

第5章 デジタル・マルチメータによる キルヒホッフの実験

5.1 目的

デジタル・マルチメータをもちいて、キルヒホッフの法則を測定する。この実験より電気回路の基本を習得する。

5.2 理論

5.2.1 キルヒホッフの第一法則

電気回路の任意の接続点に流入する電流 $I_i(\text{A})$ の代数和は零である。

$$\sum_{i=1}^{i=n} I_i = 0 \quad (5.1)$$

5.2.2 キルヒホッフの第二法則

閉じた電気回路において、その中にある抵抗 $R_i(\Omega)$ と電流 $I_i(\text{A})$ の積の代数和はその閉回路にある起電力 $e_i(\text{V})$ の代数和となる。

$$\sum_{i=1}^{i=ne} e_i = \sum_{i=1}^{i=ni} R_i \times I_i \quad (5.2)$$

5.3 方法

ここでは、閉回路内の起電力が1個の場合のキルヒホッフの第二法則を、直列回路と2種類の並列回路の合わせて3種類の回路について実験する。

抵抗 R_{11} と R_{21} は $100(\Omega) \sim 900(\Omega)$ を R_{12} と R_{22} は $1\text{K}(\Omega) \sim 9\text{K}(\Omega)$ を選択する。ただし、抵抗値 R_{11} 、 R_{12} 、 R_{21} および R_{22} は、同一の班内で、同じ値にならないように各自で相談し決定する。

各抵抗の抵抗値と端子電圧の測定は、各自のデジタルマルチメータを使用する。

この実験は、各自がそれぞれ上記の3種類の実験を行う。

同一の実験台に同班の人が複数居ますが、各自が測定した値は各自が結果として報告する。

5.3.1 直列回路の測定

測定は、次の手順である。

1. 図 5.1 において抵抗 R_{11} と R_{12} を接続する。
2. 抵抗 R_{11} と抵抗 R_{12} の抵抗値を測定する。
3. 電源 E で閉回路を構成 (E 、 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_5 、 P_6 、 P_7 による閉回路) するように接続して抵抗 R_{11} の端子電圧 $V_{11}(V)$ と抵抗 R_{12} の端子電圧 $V_{12}(V)$ 、および電流 $I(A)$ を測定する。
4. 抵抗 R_{21} と R_{22} は接続し無い状態とする。

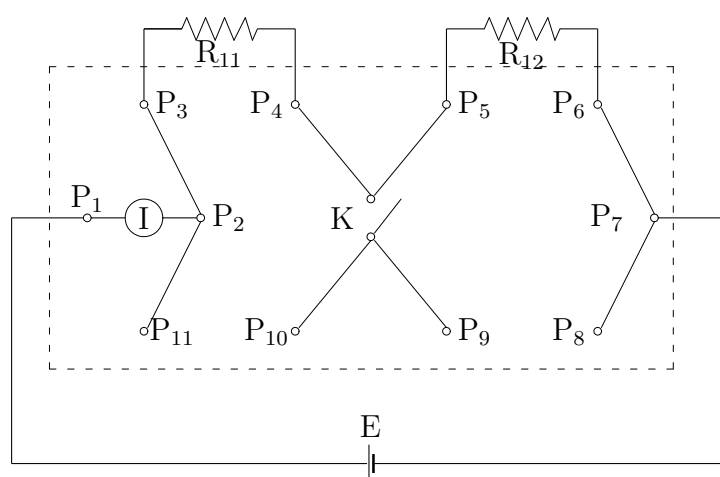


図 5.1: 直列回路 1 の結線図

E : 直流電源

I : 電流計

K : スイッチ

R : 抵抗

P : 端子

5.3.2 並列回路の測定

測定は、次の手順である。

1. 図 5.2 において抵抗 R_{11} 、 R_{21} 、 R_{22} 、および R_{22} を接続する。
2. 抵抗 R_{11} 、抵抗 R_{12} 、抵抗 R_{21} 、および抵抗 R_{22} の抵抗値を測定する。
3. 電源 E を P_1 と P_7 間に接続して抵抗 R_{11} の端子電圧 $V_{11}(V)$ 、抵抗 R_{12} の端子電圧 $V_{12}(V)$ 、抵抗 R_{21} の端子電圧 $V_{21}(V)$ 、抵抗 R_{22} の端子電圧 $V_{22}(V)$ 、および電流 $I(A)$ を測定する。ただし、スイッチ K は開いた状態とする。

