



電気電子計測 【第6回】交流2

テキスト3章・電気計測(2)・交流

<http://cobayasi.com/keisoku/6th/6th.pdf>

授業スケジュール

＜第1回(4/12)＞ガイダンス、電気・電子計測の学び方

＜第2回(4/19)＞計測の基礎

＜第3回(4/26)＞電気計測・直流1

＜第4回(5/10)＞電気計測・直流2

＜第5回(5/17)＞電気計測・交流1

＜第6回(5/24)＞電気計測・交流2

＜第7回(5/31)＞センサの基礎1

＜第8回(6/7)＞センサの基礎2

＜第9回(6/14)＞中間試験

＜第10回(6/21)＞センサによる計測技術1

＜第11回(6/28)＞センサによる計測技術2

＜第12回(7/5)＞アナログ・デジタル変換(計測値の変換)

＜第13回(7/12)＞デジタル計測制御システムの基礎

＜第14回(7/19)＞電子計測器

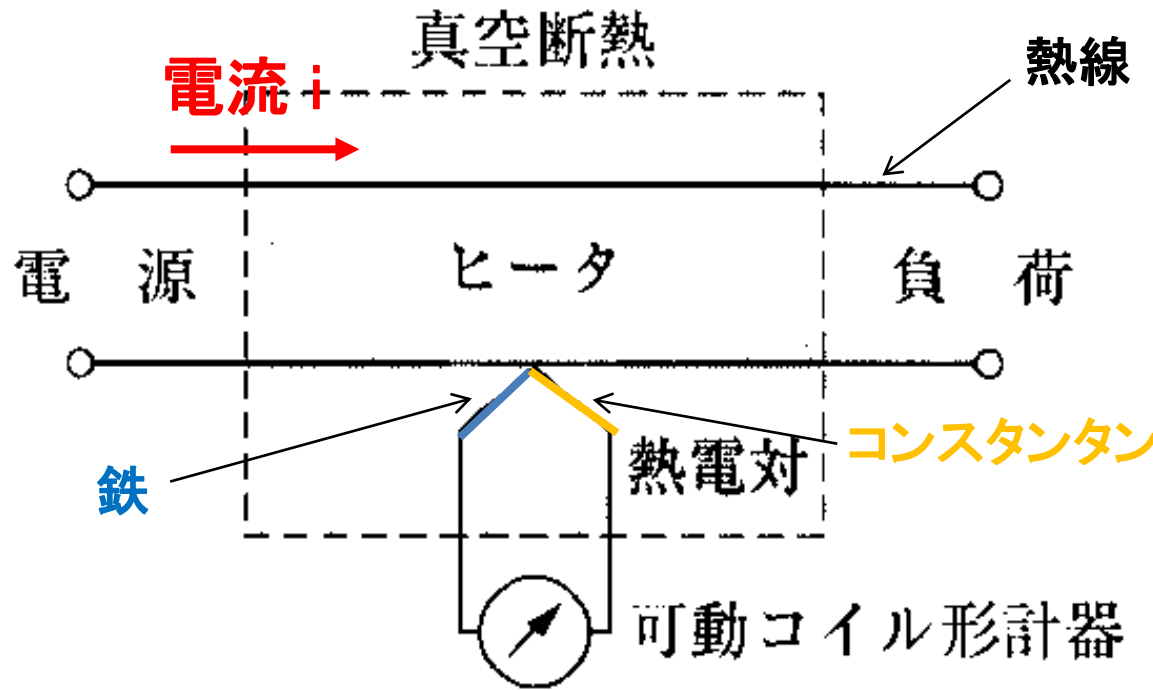
＜第15回＞定期試験(定期試験期間で実施)

今日の学習の要点

(テキストP38～P41)

