2年 前期期末試験 電気電子計測

抵抗は電流の流れにくさを表す。

抵抗は導体の種類、形状、温度で決まる。

直接的には電流の大きさには依存しない。

低抵抗の測定法

電圧電流計法、直読型抵抗計、四端子法

- 一般の低抵抗測定 → 四端子法
- 一般的なアナログテスタ → 直読型抵抗計

抵抗の逆数をコンダクタンス：G[S]

抵抗率の逆数を導電率：σ[S/m]

負荷効果による系統誤差

電流計を回路に挿入して測定することで、系統誤差が発生すること。

→負荷効果という

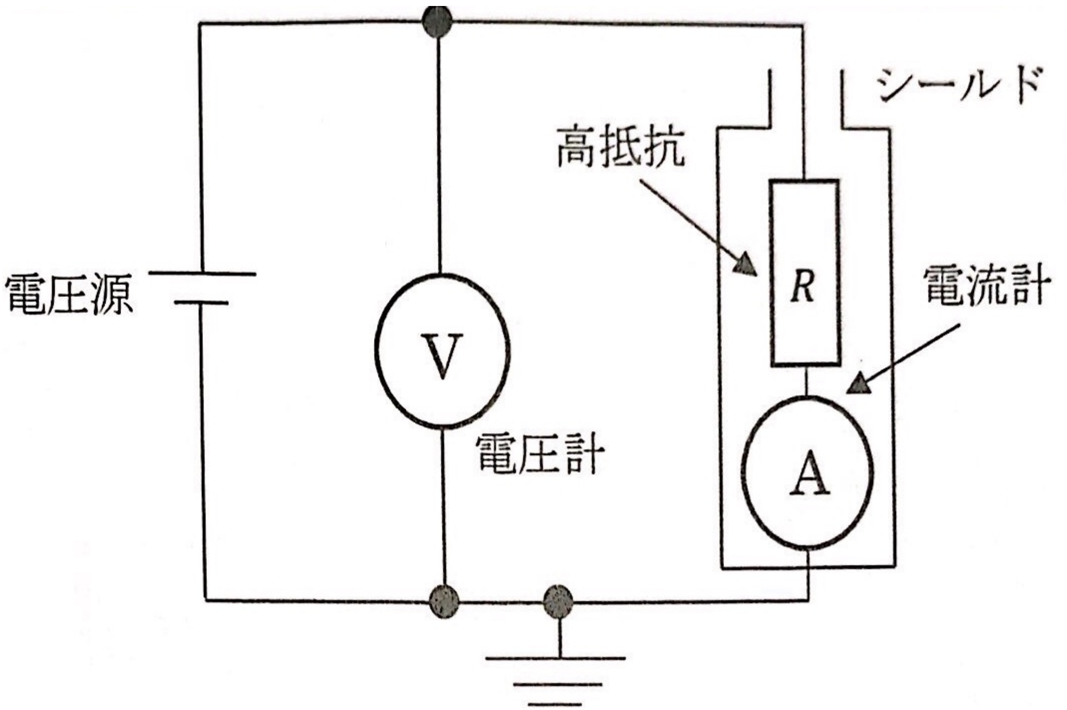
$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{I_m - I}{I} + \frac{-R_A}{R_g + R_A}$$

電圧/電流の最大値（振幅） → ピーク値応答型電子電圧計で測定

電圧/電流の絶対平均値 → 整流形計器で測定

高抵抗計測による測定誤差とシールド

③高抵抗の測定について、測定誤差を減らすために右図のようにシールドが使用される。シールドを使用せずに測定したときに誤差が含まれる理由と、シールドを使うことで誤差を減らすことができる理由を説明せよ。



誤差が含まれる理由

高抵抗の場合、抵抗の周りの汚れ、水分や空気などを電流が流れると、
高抵抗の後に配線に戻り、電流計の指示値に誤差が含まれるため。

誤差を減らすことができる理由

シールドを使うことによって、漏れ電流を直接アースに流す事ができ、
電流計の指示値に含まれなくなるため。

三電流計法で高周波の場合誤差が大きくなる理由

高周波の場合、交流電流計の内部インダクタンスおよび交流電圧計の内部コンデンサが大きくなり、測定における誤差が大きくなるため。

電流の測定方程式

テブナン等価回路(起電力 V_g ,内部抵抗 R_g)で示される回路について、等価回路の端子 a−b 間を短絡した時の電流値と測定値の誤差限界率を求めたい。以下の問いに答えよ。(計 14 点)

①電流計を挿入する前に a−b 間に流れる電流 I と、電流計(内部抵抗 R_A)を a−b 間に挿入した時に電流計に表示される電流の指示値 I_m を求めなさい。(各 2 点)

