

電験二種 オンライン講座

二種理論 電気計測(Ⅰ)

三種 HI9 問14

問14 次の文章は、電圧計と電流計を用いて抵抗負荷の直流電力を測定する場合について述べたものである。

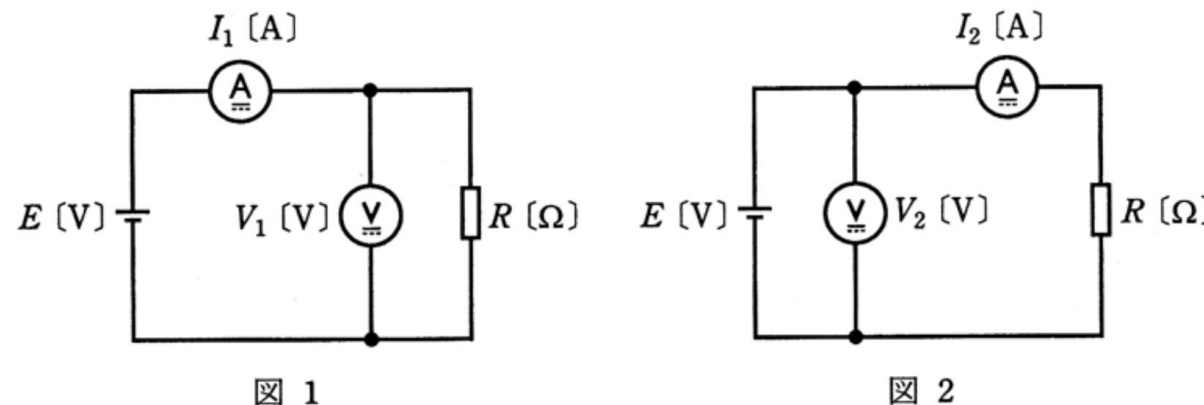
電源 E [V]、負荷抵抗 R [Ω]、内部抵抗 R_v [Ω] の電圧計及び内部抵抗 R_a [Ω] の電流計を、それぞれ図 1、図 2 のように結線した。図 1 の電圧計及び電流計の指示値はそれぞれ V_1 [V]、 I_1 [A]、図 2 の電圧計及び電流計の指示値はそれぞれ V_2 [V]、 I_2 [A] であった。

図 1 の回路では、測定で求めた電力 $V_1 I_1$ [W] には、計器の電力損失 \square (ア) [W] が誤差として含まれ、図 2 の回路では、測定で求めた電力 $V_2 I_2$ [W] には、同様に \square (イ) [W] が誤差として含まれる。

したがって、 $R_v=10$ [k Ω]、 $R_a=2$ [Ω]、 $R=160$ [Ω] であるときは、 \square (ウ) の回路を利用する方が、電力測定の誤差率を小さくできる。

ただし、計器の電力損失に対する補正は行わないものとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(ウ)に当てはまる語句又は式として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。



| | (ア) | (イ) | (ウ) |
|-----|---------------------|---------------------|-----|
| (1) | $\frac{V_1^2}{R_v}$ | $I_2^2 R_a$ | 図 2 |
| (2) | $I_1^2 R_a$ | $\frac{V_2^2}{R_v}$ | 図 1 |
| (3) | $I_1^2 R_a$ | $\frac{V_2^2}{R_v}$ | 図 2 |
| (4) | $\frac{V_1^2}{R_v}$ | $I_2^2 R_a$ | 図 1 |
| (5) | $I_1 R_a^2$ | $\frac{V_2^2}{R_v}$ | 図 2 |

三種 HI9 問14

問14 次の文章は、電圧計と電流計を用いて抵抗負荷の直流電力を測定する場合について述べたものである。

電源 E [V]、負荷抵抗 R [Ω]、内部抵抗 R_v [Ω] の電圧計及び内部抵抗 R_a [Ω] の電流計を、それぞれ図 1、図 2 のように結線した。図 1 の電圧計及び電流計の指示値はそれぞれ V_1 [V]、 I_1 [A]、図 2 の電圧計及び電流計の指示値はそれぞれ V_2 [V]、 I_2 [A] であった。

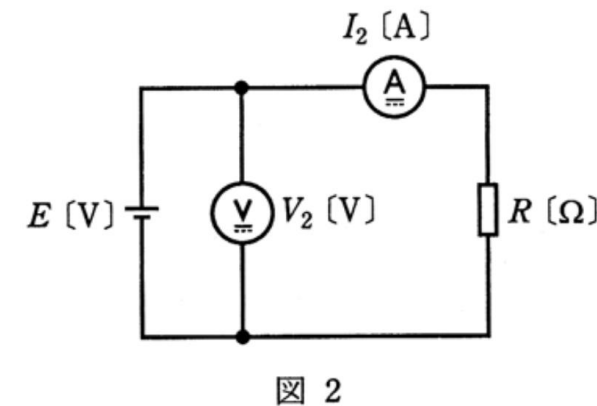
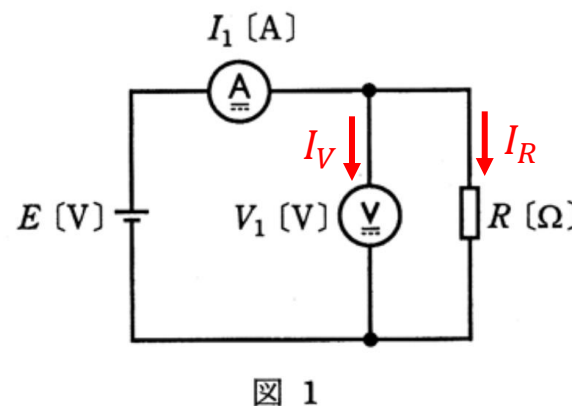
図 1 の回路では、測定で求めた電力 $V_1 I_1$ [W] には、計器の電力損失 $\frac{V_1^2}{R_v}$ [W] が誤差として含まれ、図 2 の回路では、測定で求めた電力 $V_2 I_2$ [W] には、同様に $R_a I_2^2$ [W] が誤差として含まれる。

したがって、 $R_v=10$ [k Ω]、 $R_a=2$ [Ω]、 $R=160$ [Ω] であるときは、図 2 の回路を利用する方が、電力測定の誤差率を小さくできる。

ただし、計器の電力損失に対する補正は行わないものとする。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)及び(ウ)に当てはまる語句又は式として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

$$\text{誤差率} = \frac{\text{絶対誤差}}{\text{真値}} \times 100 = \frac{|\text{測定値} - \text{真値}|}{\text{真値}} \times 100 [\%]$$



$$\begin{aligned} V_1 I_1 &= V_1 (I_V + I_R) = V_1 \left(\frac{V_1}{R_v} + \frac{V_1}{R} \right) \\ &= \frac{V_1^2}{R_v} + \frac{V_1^2}{R} \end{aligned}$$

誤差

$$\varepsilon_v = \frac{\frac{V_1^2}{R_v}}{\frac{V_1^2}{R}} = \frac{R}{R_v} = \frac{160}{10000} = 0.016$$

$$\begin{aligned} V_2 I_2 &= (V_a + V_R) I_2 = (R_a I_2 + R I_2) I_2 \\ &= \frac{R_a I_2^2}{\text{誤差}} + R I_2^2 \end{aligned}$$

$$\varepsilon_a = \frac{R_a I_2^2}{R I_2^2} = \frac{R_a}{R} = \frac{2}{160} = 0.0125$$