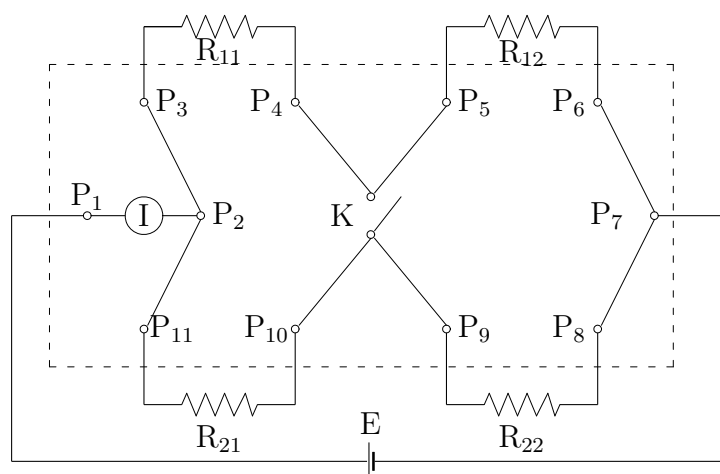


図 5.2: 並列回路 1 の結線図

E : 直流電源 I : 電流計 K : スイッチ
R : 抵抗 P : 端子

測定は、次の手順である。

1. 図 5.2 において抵抗 R_{11} 、 R_{21} 、 R_{21} 、および R_{22} を接続する。
2. 抵抗 R_{11} 、抵抗 R_{12} 、抵抗 R_{21} 、および抵抗 R_{22} の抵抗値を測定する。
3. 電源 E を P_1 と P_7 間に接続して抵抗 R_{11} の端子電圧 $V_{11}(V)$ 、抵抗 R_{12} の端子電圧 $V_{12}(V)$ 、抵抗 R_{21} の端子電圧 $V_{21}(V)$ 、抵抗 R_{22} の端子電圧 $V_{22}(V)$ 、および電流 $I(A)$ を測定する。ただし、スイッチ K は開いた状態とする。

5.3.3 並列回路 2 個を直列接続の測定

2 個の並列回路 2 個を直列に接続した場合の測定は、次の手順である。

1. 図 5.3 において抵抗 R_{11} 、 R_{12} 、 R_{21} 、および R_{22} を接続する。
2. 抵抗 R_{11} 、抵抗 R_{12} 、抵抗 R_{21} 、および抵抗 R_{22} の抵抗値を測定する。
3. 電源 E を P_1 と P_7 間に接続してスイッチ K を閉じた状態とする。
4. 抵抗 R_{11} の端子電圧 $V_{11}(V)$ 、抵抗 R_{12} 端子電圧 $V_{12}(V)$ 、および電流 $I(A)$ を測定する。
5. 抵抗 R_{21} の端子電圧 $V_{21}(V)$ 、抵抗 R_{22} 端子電圧 $V_{22}(V)$ 、および電流 $I(A)$ を測定する。

