

第9章 ダブルブリッジによる低抵抗の測定

Measurement of Low Resistance by Double Bridge

9.1 目的

ダブルブリッジの構造および原理を理解し、これによって低抵抗 (1Ω 未満) を測定する方法を習得し、導電材料の抵抗率の概念を得る。

9.2 理論

ダブルブリッジはホイートストンブリッジと電位降下法の原理を応用して、接続線の抵抗および接触抵抗の影響をできるだけ少なくしたもので、低抵抗の測定に用いられる。

図 9.1 はダブルブリッジの原理を示し、 m, n は比例辺、 m', n' は補助比例辺、 X は被測定抵抗である。矢印の方向に電流を流し、各辺の抵抗を変えて平衡状態を得たとすれば、次のような関係が成立する。

$$i_1 m = i_2 X + i_3 m' \quad i_1 n = i_2 R + i_3 n' \quad (9.1)$$

これから

$$\frac{m}{n} = \frac{i_2 X + i_3 m'}{i_2 R + i_3 n'} = \frac{X + \frac{i_3}{i_2} m'}{R + \frac{i_3}{i_2} n'} \quad (9.2)$$

また bc 間の接続抵抗を α とすれば

$$(i_2 - i_3) \alpha = i_3 (m' + n') \quad (9.3)$$

なる関係がある。したがって

$$\frac{i_3}{i_2} = \frac{\alpha}{m' + n' + \alpha} \quad (9.4)$$

この式を式 (9.2) に代入すれば

$$\frac{m}{n} = \frac{X + \frac{m' \alpha}{m' + n' + \alpha}}{R + \frac{n' \alpha}{m' + n' + \alpha}} \quad (9.5)$$

これから X を求めれば

$$X = \frac{m}{n} R + \left(\frac{m}{n} - \frac{m'}{n'} \right) \frac{n' \alpha}{m' + n' + \alpha} \quad (9.6)$$