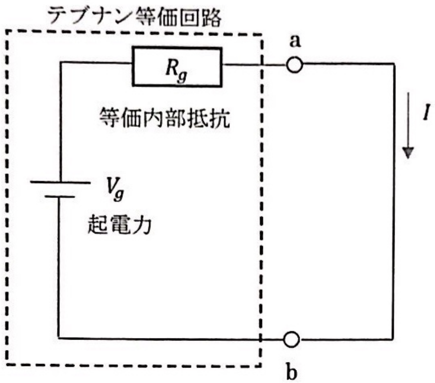


図 A　電流計を挿入する前の回路

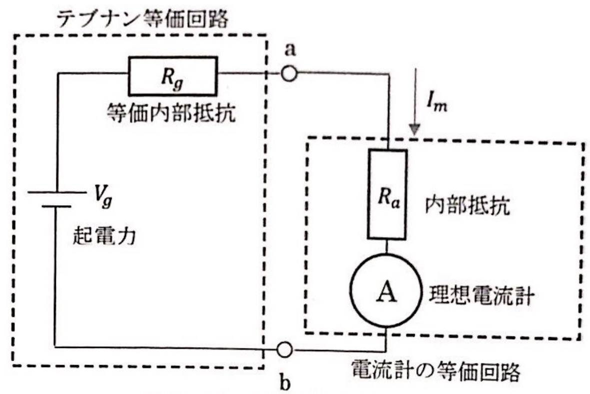


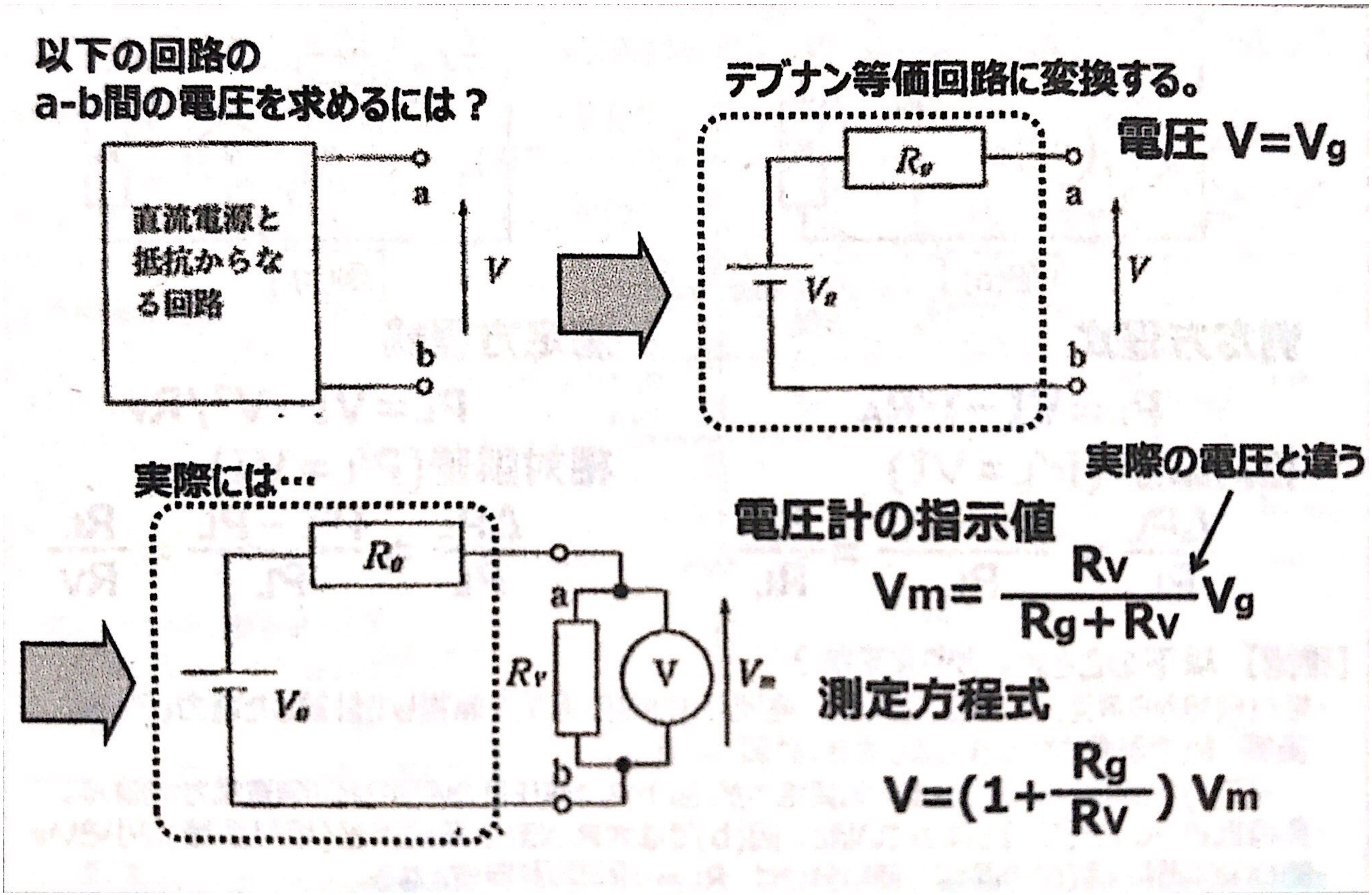
図 B　電流計を挿入した回路

$$②\ I_m = \frac{V_g}{R_g + R_a} \times \frac{V_g}{R_g} \times \frac{R_g}{V_g} = \frac{V_g}{R_g + R_a} \times I \times \frac{R_g}{V_g} = \frac{R_g}{R_g + R_a} I$$

$$\therefore I = \frac{R_g + R_a}{R_g} I_m = \left(1 + \frac{R_a}{R_g}\right) I_m$$

$$I = (1 + \frac{R_A}{R_g}) Im$$

電圧の測定方程式



以下の回路の
a-b間の電圧を求めるには？
直流電源と抵抗からなる回路
a
b
V
テブナン等価回路に変換する。
電圧 V=Vg
Rg
Vg
実際には…
Rv
V
Vm
実際の電圧と違う
電圧計の指示値
Vm= Rv/(Rg+Rv) Vg
測定方程式
V=(1+Rg/Rv) Vm

負荷効果による系統誤差

電流計を回路に挿入して測定することで、系統誤差が発生すること。

→負荷効果という

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V_m - V}{V} + \frac{-R_g}{R_g + R_V}$$

誤差限界率

P13より、

$y=f(x_1,x_2,\cdots,x_N)$ の時、

$$\Delta y=\sum_{i=1}^{N}\frac{\partial f}{\partial x_i}\Delta x_i$$

となる。

Δx_iの最大値をε_iとすると、yの最大値ε_yは、

$$\varepsilon_y=\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{\partial f}{\partial x_i}\varepsilon_i\right|$$

となる。

本日の課題(式の導出)

$$I=f(I_m, R_g, R_A)=\left(1+\frac{R_A}{R_g}\right)I_m$$

では、

$$\frac{\partial f}{\partial I_m}=\left(1+\frac{R_A}{R_g}\right)$$

$$\frac{\partial f}{\partial R_g}=-\frac{R_A}{R_g^2}I_m$$