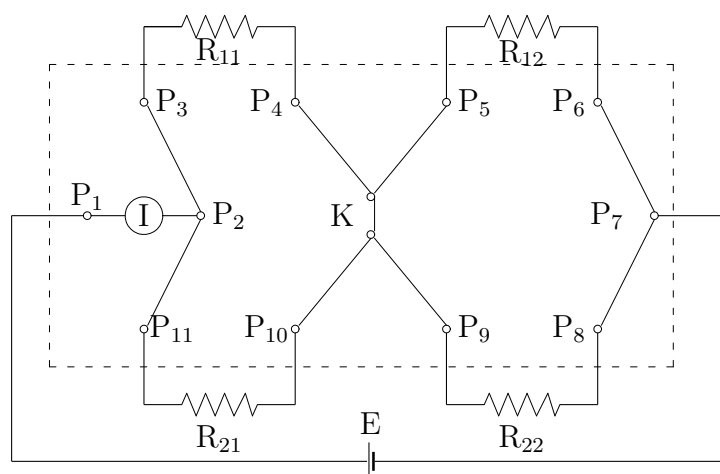


図 5.3: 並列回路 2 個を直列接続の結線図

E : 直流電源

I : 電流計

K : スイッチ

R : 抵抗

P : 端子

5.4 結果

測定結果の整理には、表計算プログラムを用い、処理結果のプリントアウトを報告書に添付しても良い。

ただし、平均値は実験目的に従い必要と思われる箇所を求める。

5.4.1 直列回路の測定結果

端子電圧 V_{S1} (V) は

$$V_{S1} = V_{11} + V_{12} \quad (5.3)$$

である。

直流電源電圧 E と端子電圧 V_{S1} の差 d_{S1} (%) は

$$d_{S1} = \frac{V_{S1} - E}{E} \times 100 \quad (5.4)$$

である。

5.4.1.1 抵抗のカラーコード値

	カラーコード表示	カラーコード抵抗値 (Ω)
抵抗 R_{11}		
抵抗 R_{12}		

測定 回数	DMM 抵抗値	
	抵抗 $R_{11}(\Omega)$	抵抗 $R_{12}(\Omega)$
平均		

5.4.1.2 直列回路の端子電圧測定結果

直流電源 $E(V)$	電流 $I(A)$	端子電圧 $V_{11}(V)$	端子電圧 $V_{12}(V)$	端子電圧 $V_{S1}(V)$
平均				

5.4.1.3 直列回路のキルヒホッフ第二法則確認

5.4.2 並列回路の測定結果

端子電圧 $V_{P1}(V)$ と端子電圧 $V_{P2}(V)$ は

$$V_{P1} = V_{11} + V_{12} \quad (5.5)$$

$$V_{P2} = V_{21} + V_{22} \quad (5.6)$$

である。

直流電源電圧 E と端子電圧 V_{P1} の差 $d_{P1}(\%)$ 、直流電源電圧 E と端子電圧 V_{P2} の差 $d_{P2}(\%)$ は

$$d_{P1} = \frac{V_{P1} - E}{E} \times 100 \quad (5.7)$$

$$d_{P2} = \frac{V_{P2} - E}{E} \times 100 \quad (5.8)$$

である。

	カラーコード表示	カラーコード抵抗値 (Ω)	DMM 抵抗値 (Ω)
抵抗 R_{11}			
抵抗 R_{12}			
抵抗 R_{21}			
抵抗 R_{22}			

直流電源 E(V)	電流 I(A)	抵抗 $R_{11}(\Omega)$	端子電圧 $V_{11}(V)$	電流 $i_{11}(A)$
平 均				

上表の続き

抵抗 $R_{12}(\Omega)$	端子電圧 $V_{12}(V)$	電流 $i_{12}(A)$	端子電圧 $V_{P1}(V)$	電圧差 $d_{P1}(\%)$

直流電源 E(V)	電流 I(A)	抵抗 $R_{21}(\Omega)$	端子電圧 $V_{21}(V)$	電流 $i_{21}(A)$
平 均				

上表の続き

抵抗 $R_{22}(\Omega)$	端子電圧 $V_{22}(V)$	電流 $i_{22}(A)$	端子電圧 $V_{P2}(V)$	電圧差 $d_{P2}(\%)$

5.4.3 並列回路 2 個を直列接続の測定結果

端子電圧 V_{PS} (V) は

$$V_{PS} = V_{11} + V_{12} \quad (5.9)$$

である。

直流電源電圧 E と端子電圧 V_{S1} の差 d_{S1} (%) は

$$d_{PS} = \frac{V_{PS} - E}{E} \times 100 \quad (5.10)$$

である。

	カラーコード表示	カラーコード抵抗値 (Ω)	DMM 抵抗値 (Ω)
抵抗 R_{11}			
抵抗 R_{12}			
抵抗 R_{21}			
抵抗 R_{22}			

直流電源 E (V)	電流 I (A)	抵抗 R_{11} (Ω)	端子電圧 V_{11} (V)	電流 i_{11} (A)
平 均				

上表の続き

抵抗 R_{12} (Ω)	端子電圧 V_{12} (V)	電流 i_{12} (A)	端子電圧 V_{PS} (V)	電圧差 d_{PS} (%)

直流電源 E(V)	電流 I(A)	抵抗 $R_{21}(\Omega)$	端子電圧 $V_{21}(V)$	電流 $i_{21}(A)$
平 均				

上表の続き

抵抗 $R_{22}(\Omega)$	端子電圧 $V_{22}(V)$	電流 $i_{22}(A)$	端子電圧 $V_{PS}(V)$	電圧差 $d_{PS}(\%)$

5.5 注意

1. デジタル・マルチメータで測定できる電流は、0.4(A)(デジタル・マルチメータ 組立・取扱説明書 3 ページ参照) なので、破損しないように注意する。
2. デジタル・マルチメータは AUTO レンジだけで測定するのではなく、RENGE HOLD を操作して 4 桁の値を読み取る。

5.6 問題

図 5.1 において、端子 P_1 と端子 P_7 間の電圧 V_{17} 、端子 P_2 と端子 P_7 間の電圧 V_{27} を測定する。電圧 V_{17} と電圧 V_{27} の違いがなぜ発生するかを調べる。

5.7 実験装置・規格

5.7.1 直流電源の使い方

図 5.1、図 5.2 および図 5.3 での直流電源 E の使い方は、30 ページ 2.6.1.2 の「直流電源の使い方」を参照する。