7. 熱電形計器の原理を知ろう
8. 積算電力計の原理を知ろう
9. 交流ブリッジ回路でインピーダンスを測定しよう

7. 熱電形計器の原理を知ろう



異なる2種類の金属を接合すると、温度差に応じて電圧が発生し、一定方向に電流が流れる

<熱電形計器の原理図(教科書P39図3.7)>

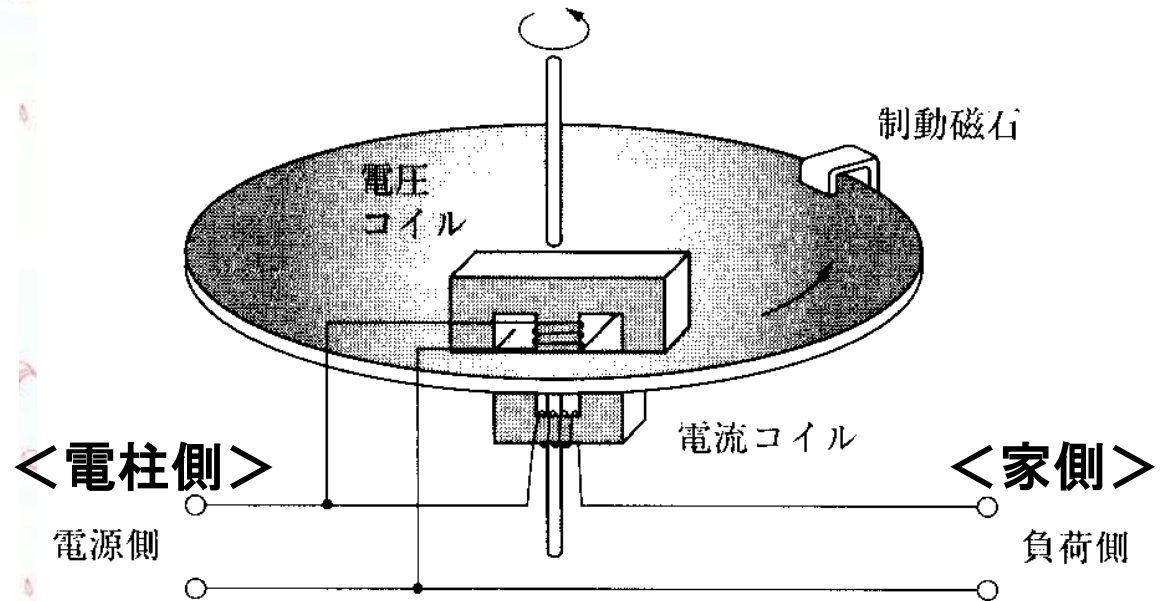
測定したい電流 i を熱線に流し、その温度上昇を熱電対(鉄とコンスタンタンなど)で測定して、可動コイル形計器で指示させる

銅とニッケルの合金

- 測定電流*i*を熱に変えて測定するため、交流の周波数によって指示が異なることがなく、**直流や交流(低周波～高周波(数百M[Hz]))に使用できる**
- 熱電対の起電力は、熱線(内部抵抗*r*)の発熱量*Q*に比例し、下式のように電流の**実効値*I*の2乗に比例**する。従って、この計器は**実効値**で指示する。

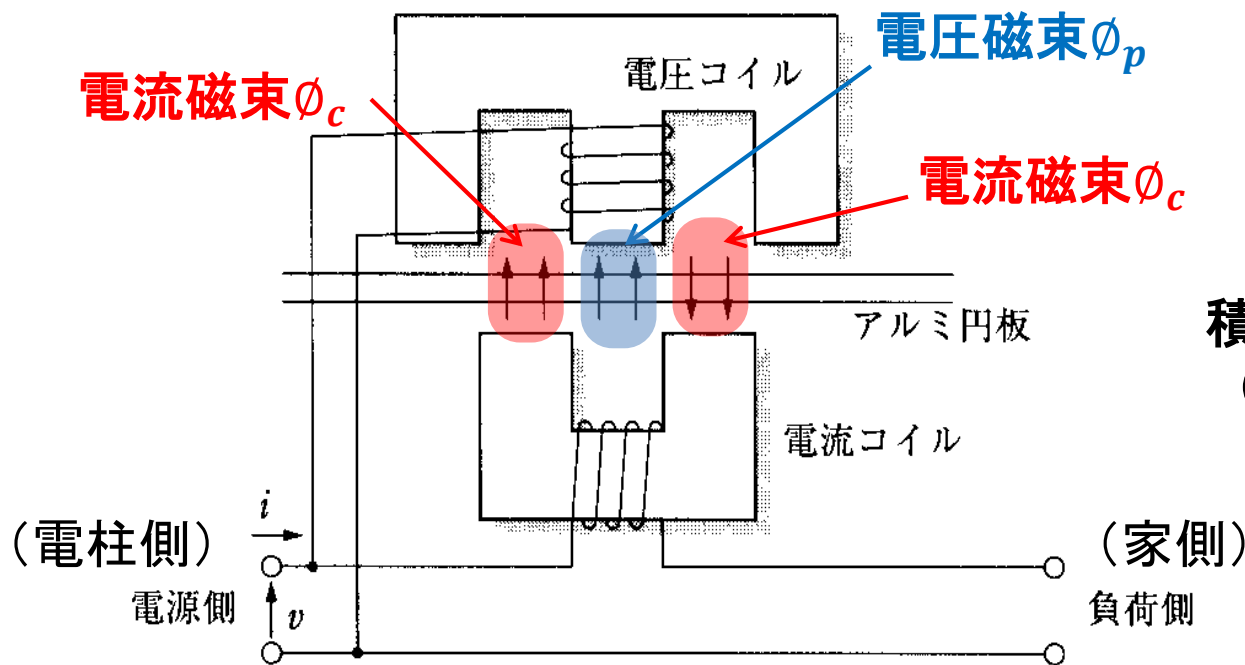
$$Q = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 r \, dt = \frac{r}{T} \int_0^T i^2 \, dt = rI^2$$