となる。いま $m/n = m'/n'$ の関係が成立すれば、右辺の第2項は零になり

$$X = \frac{m}{n}R = \frac{m'}{n'}R \quad (9.7)$$

となり、bc間の接続抵抗 α の影響を避けて、Xの値を求めることができる。

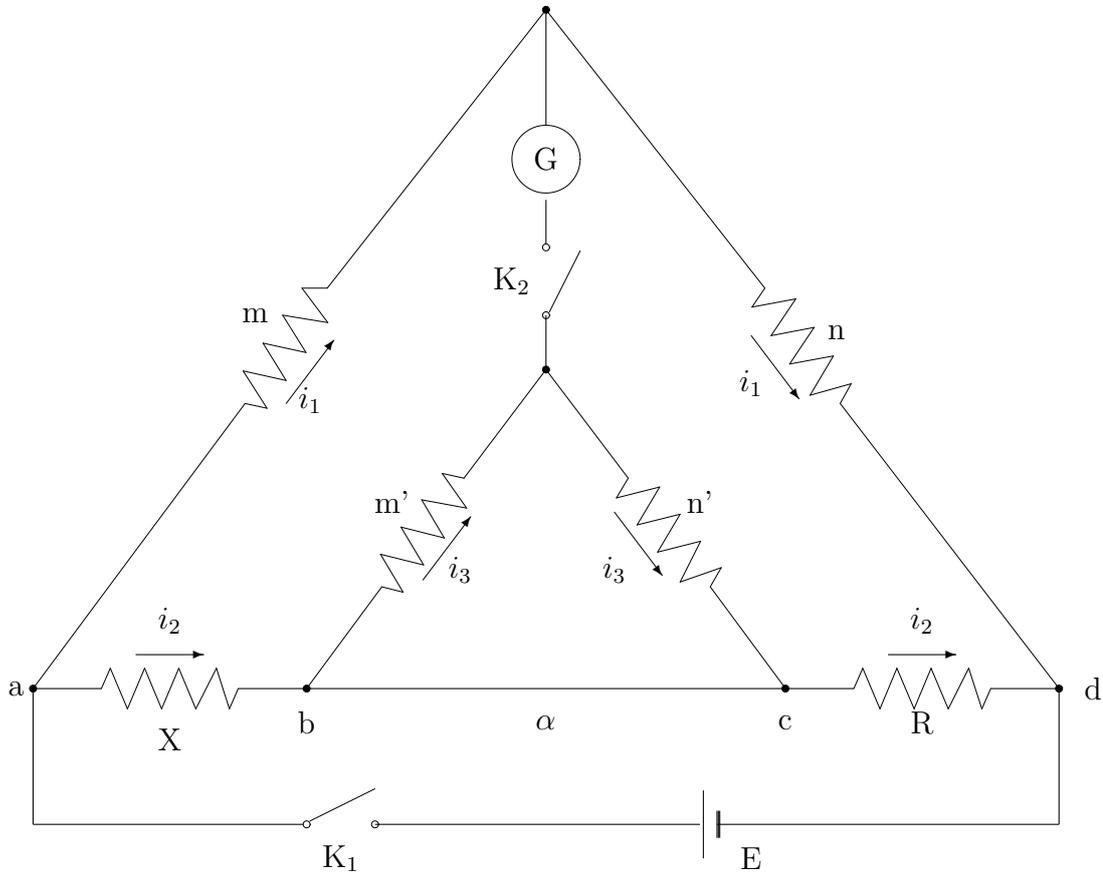


図 9.1: ダブルブリッジの原理図

9.3 方法

図 9.2 はケルビンダブルブリッジ Kelvin double bridge の構造および接続を示す。 Ω は標準用抵抗であり、被測定抵抗は接続導体の抵抗が小さいクランプ装置に取付けられ、接続端子は C_1, P_1, P_2, C_2 の4個で、 C_1, C_2 は電流用導線端子、 P_1, P_2 は電圧用導線端子である。電圧用導線の抵抗および接触抵抗は比較的高抵抗の比例辺に直列に接続されるから、測定誤差を僅少にすることができる。