三種 HI9 問14

問14 次の文章は、電圧計と電流計を用いて抵抗負荷の直流電力を測定する場合について述べたものである。

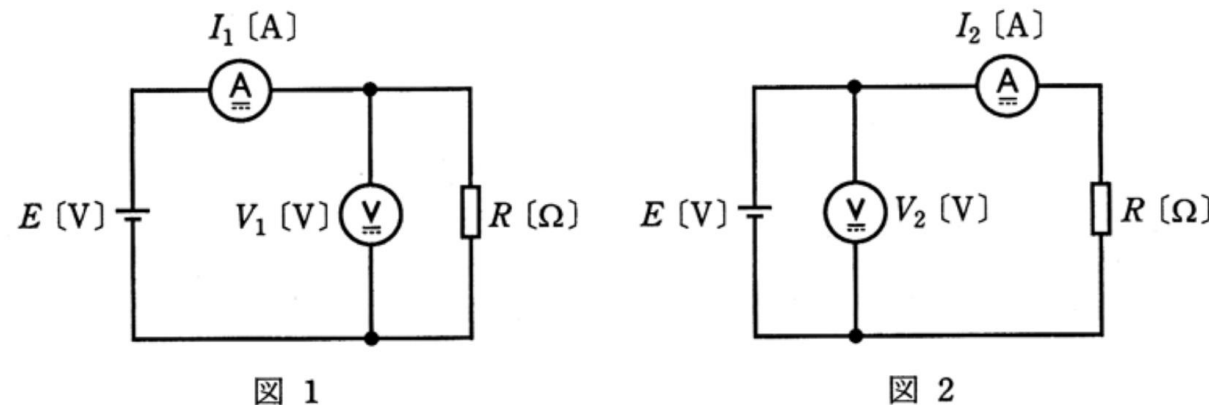
電源 E [V]、負荷抵抗 R [Ω]、内部抵抗 R_v [Ω] の電圧計及び内部抵抗 R_a [Ω] の電流計を、それぞれ図 1、図 2 のように結線した。図 1 の電圧計及び電流計の指示値はそれぞれ V_1 [V]、 I_1 [A]、図 2 の電圧計及び電流計の指示値はそれぞれ V_2 [V]、 I_2 [A] であった。

図 1 の回路では、測定で求めた電力 $V_1 I_1$ [W] には、計器の電力損失 $\frac{V_1^2}{R_v}$ [W] が誤差として含まれ、図 2 の回路では、測定で求めた電力 $V_2 I_2$ [W] には、同様に $R_a I_2^2$ [W] が誤差として含まれる。

したがって、 $R_v=10$ [k Ω]、 $R_a=2$ [Ω]、 $R=160$ [Ω] であるときは、 $\frac{V_1^2}{R_v}$ の回路を利用する方が、電力測定の誤差率を小さくできる。

ただし、計器の電力損失に対する補正は行わないものとする。

上記の記述中の空白箇所 (ア)、(イ) 及び (ウ) に当てはまる語句又は式として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。



| | (ア) | (イ) | (ウ) |
|-----|---------------------|---------------------|-----|
| (1) | $\frac{V_1^2}{R_v}$ | $I_2^2 R_a$ | 図 2 |
| (2) | $I_1^2 R_a$ | $\frac{V_2^2}{R_v}$ | 図 1 |
| (3) | $I_1^2 R_a$ | $\frac{V_2^2}{R_v}$ | 図 2 |
| (4) | $\frac{V_1^2}{R_v}$ | $I_2^2 R_a$ | 図 1 |
| (5) | $I_1 R_a^2$ | $\frac{V_2^2}{R_v}$ | 図 2 |

H30 問8

問8 次の文章は、抵抗の測定に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図1及び図2は、直流電圧源 E 、内部抵抗 r_v の直流電圧計 Ⓧ 及び内部抵抗 r_c の直流電流計 Ⓛ を用い、未知の抵抗 R を測定する回路である。

図1において電圧計の指示が V_1 、電流計の指示が I_1 であるとき、計器の指示から求められる抵抗を R_1 とすると、 $R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \text{Ⓛ(1)}$ となる。次に、図2において電圧計の指示が V_2 、電流計の指示が I_2 であるとき、計器の指示から求められる抵抗を R_2 とすると、 $R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \text{Ⓛ(2)}$ となる。

測定の誤差率 ε を $\frac{\text{測定値} - \text{真値}}{\text{真値}}$ と定義すると、図1の測定における誤差率 ε_1 は $\varepsilon_1 = \text{Ⓛ(3)}$ 、図2の測定における誤差率 ε_2 は $\varepsilon_2 = \text{Ⓛ(4)}$ となる。

一般に、高抵抗を測定する場合には図1の回路が用いられ、 R と r_c の関係が Ⓛ(5) を満足する電流計を使用することにより、誤差が小さい測定が可能となる。

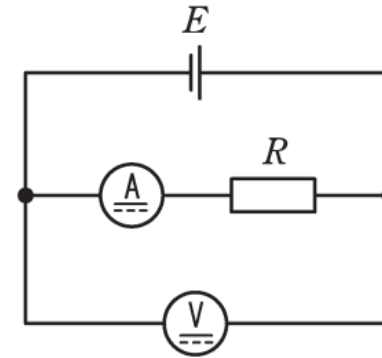


図1

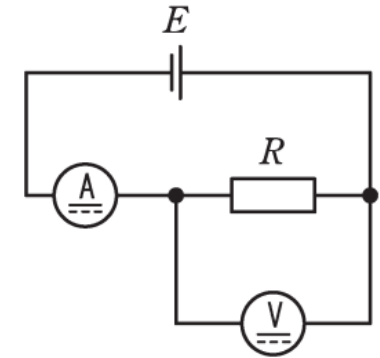


図2

[問8の解答群]

- | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------------|---------------------------------|
| (イ) $r_c - R$ | (ロ) r_v | (ハ) $R \gg r_c$ | (ニ) $\frac{r_v + r_c}{r_v + R}$ |
| (ホ) $-\frac{R}{r_v + R}$ | (ヘ) $\frac{r_v R}{r_v + R}$ | (ト) r_c | (チ) $R \ll r_c$ |
| (リ) $r_c + \frac{r_v R}{r_v + R}$ | (ヌ) $\frac{r_v(r_c + R)}{r_c + r_v + R}$ | (ル) $r_c + R$ | (フ) $\frac{r_c}{R}$ |
| (リ) $R = r_c$ | (カ) $-\frac{r_v}{R}$ | (エ) $R - r_v$ | |

H30 問8

問8 次の文章は、抵抗の測定に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図1及び図2は、直流電圧源 E 、内部抵抗 r_v の直流電圧計 (V) 及び内部抵抗 r_c の直流電流計 (A) を用い、未知の抵抗 R を測定する回路である。

図1において電圧計の指示が V_1 、電流計の指示が I_1 であるとき、計器の指示から求められる抵抗を R_1 とすると、 $R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \text{(1)}$ となる。次に、図2において電圧計の指示が V_2 、電流計の指示が I_2 であるとき、計器の指示から求められる抵抗を R_2 とすると、 $R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \text{(2)}$ となる。

測定の誤差率 ε を $\frac{\text{測定値} - \text{真値}}{\text{真値}}$ と定義すると、図1の測定における誤差率 ε_1 は $\varepsilon_1 = \text{(3)}$ 、図2の測定における誤差率 ε_2 は $\varepsilon_2 = \text{(4)}$ となる。