8. 積算電力計の原理を知ろう



< 積算電力計の原理図 (教科書P39図3.8) >

- 家庭で使用した電力量(有効電力)を計測するための**積算電力計(誘導形電力量計)**
- 円板形のアルミニウム板に、電力に比例した回転力を発生させ、その電力使用時間を回転数として積算する



積算電力計の原理図
(教科書P39図3.8)

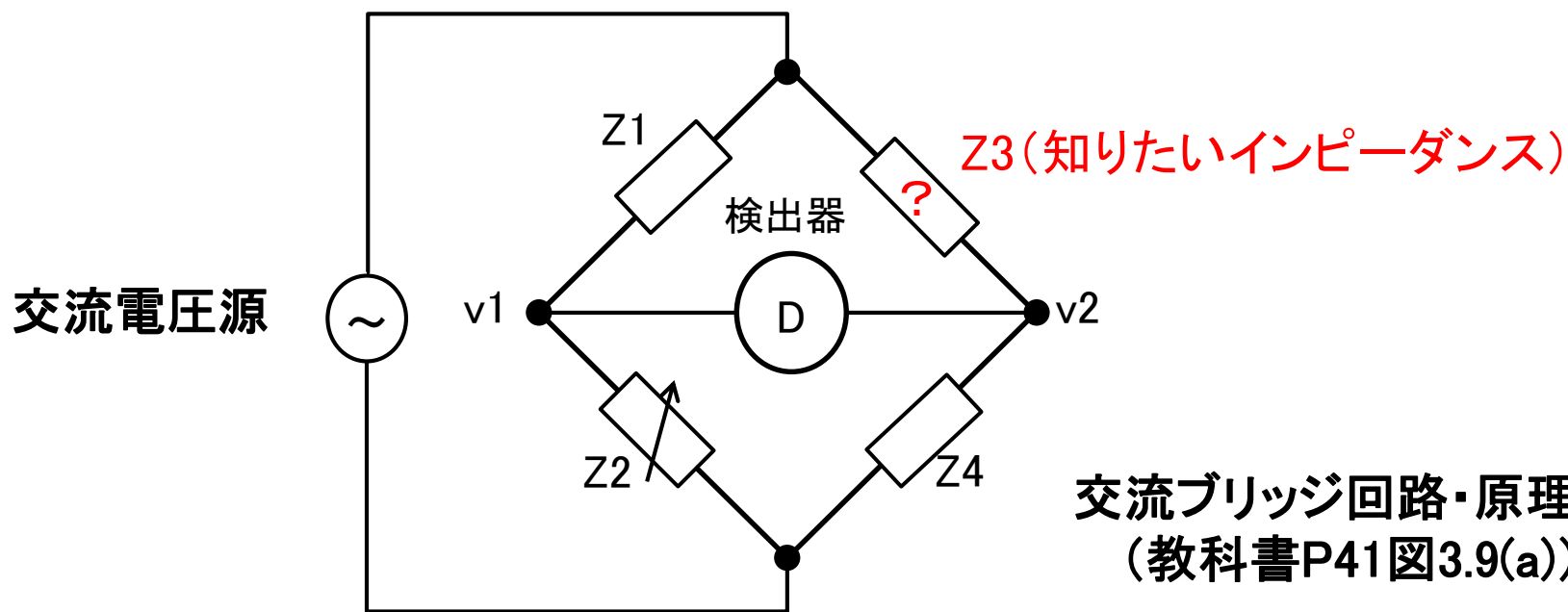
- アルミニウム円板を挟んで電流コイルと電圧コイルを配置し、交流電圧 v を負荷にかけると、**電流磁束 ϕ_c** と**電圧磁束 ϕ_p** が発生して、円板を貫通する
- 負荷に電流 i が流れると、円板上に回転磁束が発生して円板が回転する。このときのトルク τ は、**電圧 v の実効値 v_e** と**電流 i の実効値 i_e** に比例する