$$\frac{\partial f}{\partial R_A}=\frac{I_m}{R_g}$$

となるため、

$$\varepsilon=\left|\frac{\partial f}{\partial I_m}\varepsilon_m\right|+\left|\frac{\partial f}{\partial R_g}\varepsilon_g\right|+\left|\frac{\partial f}{\partial R_A}\varepsilon_A\right|$$

となり、

Iの誤差限界率は、

$$\frac{\varepsilon}{|I|}=\frac{\varepsilon_m}{|I_m|}+\frac{R_A}{R_g+R_A}\left(\frac{\varepsilon_g}{R_g}+\frac{\varepsilon_A}{R_A}\right)$$

となる。

各抵抗の誤差限界率は$R_A/(R_g+R_A)$の係数がかかる。

電流計の指示値の誤差限界率はそのまま影響する。

③ $$\frac{\varepsilon}{|I|} = \frac{\left|\frac{\partial I}{\partial I_m}\varepsilon_m\right| + \left|\frac{\partial I}{\partial R_g}\varepsilon_g\right| + \left|\frac{\partial I}{\partial R_a}\varepsilon_a\right|}{\left(1+\frac{R_a}{R_g}\right)|I_m|} = \frac{\left(1+\frac{R_a}{R_g}\right)\varepsilon_m}{\left(1+\frac{R_a}{R_g}\right)|I_m|} + \frac{\left|-\frac{R_a}{{R_g}^2}I_m\varepsilon_g\right| + \left|\frac{I_m}{R_g}\varepsilon_a\right|}{\left(1+\frac{R_a}{R_g}\right)|I_m|}$$

$$= \frac{\varepsilon_m}{|I_m|} + \frac{R_g}{R_g+R_a}\left(\frac{R_a}{{R_g}^2}\varepsilon_g + \frac{\varepsilon_a}{R_g}\right) = \frac{\varepsilon_m}{|I_m|} + \frac{R_a}{R_g+R_a}\left(\frac{\varepsilon_g}{R_g} + \frac{\varepsilon_a}{R_a}\right)$$