一般に、高抵抗を測定する場合には図1の回路が用いられ、 R と r_c の関係が (5) を満足する電流計を使用することにより、誤差が小さい測定が可能となる。

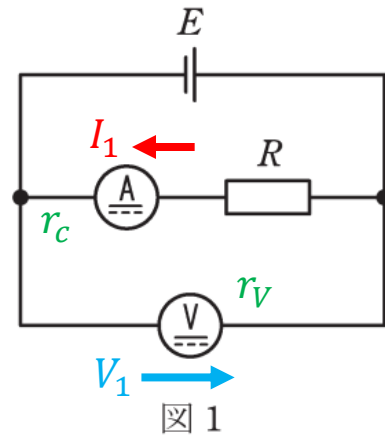


図1

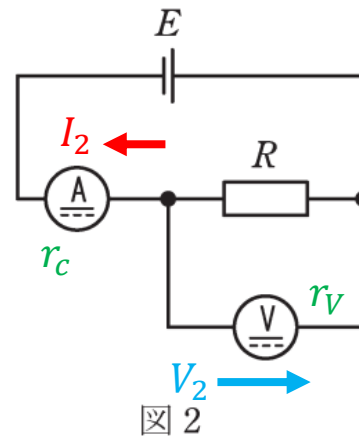


図2

$$I_1 = \frac{E}{r_c + R} \quad V_1 = E$$

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{E}{\frac{E}{r_c + R}} = r_c + R$$



$$I_2 = \frac{E}{r_c + \frac{R \times r_v}{R + r_v}} = \frac{E}{r_c + \frac{R \times r_v}{R + r_v}}$$

$$V_2 = \frac{\frac{R \times r_v}{R + r_v}}{r_c + \frac{R \times r_v}{R + r_v}} E$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{\frac{\frac{R \times r_v}{R + r_v}}{r_c + \frac{R \times r_v}{R + r_v}} E}{\frac{E}{r_c + \frac{R \times r_v}{R + r_v}}} = \frac{r_v R}{r_v + R}$$

H30 問8



問8 次の文章は、抵抗の測定に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図1及び図2は、直流電圧源 E 、内部抵抗 r_v の直流電圧計 (V) 及び内部抵抗 r_c の直流電流計 (A) を用い、未知の抵抗 R を測定する回路である。

図1において電圧計の指示が V_1 、電流計の指示が I_1 であるとき、計器の指示から求められる抵抗を R_1 とすると、 $R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \text{(1)}$ となる。次に、図2において電圧計の指示が V_2 、電流計の指示が I_2 であるとき、計器の指示から求められる抵抗を R_2 とすると、 $R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \text{(2)}$ となる。

測定の誤差率 ε を $\frac{\text{測定値} - \text{真値}}{\text{真値}}$ と定義すると、図1の測定における誤差率 ε_1 は $\varepsilon_1 = \text{(3)}$ 、図2の測定における誤差率 ε_2 は $\varepsilon_2 = \text{(4)}$ となる。

一般に、高抵抗を測定する場合には図1の回路が用いられ、 R と r_c の関係が (5) を満足する電流計を使用することにより、誤差が小さい測定が可能となる。 $R \gg r_c$

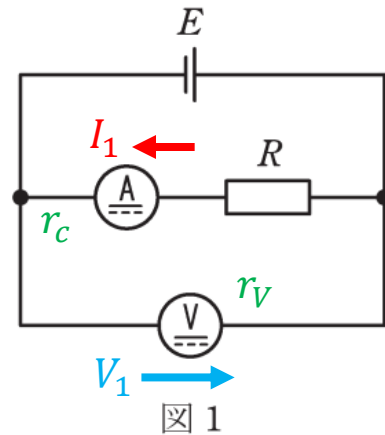


図1

$$R_1 = r_c + R$$

$$\varepsilon_1 = \frac{R_1 - R}{R} = \frac{r_c + R - R}{R} = \frac{r_c}{R}$$

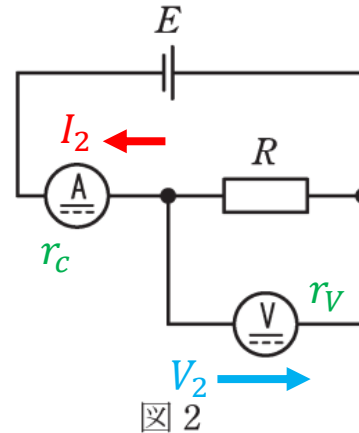


図2

$$R_2 = \frac{r_v R}{r_v + R}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_2 &= \frac{R_2 - R}{R} = \frac{\frac{r_v R}{r_v + R} - R}{R} \\ &= \frac{1}{R} \times \frac{r_v R - r_v R - R^2}{r_v + R} = -\frac{R}{r_v + R} \end{aligned}$$

電流計の内部抵抗 r_c は小さい \rightarrow 高抵抗 ($R \gg r_c$) の測定に適している

電圧計の内部抵抗 r_v は大きい \rightarrow 低抵抗 ($R \ll r_v$) の測定に適している

H30 問8

問8 次の文章は、抵抗の測定に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図1及び図2は、直流電圧源 E 、内部抵抗 r_v の直流電圧計 Ⓧ 及び内部抵抗 r_c の直流電流計 Ⓛ を用い、未知の抵抗 R を測定する回路である。

図1において電圧計の指示が V_1 、電流計の指示が I_1 であるとき、計器の指示から求められる抵抗を R_1 とすると、 $R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \text{Ⓛ(1)}$ となる。

次に、図2において電圧計の指示が V_2 、電流計の指示が I_2 であるとき、計器の指示から求められる抵抗を R_2 とすると、 $R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \text{Ⓛ(2)}$ となる。

測定の誤差率 ε を $\frac{\text{測定値} - \text{真値}}{\text{真値}}$ と定義すると、図1の測定における誤差率 ε_1 は $\varepsilon_1 = \text{Ⓛ(3)}$ 、図2の測定における誤差率 ε_2 は $\varepsilon_2 = \text{Ⓛ(4)}$ となる。

一般に、高抵抗を測定する場合には図1の回路が用いられ、 R と r_c の関係が Ⓛ(5) を満足する電流計を使用することにより、誤差が小さい測定が可能となる。 $R \gg r_c$

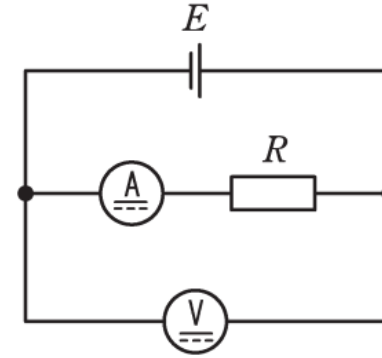


図1

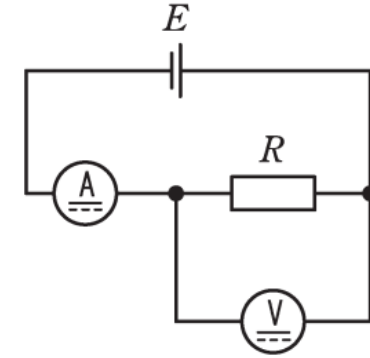


図2

[問8の解答群]

- | | | | |
|-----------------------------------|--|---------------------|---------------------------------|
| (イ) $r_c - R$ | (ロ) r_v | (ハ) $R \gg r_c$ (5) | (ニ) $\frac{r_v + r_c}{r_v + R}$ |
| (ホ) $-\frac{R}{r_v + R}$ (4) | (ヘ) $\frac{r_v R}{r_v + R}$ (2) | (ト) r_c | (チ) $R \ll r_c$ |
| (リ) $r_c + \frac{r_v R}{r_v + R}$ | (ヌ) $\frac{r_v(r_c + R)}{r_c + r_v + R}$ | (ル) $r_c + R$ (1) | (フ) $\frac{r_c}{R}$ (3) |
| (リ) $R = r_c$ | (ホ) $-\frac{r_v}{R}$ | (エ) $R - r_v$ | |