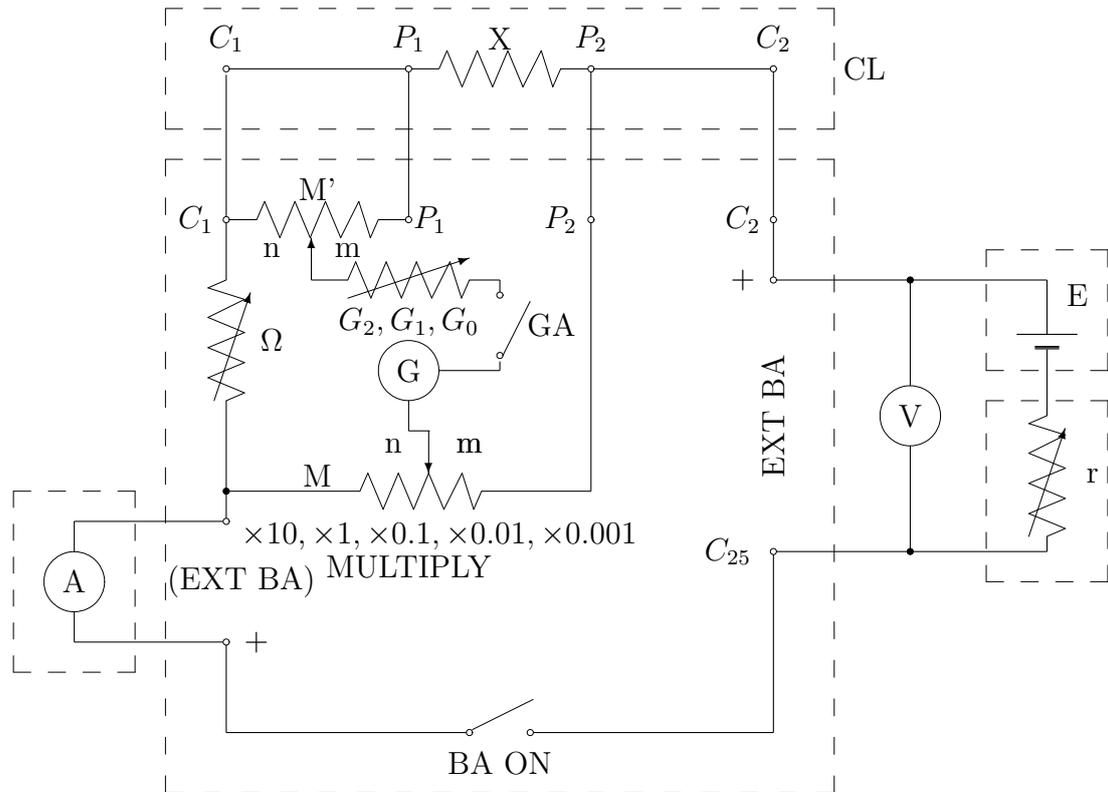


図 9.2: ダブルブリッジの結線図

- | | | |
|-----------------|---------------------|-----------------|
| E : 直流電源 | V : 直流電圧計 | A : 直流電流計 |
| G : 検流計 | X : 被測定抵抗 | M : 比例辺抵抗 |
| M' : 補助比例辺抵抗 | Ω : 抵抗 (既知値) | C_1 : 電流用導線端子 |
| C_2 : 電流用導線端子 | P_1 : 電圧用導線端子 | P_2 : 電圧用導線端子 |
| CL: クランプ装置 | | |

ダブルブリッジはつねに $m/n = m'/n'$ の関係が満足されているから、適当な M の値に対して平衡状態を得れば

$$X = M\Omega \quad (9.8)$$

ただし

$$M = m/n = m'/n' \quad (9.9)$$

となる。

試料として、モリブデン M_0 、タングステン W、ニッケル N_i 、洋銀、リン青銅などの導電材料の抵抗を測定し、次式から抵抗率 ρ_T を求める。

$$\rho_T = \frac{\pi D_{AVE}^2}{4L_{AVE}} X_{AVE} (\Omega - mm^2/m) \quad (9.10)$$

ただし D_{AVE} : 導線の直径平均 (mm) L_{AVE} : 導線の長さ平均 (m)

9.4 結果

周囲温度 T(°C)

9.4.1 直径と長さの結果

測定導線の種類	測定直径 D(mm)	直径平均 D _{AVE} (mm)	測定長さ L(m)	長さ平均 L _{AVE} (m)

9.4.2 低抵抗の結果

測定導線の種類	比例辺 M	抵抗 R(Ω)	測定抵抗 X(Ω)	抵抗平均 X _{AVE} (Ω)

9.4.3 抵抗率

測定導線の種類	直径平均 D _{AVE} (mm)	長さ平均 L _{AVE} (m)	抵抗平均 X _{AVE} (Ω)	抵抗率 ρ _T (Ω - mm ² /m)

求めた各種の導電材料の実測抵抗率 ρ_T を 20 °C の温度換算抵抗率 ρ_{T20} に換算して、公称値 (表 9.1 参照) と比較検討する。T 度の抵抗率 ρ_T は、

$$\rho_T = \rho_{T20}(1 + \alpha(T - 20))(\Omega - mm^2/m) \quad (9.11)$$

式となる。ただし、α は抵抗の温度係数 (表 9.1 参照) である。

表 9.1 の導電材料抵抗率 ρ₂₀ を真の値として、式 2.1 を参照して温度換算抵抗率 ρ_{T20} の誤差 ε_ρ を求める。

測定導線の種類	実測抵抗率 ρ _T (Ω - mm ² /m)	温度換算抵抗率 ρ _{T20} (Ω - mm ² /m)	導電材料抵抗率 ρ ₂₀ (Ω - mm ² /m)	抵抗率の誤差 ε _ρ (%)

9.5 注意

被測定導線の直径はデジタルノギスで数箇所測り、その平均値をとる。

9.6 問題

ダブルブリッジは接続導線の抵抗や接触抵抗の影響を少なくして、低抵抗の測定が精密にできる理由を述べよ。

9.7 実験装置・規格

9.7.1 直流電源の使い方

図 9.2 での直流電源 E の使い方は、30 ページ 2.6.1.2-B の「直流電源の使い方」を参照する。

9.7.2 導電材料の抵抗率

表 9.1: 導電材料の抵抗率 (20 °C)

材料	抵抗率 $\rho_{20}(\Omega - mm^2/m)$	温度係数 $\alpha (1/deg \times 10^{-3})$
モリブデン	0.0477	3.3
タンゲステン	0.0548	4.5
ニッケル	0.0690	6.0
銀	0.0162	3.8
アルミニウム	0.0262	3.9
銅	0.0169	3.9
りん青銅	0.02~0.06	30~40
洋銀	0.20~0.40	0.34
マンガン	0.40~0.50	0.01
ニクロム	1.00~1.10	0.20