$$\tau = k\phi_c \phi_p \cos \varphi = k v_e i_e \cos \varphi = k p \quad (3 \cdot 16)$$

(有効)電力

k : 比例定数 $\cos \varphi$: 負荷力率(負荷にかかる電圧と電流の位相差 φ の余弦)

9. 交流ブリッジ回路でインピーダンスを測定しよう



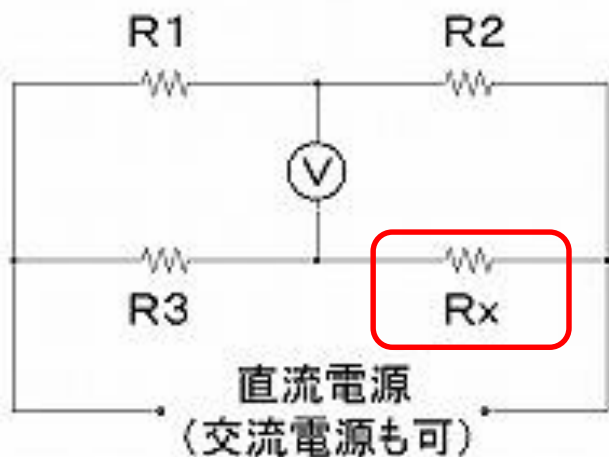
Z_1 と Z_4 を固定値、 Z_2 を調整して検出器が0(ゼロ)になるようにバランス(平衡)させると、 **Z_3** のインピーダンスを精度よく計測することができる

