし，定格負荷を接続したときの一次電流 $I_1 [\text{A}]$ ，二次電流 $I_2 [\text{A}]$ ，および巻線に流れる電流 $I_1' [\text{A}]$ ， $I_2' [\text{A}]$ を求めよ。

- (1) $\Delta - \Delta$ 結線のときの容量 P_{Δ} [kV·A]を求めよ。
- $10 \times 3 = 30 \text{ kVA}$

- (2) 変圧器を 2 台用いて V-V 結線としたときの容量 P_V [kV·A]を求めよ。
- $10 \times \sqrt{3}$

- (3) $\Delta - \Delta$ 結線とし，定格負荷を接続したときの一次電流 I_1 [A]，二次電流 I_2 [A]，および巻線に流れる電流 I_1' [A]， I_2' [A]を求めよ。
- 二次電流 I_2' [A] = $10000/200 = 50$ A
- 二次電流 I_2 [A] = $50 \times \sqrt{3} = 86.6$ A
- 一次電流 I_1' [A] = $I_2'/a = 50/15 = 3.33$ A
- 一次電流 I_1 [A] = $3.33 \times \sqrt{3} = 5.77$ A

節末問題

50 kV·A の単相変圧器 3 台を用いて、 Δ - Δ 結線とし、150 kV·A の電力を供給している。しかし、1 台の変圧器が故障したので V-V 結線にして運転をしたい。この場合の負荷容量 PV [kV·A] を求めよ。

$$50 \times \sqrt{3} = 86.6 \text{ [kVA]}$$

P-126- 章末問題 6

- 単相変圧器の一次側に電流計，電圧計および電力計を接続して二次側を短絡し，一次側に定格周波数の電圧を供給した。電流計が 40 A を示すよう一次側の電圧を調整したところ，電圧計は 80 V，電力計は 1200 W を示した。この変圧器の一次側からみた漏れリアクタンスの値を求めよ。

- $Z = V/I = 80/40 = 2 [\Omega]$
- $P = I * I * r = 1200$
- $r = 1200 / (40 * 40) = 1200 / 1600 = 3/4$
- $X = \sqrt{(2 * 2 - 0.75 * 0.75)} = 1.85 [\Omega]$

P-126- 章末問題 7

- 一次電圧 6600 V, 二次電圧 210 V, 容量 300 kV·A の単相変圧器がある。この変圧器の二次側を短絡し, 一次側に定格電流を流して, 負荷損測定を行った。このときの一次電圧が 300 V, 一次入力電力が 3.6 kW であった。次の各値を求めよ。
- (1) 百分率抵抗降下 p [%]
- (2) 短絡インピーダンス $\%Z$ [%]
- (3) 百分率リアクタンス降下 q [%]
- (4) 遅れ力率が 60 %, 80 %, 100 % のときの各電圧変動率 ε_{60} , ε_{80} , ε_{100} [%]

(1) 百分率抵抗降下 p [%]

一次定格電流 = $300/6.6 = 45.45\text{A}$

$$P = I^* I^* r = 3600$$

$$r = 3600 / (45.45 * 45.45) = 1.74 [\Omega]$$

$$p = (1.74 * 45.45) * 100 / 6600 = 1.2 [\%]$$

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{r_{21} I_{2n}}{V_{2n}} \times 100 \\ q &= \frac{x_{21} I_{2n}}{V_{2n}} \times 100 \end{aligned} \right\}$$

$$\varepsilon = p \cos \theta + q \sin \theta$$

- (3) 百分率リアクタンス降下 $q[\%]$
- $Z=V/I=300/45.45=6.6[\Omega]$
- $X=\sqrt{(6.6*6.6-1.74*1.74)}=6.37[\Omega]$
- $q=6.37*45.45*100/6600=4.38[\%]$

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{r_{21}I_{2n}}{V_{2n}} \times 100 \\ q &= \frac{x_{21}I_{2n}}{V_{2n}} \times 100 \end{aligned} \right\}$$

$$\varepsilon = p \cos \theta + q \sin \theta$$

- (2) 短絡インピーダンス $\%Z[\%] = \sqrt{p^2 + q^2}$
- $= \sqrt{1.2^2 + 4.38^2} = 4.54[\%]$

 短絡インピーダンス $\%Z[\%]$ の式のまとめ

$$\%Z = \frac{Z_{12}}{Z_n} \times 100 \qquad \%Z = \frac{Z_{12} \cdot P_n}{V_{1n}^2} \times 100$$

$$\%Z = \frac{Z_{12} \cdot I_{1n}}{V_{1n}} \times 100 \qquad \%Z = \frac{V_{1Z}}{V_{1n}} \times 100$$

$$\%Z = \sqrt{p^2 + q^2}$$

- (4) 遅れ力率が 60 %, 80 %, 100 % のときの各電圧変動率
 ε_{60} , ε_{80} , ε_{100} [%]
- $\varepsilon_{60} = p \cdot \cos \theta + p \cdot \sin \theta = 1.2 \cdot 0.6 + 4.38 \cdot 0.8 = 4.22$ [%]
- $\varepsilon_{80} = p \cdot \cos \theta + p \cdot \sin \theta = 1.2 \cdot 0.8 + 4.38 \cdot 0.6 = 3.59$ [%]
- $\varepsilon_{100} = p \cdot \cos \theta + p \cdot \sin \theta = 1.2 \cdot 1 + 4.38 \cdot 0 = 1.2$ [%]