R06 問6



問6 次の文章は、交流ブリッジと浮遊容量に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図1は、インピーダンス Z_x を校正するための交流ブリッジで、既知の標準インピーダンス Z_1, Z_2, Z_3 、検出器 (D) 及び電源で構成される。なお、 I_x, I_1, I_2, I_3 は4辺を流れる電流、 I_a, I_b, I_c は浮遊容量を通じてグラウンドへ流れる漏れ電流である。

まず、図1から浮遊容量を除去した回路を考える。 Z_2 を調整して (D) が零を指したとき、電流は $I_x = I_1, I_2 = I_3$ のように均衡し、校正値は $Z_x = \frac{Z_1 Z_3}{Z_2}$ で得られる。

次に、図1のとおり浮遊容量を有する回路で、(D) が零を指した場合を考える。このとき、c とグラウンドは等電位なので $I_c = 0$ である。一方、a 及び b は、グラウンドに対して電位差を持つため、 I_a 及び I_b (ただし、 $I_a + I_b \neq 0$) が流れる。よって、4辺の電流の均衡は (1) のように崩れ、その結果、校正誤差が生じる。ゆえに、漏れ電流起因の校正誤差を減ずるための仕組みが必要になる。

一例を図2に示す。この回路は、インダクタ (抵抗 R_x とインダクタンス L_x の直列) を校正するのに用いられる (2) ブリッジに、増幅率が $-A$ の増幅器を図のように付加したものである。なお、d は接地されておらず、容量性リアクタンス X_d を通じて漏れ電流 I_d が流れる。また、(D) は零を指している。

R_2 と C_2 の合成インピーダンスを Z_2 、b 及び d の電位を、それぞれ、 V_b 及び V_d とすれば、 $V_b = -AV_d, V_d = X_d I_d, V_d - V_b = Z_2 I_2$ であるから、次式が求められる。

$$\frac{I_d}{I_2} = \text{ (3)}$$

上式において、 A が十分に大きい場合、 $I_d = 0$ と見なせるので、 $I_2 = I_3$ が成立する。さらに、 $V_d = 0$ と見なせるので、c 及び d はグラウンドと等電位になる。よって、 $I_c = 0$ となるから、 $I_x = I_1$ が成立する。

このように、図2の校正回路は、漏れ電流の影響を受けずに4辺の電流が均衡する。そして、インダクタの校正値である $R_x = \text{ (4)}$ 、 $L_x = \text{ (5)}$ が得られる。

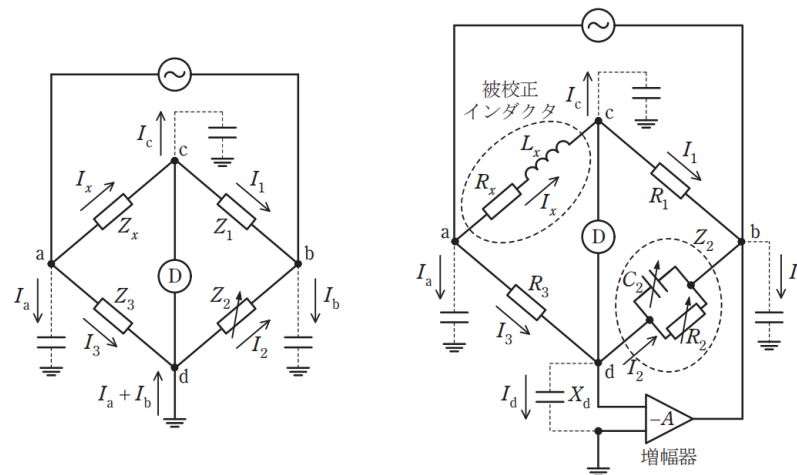


図1

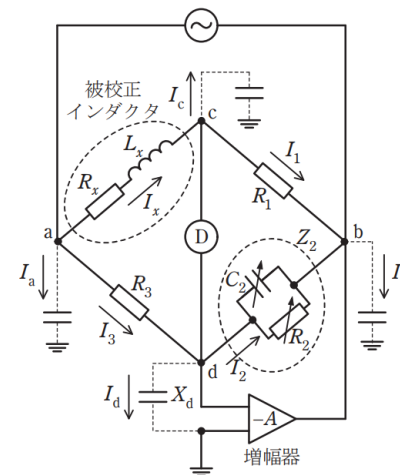


図2

[問6の解答群]

- | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| (イ) シェーリング | (ロ) ケルビンダブル | (ハ) マクスウェル |
| (ニ) $I_x \neq I_1, I_2 \neq I_3$ | (ホ) $I_x \neq I_1, I_2 = I_3$ | (ヘ) $I_x = I_1, I_2 \neq I_3$ |
| (ト) $\frac{R_2 R_3}{R_1}$ | (チ) $\frac{R_1 R_3}{R_2}$ | (リ) $C_2 R_1 R_2 R_3$ |
| (タ) $\frac{R_1 R_2}{R_3}$ | (ツ) $\frac{1}{A} \frac{Z_2}{X_d}$ | (テ) $C_2 R_1 R_3$ |
| (チ) $\frac{1}{A+1} \frac{Z_2}{X_d}$ | (ト) $A \frac{Z_2}{X_d}$ | (ト) $C_2 R_2 R_3$ |

R06 問6

問6 次の文章は、交流ブリッジと浮遊容量に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図1は、インピーダンス Z_x を校正するための交流ブリッジで、既知の標準インピーダンス Z_1, Z_2, Z_3 、検出器 (D) 及び電源で構成される。なお、 I_x, I_1, I_2, I_3 は4辺を流れる電流、 I_a, I_b, I_c は浮遊容量を通じてグラウンドへ流れる漏れ電流である。

まず、図1から浮遊容量を除去した回路を考える。 Z_2 を調整して (D) が零を指したとき、電流は $I_x = I_1, I_2 = I_3$ のように均衡し、校正値は $Z_x = \frac{Z_1 Z_3}{Z_2}$ で得られる。

次に、図1のとおり浮遊容量を有する回路で、(D) が零を指した場合を考える。このとき、cとグラウンドは等電位なので $I_c = 0$ である。一方、a及びbは、グラウンドに対して電位差を持つため、 I_a 及び I_b (ただし、 $I_a + I_b \neq 0$) が流れる。よって、4辺の電流の均衡は (1) のように崩れ、その結果、校正誤差が生じる。ゆえに、漏れ電流起因の校正誤差を減らすための仕組みが必要になる。