$$Z_1 : Z_2 = \mathbf{Z_3} : Z_4 \quad (3 \cdot 17)$$

$$\mathbf{Z_3} = \frac{Z_1 Z_4}{Z_2} \quad (3 \cdot 18)$$

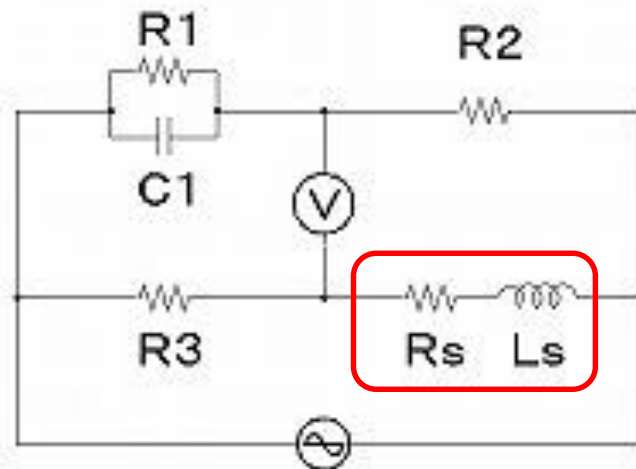


交流ブリッジ回路の種類



$$R_x = R_2 \cdot R_3 / R_1$$

- ホイーストンブリッジ回路
主に抵抗(R)の測定

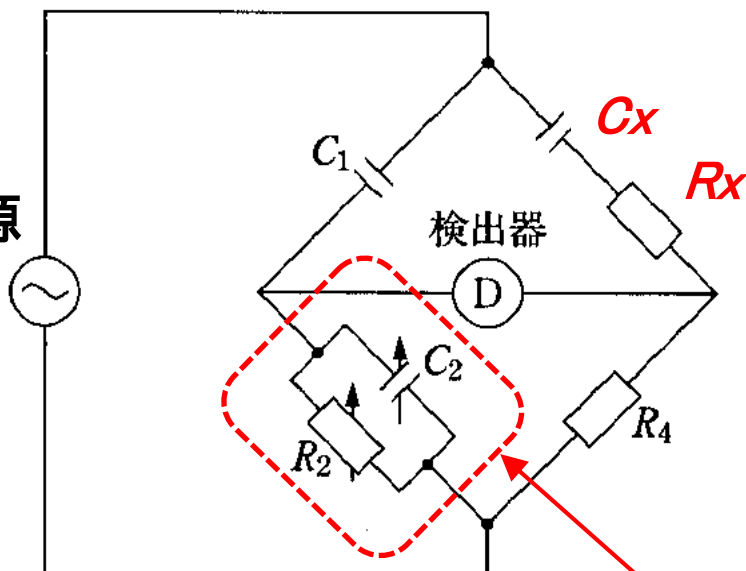


$$L_s = R_2 \cdot R_3 \cdot C_1$$

$$R_s = R_2 \cdot R_3 / R_1$$

- マクスウェルブリッジ回路
主に自己インダクタンス(L)の測定

交流電圧源



交流ブリッジ回路
シェーリングブリッジ
(教科書P41図3.9(b))

- シェーリングブリッジは、主に静電容量(コンデンサ) C_x のインピーダンスを測定するために用いられる、交流ブリッジ回路ある
- 被測定インピーダンス $R_x + \frac{1}{j\omega C_x}$ を測定するために、可変抵抗 R_2 と可変キャパシタ(コンデンサ) C_2 を調整して、検出器が0(ゼロ)になるようにする。他には固定抵抗 R_4 、固定キャパシタ C_1 を接続する。

ブリッジが平衡すると、

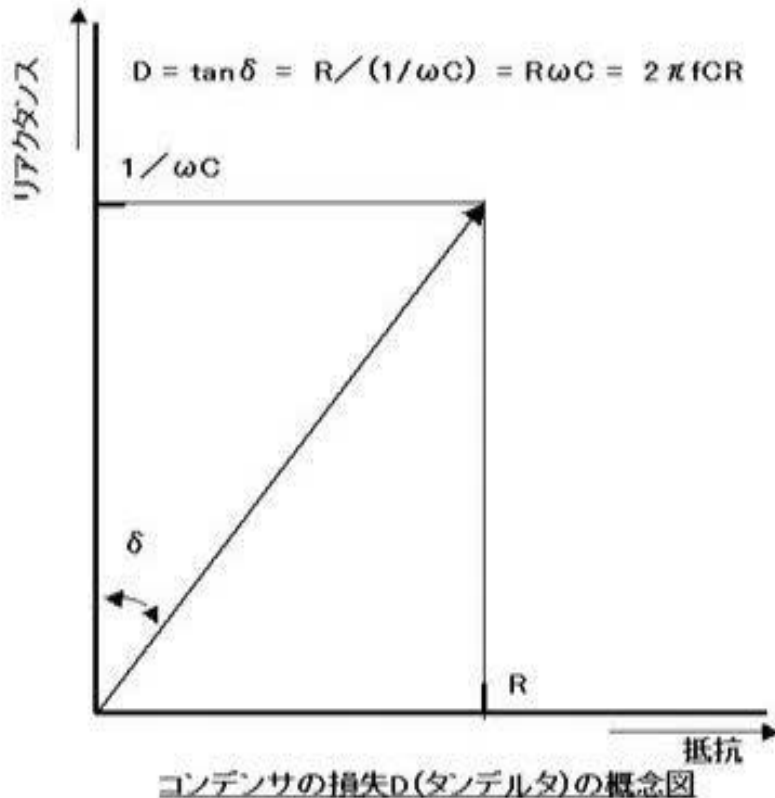
$$R_x + \frac{1}{j\omega C_x} = \frac{R_4}{\left(\frac{1}{R_2} + j\omega C_2\right)^{-1}} \quad (3 \cdot 19)$$