$$\frac{\varepsilon}{|I|} = \frac{\varepsilon_m}{|I_m|} + \frac{\frac{R_A\varepsilon_g}{R_g^2} + \frac{\varepsilon_A}{R_g}}{1+\frac{R_A}{R_g}} = \frac{\varepsilon_m}{|I_m|} + \left\{\left(\frac{R_A\varepsilon_g}{R_g^2} \times \frac{\cancel{R_g}}{R_A+R_g}\right) + \left(\frac{\varepsilon_A}{\cancel{R_g}} \times \frac{\cancel{R_g}}{R_A+R_g}\right)\right\}$$

$$= \frac{\varepsilon_m}{|I_m|} + \left\{\left(\frac{R_A}{R_A+R_g}\right)\left(\frac{\varepsilon_g}{R_g}\right) + \left(\frac{\varepsilon_A}{R_A+R_g}\right)\right\}$$

$$= \frac{\varepsilon_m}{|I_m|} + \frac{R_A}{R_A+R_g}\left(\frac{\varepsilon_g}{R_g} + \frac{\varepsilon_A}{R_A}\right)$$

抵抗の種類

種類	構造	温度計数	精度	価格	備考
巻線抵抗器	マンガンやニクロム等の細い線を絶縁体に巻く	小さい	良い		インダクタンスが大きいため、交流用では巻き方を工夫。標準抵抗器や計測機器などに使用。
金属皮膜抵抗器	絶縁体の管や板の表面に金属の薄膜を作成し、螺旋状の切り込みを入れる。	小さい	良い		インダクタンスは巻線抵抗器より小さいが、低抵抗を作ることが難しい
炭素皮膜抵抗器	絶縁体の管や板の表面に炭素の薄膜を作成し、螺旋状の切り込みを入れる。	金属皮膜抵抗器より大きい	金属皮膜抵抗器に劣る	低い	
ソリッド抵抗器	炭素粉末や樹脂などで固めて作る。	皮膜抵抗器より大きい	悪い	低い	指定通りの抵抗を作ることが困難→作成したものを分類する。
可変/半固定抵抗器	巻線抵抗器や皮膜抵抗器の表面に金属片を接触させ、端子を取り出す。				外から抵抗値を変えられるものを可変抵抗器、プリント基板上に取り付け、外から容易に変えられないものを半固定抵抗器という。

抵抗率

$$\rho[\Omega \cdot m] = \frac{V_1}{I_1}$$

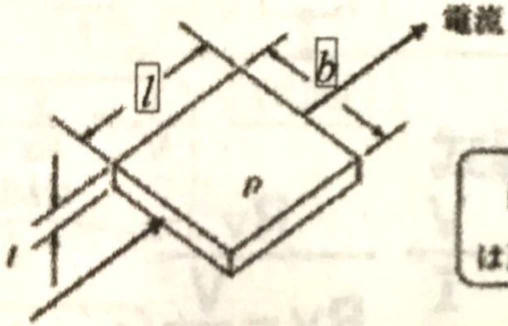
$$R = \rho \frac{l[m]}{S[m^2]}$$

面抵抗とコンダクタンス、導電率

面抵抗(シート抵抗)

・抵抗体が一様な厚さtの物体(抵抗率ρ)である場合、
長さlと幅bがわかれば、抵抗値が求まる。

→面抵抗Rsを定義することによって、抵抗値が求めやすくなる。



面抵抗 $R_s = \frac{\rho}{t}$
は正方形の大きさに無関係

$$\boxed{R = R_s \frac{l}{b}}$$

コンダクタンスG

・抵抗の逆数。電流の流れやすさを示す。

・単位は[S(ジーメンス)]

$$\boxed{G = \frac{1}{R} \quad \text{(S)}}$$

導電率σ

・抵抗率の逆数。電流の流れやすさを示す。

・単位は[S/m]

$$\boxed{\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \text{(S/m)}}$$

温度センサ(p.61 談話室)

・抵抗値は温度に依存する。

温度T0の抵抗値R0を基準として、
温度Tの時の抵抗値R(T)を計算する。

$$\boxed{R(T) = R_0\{1 + \alpha(T - T_0)\}}$$

温度係数

Rs
||

【例題】

(1) ・AgIC(導電性インク)のシート抵抗は0.3Ω/sq.である。
厚さ135μmであるときの導電率はいくらか。

(2) また、長さ20mm、幅1mmの線を描いたときの抵抗値はいくらか？

~~→断面が2mm×3mm、長さ1mの物体の抵抗が10Ωであった。導電率はいくらか？~~