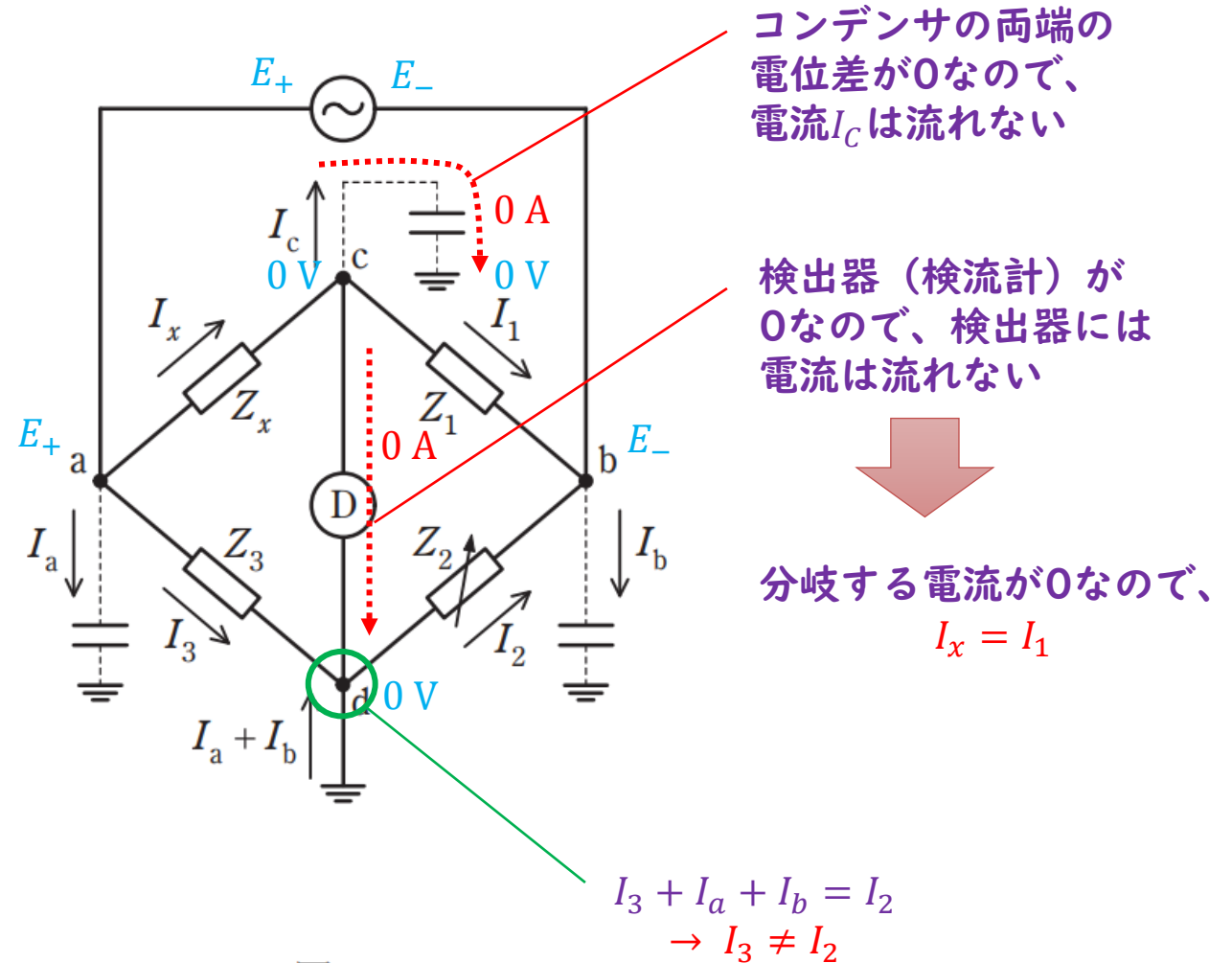


図1

R06 問6



一例を図2に示す。この回路は、インダクタ(抵抗 R_x とインダクタンス L_x の直列)を校正するのに用いられる(2)ブリッジに、増幅率が $-A$ の増幅器を図のように付加したものである。なお、dは接地されておらず、容量性リアクタンス X_d を通じて漏れ電流 I_d が流れる。また、(D)は零を指している。

R_2 と C_2 の合成インピーダンスを Z_2 、b及びdの電位を、それぞれ、 V_b 及び V_d とすれば、 $V_b = -AV_d$ 、 $V_d = X_d I_d$ 、 $V_d - V_b = Z_2 I_2$ であるから、次式が求められる。

$$\frac{I_d}{I_2} = \frac{(3) \cdot 1 \cdot Z_2}{1 + A X_d}$$

上式において、 A が十分に大きい場合、 $I_d = 0$ と見なせるので、 $I_2 = I_3$ が成立する。さらに、 $V_d = 0$ と見なせるので、c及びdはグラウンドと等電位になる。よって、 $I_c = 0$ となるから、 $I_x = I_1$ が成立する。

このように、図2の校正回路は、漏れ電流の影響を受けずに4辺の電流が均衡する。そして、インダクタの校正値である $R_x = (4)$ 、 $L_x = (5)$ が得られる。

- ・ シェーリングブリッジ：静電容量の測定に用いる
- ・ ケルビンダブルブリッジ：抵抗の測定に用いる
- ・ マクスウェルブリッジ：インダクタンスの測定に用いる

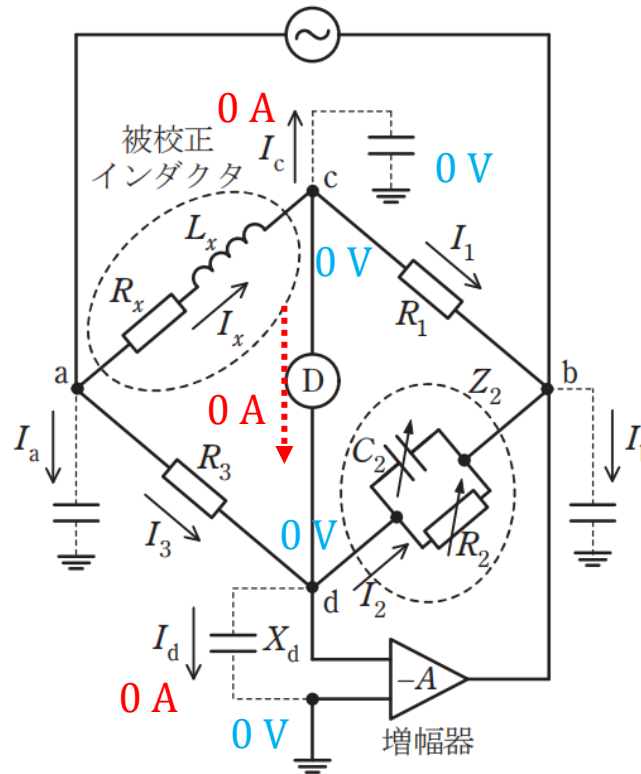


図2

Aが十分に大きい場合、

$$\frac{I_d}{I_2} = \frac{1}{1 + A X_d} \cdot \frac{Z_2}{X_d} \sim 0 \rightarrow I_2 \gg I_d \rightarrow I_d \sim 0$$

従って、 $I_2 = I_3$ 、 $I_x = I_1$ が成り立つ。
→ブリッジの平衡条件が利用できる

$$R_1 R_3 = (R_x + j\omega L_x) \frac{R \frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

R06 問6

一例を図2に示す。この回路は、インダクタ(抵抗 R_x とインダクタンス L_x の直列)を校正するのに用いられる(2)ブリッジに、増幅率が $-A$ の増幅器を図のように付加したものである。なお、dは接地されておらず、容量性リアクタンス X_d を通じて漏れ電流 I_d が流れる。また、(D)は零を指している。

R_2 と C_2 の合成インピーダンスを Z_2 、b及びdの電位を、それぞれ、 V_b 及び V_d とすれば、 $V_b = -AV_d$ 、 $V_d = X_d I_d$ 、 $V_d - V_b = Z_2 I_2$ であるから、次式が求められる。

$$\frac{I_d}{I_2} = \frac{(3) \frac{1}{1 + AX_d} Z_2}{1 + AX_d}$$

上式において、 A が十分に大きい場合、 $I_d = 0$ と見なせるので、 $I_2 = I_3$ が成立する。さらに、 $V_d = 0$ と見なせるので、c及びdはグランドと等電位になる。よって、 $I_c = 0$ となるから、 $I_x = I_1$ が成立する。