前スライドの式(3・19)から

$$R_x = \frac{C_2}{C_1} R_4 \quad C_x = \frac{R_2}{R_4} C_1 \quad (3 \cdot 20)$$

また、キャパシタ C_x の損失係数 D_x ※を、以下のように求めることができる

$$D_x = \omega C_x R_x = \omega C_2 R_2 \quad (3 \cdot 21)$$



※キャパシタの損失係数Dとは？

キャパシタ(コンデンサ)には、リアクタンス成分とは別に内部抵抗成分がある。このため、実際には、内部抵抗 R とリアクタンス C の直列接続されたインピーダンス $R + \frac{1}{j\omega C}$ が発生する。

損失係数は、リアクタンスに対する抵抗成分を比 $R/(1/\omega C)$ で表したもの。この値が小さいほど損失が少ない性能の良いコンデンサである。

【問題1】

熱電形計器の測定原理として、正しい内容を以下のa.～d.から選べ

- a. 測定電流を熱線に流して熱に変え、この熱で発生した電流を可動コイル形計器で測定する
- b. 家庭で使用した電力量を、円板形のアルミニウム板の回転量で計測する
- c. 固定コイルと可動コイルの間に働く電流力によって、測定電流を可動コイル形計器で測定する
- d. ブリッジ形の整流器を使って、交流電流を直流電流に変換して可動コイル形計器で測定する

【問題2】

熱電形計器の測定について、正しい内容を以下のa.～d.から選べ

a. 測定電流の平均値を測定することができる

b. 測定電流の尖頭(ピーク)値を測定できる

c. 測定電流の実効値を測定できる

d. 測定電流の二乗平均値を測定できる

【問題3】

積算電力計について、正しい内容を以下のa.~d.から選べ

- a. 積算電力計は、企業の電力量を計量する専用の計測器である
- b. 積算電力計は、誘導形電力量計を使用している
- c. 積算電力計は、家庭で消費する無効電力を測定する計器である
- d. 積算電力計は、鉄製の円板を使用している

【問題4】

以下の文章は、積算電力計の測定原理について説明したものである。①②③に当てはまる適切な用語や記号を答えよ。

磁束

負荷に電流*i*が流れると、円板上に回転(①)が発生して円板が回転する。このときの回転トルク τ は、下に示す式のように電圧*v*の(②) v_e と電流*i*の(②) i_e に比例する