このように、図2の校正回路は、漏れ電流の影響を受けずに4辺の電流が均衡する。そして、インダクタの校正値である $R_x = (4) \frac{R_1 R_3}{R_2}$ 、 $L_x = (5) C_2 R_1 R_3$ が得られる。

ブリッジの平衡条件より

$$R_1 R_3 = (R_x + j\omega L_x) \frac{R_2 \frac{1}{j\omega C_2}}{R_2 + \frac{1}{j\omega C_2}}$$

$$R_1 R_3 = (R_x + j\omega L_x) \frac{R_2}{1 + j\omega C_2 R_2}$$
$$\rightarrow \frac{R_1 R_3}{R_2} (1 + j\omega C_2 R_2) = R_x + j\omega L_x$$

左辺と右辺の実部と虚部はそれぞれ一致することから

$$\frac{R_1 R_3}{R_2} = R_x$$

$$\frac{R_1 R_3}{R_2} \times \omega C_2 R_2 = \omega L_x$$
$$\rightarrow C_2 R_1 R_3 = L_x$$

R06 問6

問6 次の文章は、交流ブリッジと浮遊容量に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図1は、インピーダンス Z_x を校正するための交流ブリッジで、既知の標準インピーダンス Z_1, Z_2, Z_3 、検出器 (D) 及び電源で構成される。なお、 I_x, I_1, I_2, I_3 は4辺を流れる電流、 I_a, I_b, I_c は浮遊容量を通じてグラウンドへ流れる漏れ電流である。

まず、図1から浮遊容量を除去した回路を考える。 Z_2 を調整して (D) が零を指したとき、電流は $I_x = I_1, I_2 = I_3$ のように均衡し、校正値は $Z_x = \frac{Z_1 Z_3}{Z_2}$ で得られる。

次に、図1のとおり浮遊容量を有する回路で、(D) が零を指した場合を考える。このとき、c とグラウンドは等電位なので $I_c = 0$ である。一方、a 及び b は、グラウンドに対して電位差を持つため、 I_a 及び I_b (ただし、 $I_a + I_b \neq 0$) が流れる。よって、4辺の電流の均衡は (1) のように崩れ、その結果、校正誤差が生じる。ゆえに、漏れ電流起因の校正誤差を減らすための仕組みが必要になる。

一例を図2に示す。この回路は、インダクタ(抵抗 R_x とインダクタンス L_x の直列)を校正するのに用いられる (2) マクスウェル増幅率が $-A$ の増幅器を図のように付加したものである。なお、d は接地されておらず、容量性リアクタンス X_d を通じて漏れ電流 I_d が流れる。また、(D) は零を指している。

R_2 と C_2 の合成インピーダンスを Z_2 、b 及び d の電位を、それぞれ、 V_b 及び V_d とすれば、 $V_b = -AV_d, V_d = X_d I_d, V_d - V_b = Z_2 I_2$ であるから、次式が求められる。

$$\frac{I_d}{I_2} = \text{input type="text"/> (3) \frac{1}{1 + AX_d} Z_2$$

上式において、 A が十分に大きい場合、 $I_d = 0$ と見なせるので、 $I_2 = I_3$ が成立する。さらに、 $V_d = 0$ と見なせるので、c 及び d はグラウンドと等電位になる。よって、 $I_c = 0$ となるから、 $I_x = I_1$ が成立する。

このように、図2の校正回路は、漏れ電流の影響を受けずに4辺の電流が均衡する。そして、インダクタの校正値である $R_x = \frac{\text{input type="text"/> (4) R_1 R_3}{R_2} L_x = \text{input type="text"/> (5) \frac{1}{C_2 R_1 R_3}$ が得られる。

[問6の解答群]

- | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| (イ) シェーリング | (ロ) ケルビンダブル | (ハ) マクスウェル (2) |
| (ニ) $I_x \neq I_1, I_2 \neq I_3$ | (ホ) $I_x \neq I_1, I_2 = I_3$ | (ヘ) $I_x = I_1, I_2 \neq I_3$ (1) |
| (ト) $\frac{R_2 R_3}{R_1}$ | (フ) $\frac{R_1 R_3}{R_2}$ (4) | (リ) $C_2 R_1 R_2 R_3$ |
| (ス) $\frac{R_1 R_2}{R_3}$ | (ル) $\frac{1}{A} \frac{Z_2}{X_d}$ | (レ) $C_2 R_1 R_3$ (5) |
| (ワ) $\frac{1}{A+1} \frac{Z_2}{X_d}$ (3) | (ロ) $A \frac{Z_2}{X_d}$ | (エ) $C_2 R_2 R_3$ |

R05 問8



図示した交流電力計は、理想変圧器、理想変流器、抵抗値がともに R である二つの抵抗、二つの熱電対及び直流電圧計で構成されている。なお、変圧器の一次巻線に流れる電流 Δi は十分小さい。また、節点 a は変圧器の二次巻線の midpoint である。

時刻 t における負荷への入力電圧 $u(t)$ 及び電流 $i(t)$ を次式で表すものとする。なお、電圧に対する電流の位相角を θ 、角周波数及び周期をそれぞれ ω 及び T で表す。

$$u(t) = \sqrt{2}U \sin \omega t$$

$$i(t) = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \theta)$$

熱電対とは、異種の金属同士を接続し、その接点に温度差を与えたときに熱起電力が生じる (1) 効果を用いた温度センサである。本回路では、抵抗のジュール熱によって生じる温度上昇に比例した直流電圧に変換している。なお、二つの熱電対は同形式であり、図中の「熱電対 1」「熱電対 2」の下に記した矢印の向きに起電力が生じるように接続されている。

$i_1(t)$ は、時刻 t における理想変圧器の二次電圧と抵抗から定まる電流であり、 $u(t)$ すなわち理想変圧器の一次電圧に比例する。また、 $2i_2(t)$ は、時刻 t における理想変流器の二次電流であり、 $i(t)$ すなわち理想変流器の一次電流に比例する。

まず、 $i_1(t)$ 及び $i_2(t)$ を用いて抵抗 1 及び抵抗 2 で消費する電力を求めると、それぞれ (2) 及び (3) となる。各抵抗では電力消費に伴い温度が上昇することから、熱電対 1 及び熱電対 2 に起電力が生じ、直流電圧計は次式に示す V_0 を指示する。

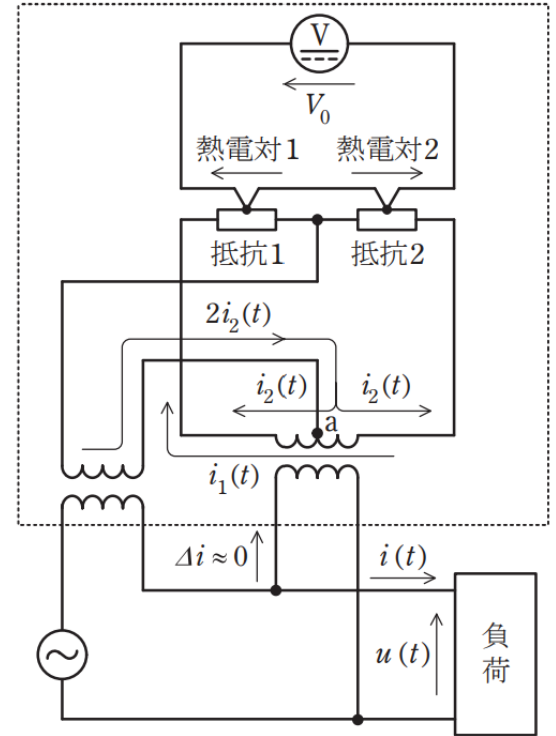
$$V_0 \propto \boxed{(2)} - \boxed{(3)} = \boxed{(4)}$$

$u(t)$ と $i_1(t)$ 、 $i(t)$ と $i_2(t)$ が比例関係にあることを考慮すると、 V_0 は次式に示したとおり負荷の消費電力に比例する。

$$V_0 \propto \frac{1}{T} \int_0^T \boxed{(5)} dt = UI \cos \theta$$

以上が、熱電形交流電力計の測定原理である。

交流電力計



[問8の解答群]

- | | | |
|---|--|--|
| (イ) ペルチェ | (ロ) ホール | (ハ) ゼーベック |
| (ニ) $\frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) - i_2(t)] dt$ | (ホ) $\frac{1}{RT} \int_0^T [i_1(t) - i_2(t)]^2 dt$ | (ヘ) $\frac{4}{RT} \int_0^T i_1(t) i_2(t) dt$ |
| (ト) $\frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) + i_2(t)] dt$ | (フ) $\frac{4R}{T} \int_0^T i_1(t) i_2(t) dt$ | (ロ) $\frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) + i_2(t)]^2 dt$ |
| (ス) $\frac{2R}{T} \int_0^T i_2(t) dt$ | (ル) $\frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) - i_2(t)]^2 dt$ | (リ) $\frac{1}{RT} \int_0^T [i_1(t) + i_2(t)]^2 dt$ |
| (シ) $u(t)i(t)$ | (レ) $i_2^2(t)$ | (リ) $i_1^2(t)$ |

R05 問8

問8 次の文章は、熱電形の交流電力計に関する記述である。文中の に当てはまる最も適切なものを解答群の中から選べ。

図示した交流電力計は、理想変圧器、理想変流器、抵抗値がともに R である二つの抵抗、二つの熱電対及び直流電圧計で構成されている。なお、変圧器の一次巻線に流れる電流 Δi は十分小さい。また、節点 a は変圧器の二次巻線の midpoint である。

時刻 t における負荷への入力電圧 $u(t)$ 及び電流 $i(t)$ を次式で表すものとする。なお、電圧に対する電流の位相角を θ 、角周波数及び周期をそれぞれ ω 及び T で表す。

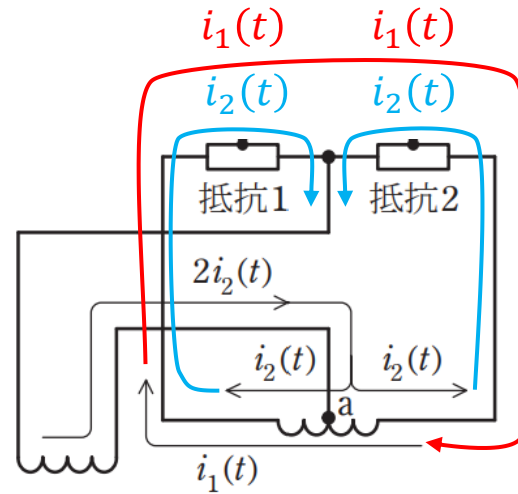
$$u(t) = \sqrt{2}U \sin \omega t$$

$$i(t) = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \theta)$$

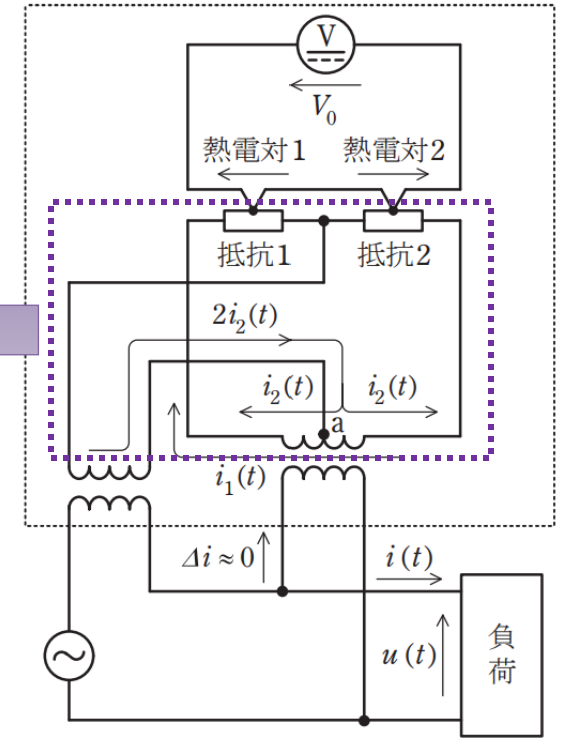
熱電対とは、異種の金属同士を接続し、その接点に温度差を与えたときに熱起電力が生じる (1) 効果を応用した温度センサである。本回路では、抵抗のジュール熱によって生じる温度上昇に比例した直流電圧に変換している。なお、二つの熱電対は同形式であり、図中の「熱電対 1」「熱電対 2」の下に記した矢印の向きに起電力が生じるように接続されている。

$i_1(t)$ は、時刻 t における理想変圧器の二次電圧と抵抗から定まる電流であり、 $u(t)$ すなわち理想変圧器の一次電圧に比例する。また、 $2i_2(t)$ は、時刻 t における理想変流器の二次電流であり、 $i(t)$ すなわち理想変流器の一次電流に比例する。

まず、 $i_1(t)$ 及び $i_2(t)$ を用いて抵抗 1 及び抵抗 2 で消費する電力を求めると、それぞれ (2) 及び (3) $\frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) - i_2(t)]^2 dt$ となる。各抵抗では電力消費に伴い温度が上昇することから、熱電対 1 及び熱電対 2 は起電力が生じ、直流電圧計は次式に示す V_0 を指示する。



交流電力計



- ゼーベック効果：熱→電気
- ペルチェ効果：電気→熱
- ホール効果：磁束→電気

<平均電力の式>

$$p(t) = \frac{1}{T} \int_0^T R \{i(t)\}^2 dt \quad T: \text{周期}$$

$$p_1(t) = \frac{1}{T} \int_0^T R \{i_1(t) + i_2(t)\}^2 dt$$

$$p_2(t) = \frac{1}{T} \int_0^T R \{i_1(t) - i_2(t)\}^2 dt$$

R05 問8

それぞれ (2) 及び (3) となる。各抵抗では電力消費に伴い温度が上昇することから、熱電対 1 及び熱電対 2 に起電力が生じ、直流電圧計は次式に示す V_0 を指示する。

$$V_0 \propto (2) - (3) = (4) \frac{4R}{T} \int_0^T i_1(t)i_2(t) dt$$

$u(t)$ と $i_1(t)$, $i(t)$ と $i_2(t)$ が比例関係にあることを考慮すると、 V_0 は次式に示したとおり負荷の消費電力に比例する。