実効値

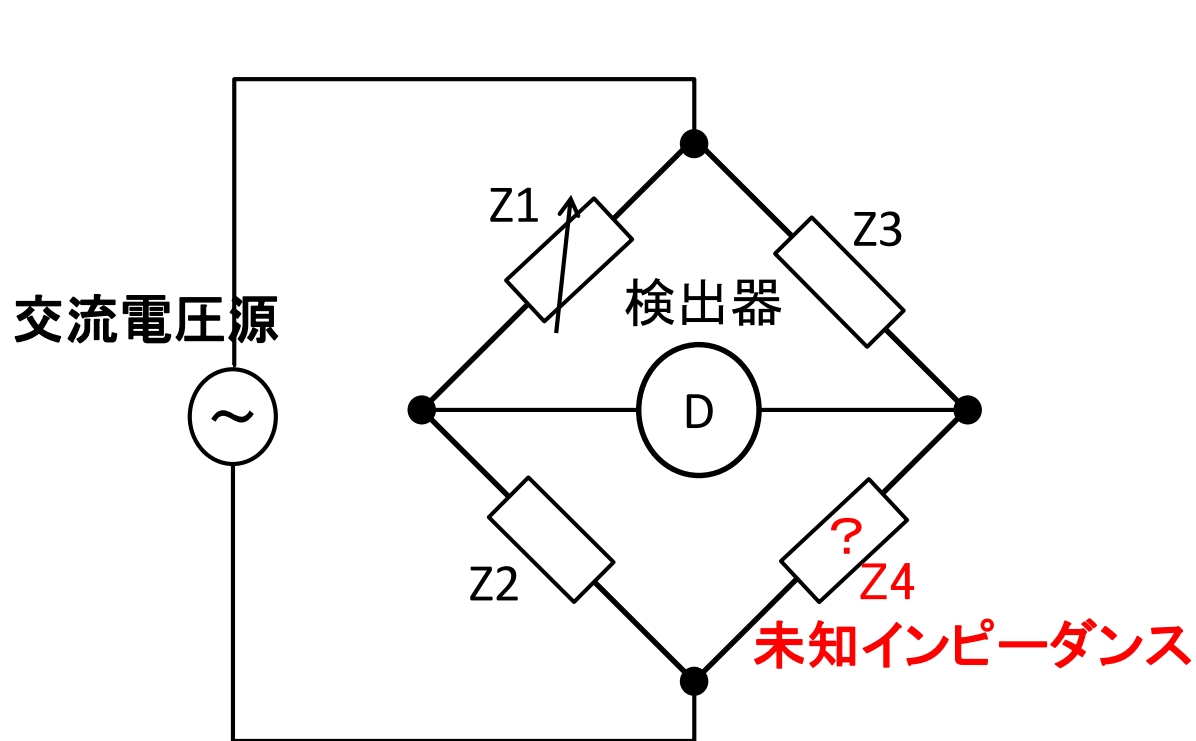
実効値

$$\tau = kv_e (\textcircled{3}) \cos \varphi$$

i_e

【問題5】

次に示す交流ブリッジ回路で、検出器の値をゼロにして未知インピーダンス Z_4 を求めるための正しい式を、以下のa.~d.から選べ



$$a. Z_4 = \frac{Z_3}{Z_1 Z_2}$$

$$b. Z_4 = \frac{Z_1 Z_2}{Z_3}$$

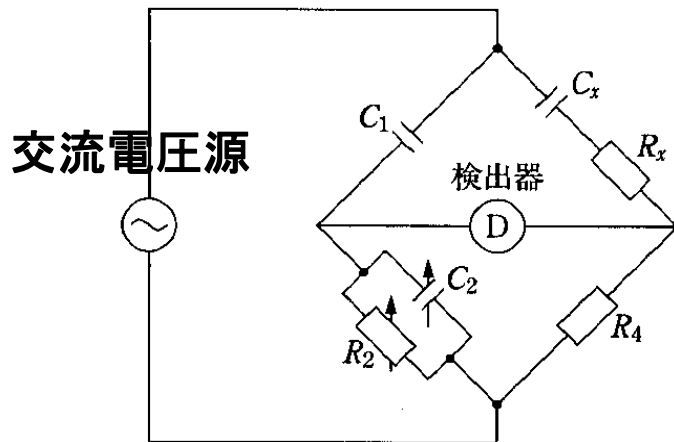
$$c. Z_4 = \frac{Z_2 Z_3}{Z_1}$$

$$d. Z_4 = \frac{Z_2}{Z_1 Z_3}$$

本日の提出課題

【問題6】

次に示すシェーリングブリッジ回路で、 R_2, C_2 を調整して検出器を最小にした時、周波数 $f = 1[kHz]$, $C_1 = 2[\mu F]$, $R_4 = 1[k\Omega]$, $C_2 = 0.5[\mu F]$, $R_2 = 500[\Omega]$ となった。 R_x, C_x と D_x 値を求めよ。



$$\text{式(3・20)} R_x = \frac{C_2}{C_1} R_4, C_x = \frac{R_2}{R_4} C_1 \text{より}$$

$$R_x = \frac{C_2}{C_1} R_4 = \frac{0.5 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-6}} \times 1 \times 10^3 = 250[\Omega]$$

$$C_x = \frac{R_2}{R_4} C_1 = \frac{5 \times 10^2}{1 \times 10^3} \times 2 \times 10^{-6} = 1[\mu F]$$

$$\text{式(3・21)} D_x = \omega C_x R_x = \omega C_2 R_2 \text{より}$$

$$D_x = \omega C_x R_x = 2\pi f C_x R_x = 2\pi \times 1 \times 10^3 \times 250 \times 1 \times 10^{-6} \cong 1.57$$

損失係数は、リアクタンス $[\Omega]$ 成分と内部抵抗 $[\Omega]$ 成分の割合なので、単位はありません