$$V_0 \propto \frac{1}{T} \int_0^T (5) dt = UI \cos \theta$$

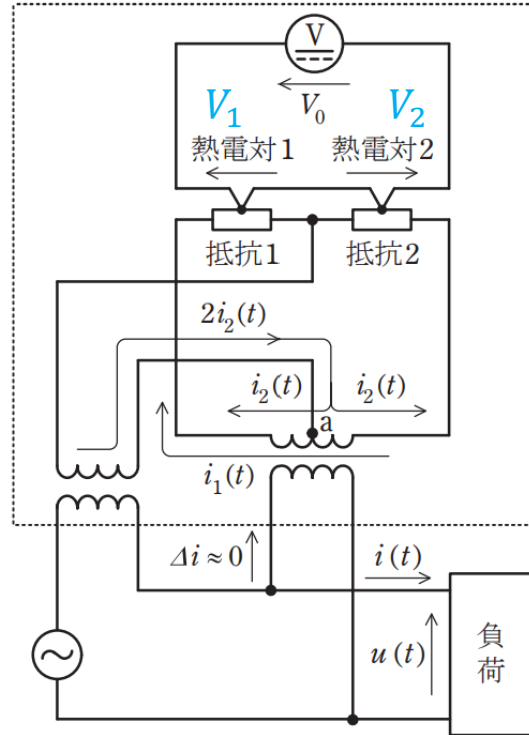
以上が、熱電形の交流電力計の測定原理である。

$$\begin{aligned} V_0 &= V_1 - V_2 = kT_1 - kT_2 \\ &= k'p_1(t) - k'p_2(t) = k'(p_1(t) - p_2(t)) \\ &\propto p_1(t) - p_2(t) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_1(t) - p_2(t) &= \frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) + i_2(t)]^2 dt - \frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) - i_2(t)]^2 dt \\ &= \frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) + i_2(t)]^2 - [i_1(t) - i_2(t)]^2 dt \end{aligned}$$

$$= \frac{R}{T} \int_0^T \{i_1(t)\}^2 + 2i_1(t)i_2(t) + \{i_2(t)\}^2 - [\{i_1(t)\}^2 - 2i_1(t)i_2(t) + \{i_2(t)\}^2] dt \longrightarrow V_0 \propto \frac{4R}{T} \int_0^T i_1(t)i_2(t) dt$$

交流電力計



熱電対の電圧は温度に比例する

$$V_1 = kT_1 \quad V_2 = kT_2$$

そして、熱電対の温度は消費電力に比例する

$$T_1 = m p_1(t) \quad T_2 = m p_2(t)$$

$$\begin{aligned} \downarrow & \qquad \qquad \downarrow \\ V_1 &= k' p_1(t) \quad V_2 = k' p_2(t) \end{aligned}$$

R05 問8

それぞれ (2) 及び (3) となる。各抵抗では電力消費に伴い温度が上昇することから、熱電対 1 及び熱電対 2 に起電力が生じ、直流電圧計は次式に示す V_0 を指示する。

$$V_0 \propto (2) - (3) = (4)$$

$u(t)$ と $i_1(t)$, $i(t)$ と $i_2(t)$ が比例関係にあることを考慮すると、 V_0 は次式に示したとおり負荷の消費電力に比例する。

$$V_0 \propto \frac{1}{T} \int_0^T \boxed{(5)} dt = UI \cos \theta$$

$u(t)i(t)$

以上が、熱電形の交流電力計の測定原理である。

$$V_0 \propto \frac{4R}{T} \int_0^T i_1(t)i_2(t) dt$$

$$V_0 \propto \frac{4R}{T} \int_0^T i_1(t)i_2(t) dt$$

$$V_0 \propto \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T \sqrt{2}U \sin \omega t \cdot \sqrt{2}I \sin(\omega t - \theta) dt$$
$$= \frac{2UI}{T} \int_0^T \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \theta) dt$$

$$= \frac{2UI}{T} \int_0^T -\frac{1}{2} \{ \cos(\omega t + \omega t - \theta) - \cos(\omega t - (\omega t - \theta)) \} dt$$

$$= \frac{2UI}{T} \cdot \frac{1}{2} \int_0^T -\cos(2\omega t - \theta) + \cos \theta dt = \frac{UI}{T} \left[\frac{1}{2} \sin(2\omega t - \theta) \right]_0^T + \frac{UI}{T} [\cos \theta \cdot t]_0^T = \frac{UI}{T} \sin(2\pi - \theta) - \frac{UI}{T} \sin(-\theta) + \frac{UI}{T} \cos \theta \cdot T$$

$$\frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t) dt = UI \cos \theta$$

R05 問8

図示した交流電力計は、理想変圧器、理想変流器、抵抗値がともに R である二つの抵抗、二つの熱電対及び直流電圧計で構成されている。なお、変圧器の一次巻線に流れる電流 Δi は十分小さい。また、節点 a は変圧器の二次巻線の midpoint である。

時刻 t における負荷への入力電圧 $u(t)$ 及び電流 $i(t)$ を次式で表すものとする。なお、電圧に対する電流の位相角を θ 、角周波数及び周期をそれぞれ ω 及び T で表す。

$$u(t) = \sqrt{2}U \sin \omega t$$

$$i(t) = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \theta)$$

熱電対とは、異種の金属同士を接続し、その接点に温度差を与えたときに熱起電力が生じる **ゼーベック** 効果を用いた温度センサである。本回路では、抵抗のジュール熱によって生じる温度上昇に比例した直流電圧に変換している。なお、二つの熱電対は同形式であり、図中の「熱電対 1」「熱電対 2」の下に記した矢印の向きに起電力が生じるように接続されている。

$i_1(t)$ は、時刻 t における理想変圧器の二次電圧と抵抗から定まる電流であり、 $u(t)$ すなわち理想変圧器の一次電圧に比例する。また、 $2i_2(t)$ は、時刻 t における理想変流器の二次電流であり、 $i(t)$ すなわち理想変流器の一次電流に比例する。

まず、 $i_1(t)$ 及び $i_2(t)$ を用いて抵抗 R に消費する電力を求めると、それぞれ $\frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t)]^2 dt$ 及び $\frac{R}{T} \int_0^T [i_2(t)]^2 dt$ となる。各抵抗では電力消費に伴い温度が上昇することから、熱電対 1 及び熱電対 2 に起電力が生じ、直流電圧計は次式に示す V_0 を指示する。

$$V_0 \propto \boxed{(2)} - \boxed{(3)} = \boxed{(4)} \frac{4R}{T} \int_0^T i_1(t) i_2(t) dt$$

$u(t)$ と $i_1(t)$ 、 $i(t)$ と $i_2(t)$ が比例関係にあることを考慮すると、 V_0 は次式に示したとおり負荷の消費電力に比例する。

$$V_0 \propto \frac{1}{T} \int_0^T \boxed{(5)} dt = UI \cos \theta$$

以上が、熱電形の交流電力計の測定原理である。

[問 8 の解答群]

- (イ) ペルチェ (ロ) ホール (ハ) ゼーベック (1)
- (ニ) $\frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) - i_2(t)] dt$ (ホ) $\frac{1}{RT} \int_0^T [i_1(t) - i_2(t)]^2 dt$ (ヘ) $\frac{4}{RT} \int_0^T i_1(t) i_2(t) dt$
- (ト) $\frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) + i_2(t)] dt$ (チ) $\frac{4R}{T} \int_0^T i_1(t) i_2(t) dt$ (4) (リ) $\frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) + i_2(t)]^2 dt$ (2)
- (ス) $\frac{2R}{T} \int_0^T i_2(t) dt$ (ル) $\frac{R}{T} \int_0^T [i_1(t) - i_2(t)]^2 dt$ (3) (レ) $\frac{1}{RT} \int_0^T [i_1(t) + i_2(t)]^2 dt$
- (ワ) $u(t) i(t)$ (5) (カ) $i_2^2(t)$ (コ) $i_1^2(t)$

ご聴講ありがとうございました!!