

# 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。

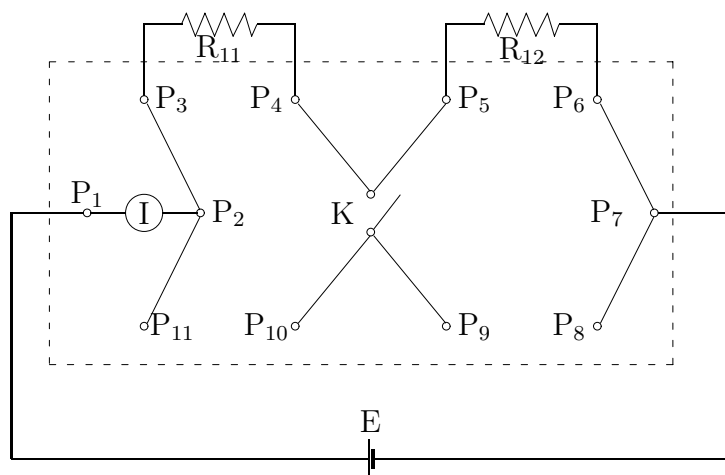


図 5.1: 直列回路 1 の結線図

$E$  : 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  $R_{11}$ 、 $R_{21}$ 、 $R_{21}$ 、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。

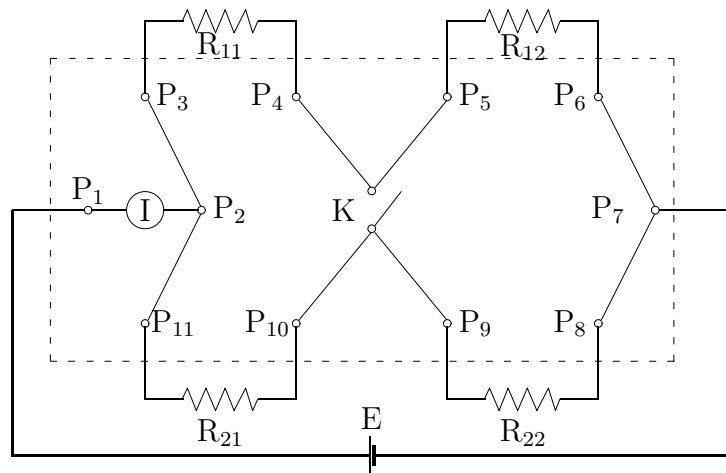


図 5.2: 並列回路 1 の結線図

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。

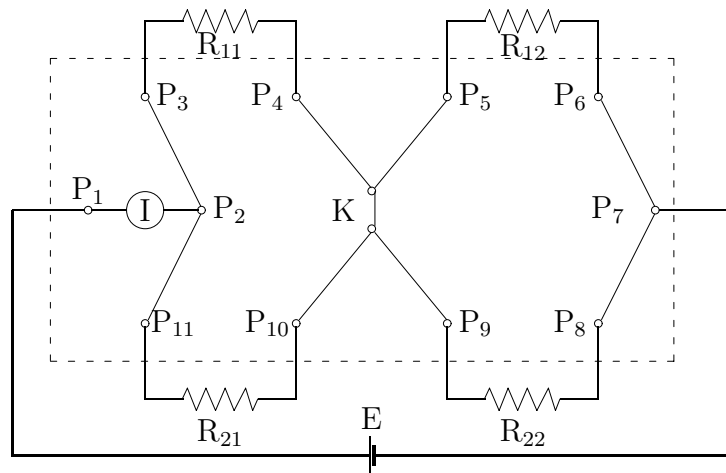


図 5.3: 並列回路 2 個を直列接続の結線図

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 ( $\Omega$ ) |
|-------------|----------|------------------------|
| 抵抗 $R_{11}$ |          |                        |
| 抵抗 $R_{12}$ |          |                        |

| 測定<br>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<br>$E(V)$ | 電流<br>$I(A)$ | 端子電圧<br>$V_{11}(V)$ | 端子電圧<br>$V_{12}(V)$ | 端子電圧<br>$V_{S1}(V)$ |
|----------------|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                |              |                     |                     |                     |
|                |              |                     |                     |                     |
| 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 ( $\Omega$ ) | DMM 抵抗値 ( $\Omega$ ) |
|-------------|----------|------------------------|----------------------|
| 抵抗 $R_{11}$ |          |                        |                      |
| 抵抗 $R_{12}$ |          |                        |                      |
| 抵抗 $R_{21}$ |          |                        |                      |
| 抵抗 $R_{22}$ |          |                        |                      |

| 直流電源<br>E(V) | 電流<br>I(A) | 抵抗<br>$R_{11}(\Omega)$ | 端子電圧<br>$V_{11}(V)$ | 抵抗<br>$R_{12}(\Omega)$ | 端子電圧<br>$V_{12}(V)$ | 端子電圧<br>$V_{P1}(V)$ | 電圧差<br>$d_{P1}(\%)$ |
|--------------|------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|              |            |                        |                     |                        |                     |                     |                     |
|              |            |                        |                     |                        |                     |                     |                     |
| 平 均          |            |                        |                     |                        |                     |                     |                     |

| 直流電源<br>E(V) | 電流<br>I(A) | 抵抗<br>$R_{21}(\Omega)$ | 端子電圧<br>$V_{21}(V)$ | 抵抗<br>$R_{22}(\Omega)$ | 端子電圧<br>$V_{22}(V)$ | 端子電圧<br>$V_{P2}(V)$ | 電圧差<br>$d_{P2}(\%)$ |
|--------------|------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|              |            |                        |                     |                        |                     |                     |                     |
|              |            |                        |                     |                        |                     |                     |                     |
| 平 均          |            |                        |                     |                        |                     |                     |                     |

### 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 ( $\Omega$ ) | DMM 抵抗値 ( $\Omega$ ) |
|-------------|----------|------------------------|----------------------|
| 抵抗 $R_{11}$ |          |                        |                      |
| 抵抗 $R_{12}$ |          |                        |                      |
| 抵抗 $R_{21}$ |          |                        |                      |
| 抵抗 $R_{22}$ |          |                        |                      |

| 直流電源<br>E(V) | 電流<br>I(A) | 抵抗<br>R <sub>11</sub> (Ω) | 端子電圧<br>V <sub>11</sub> (V) | 抵抗<br>R <sub>12</sub> (Ω) | 端子電圧<br>V <sub>12</sub> (V) | 端子電圧<br>V <sub>PS</sub> (V) | 電圧差<br>d <sub>PS</sub> (%) |
|--------------|------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
|              |            |                           |                             |                           |                             |                             |                            |
|              |            |                           |                             |                           |                             |                             |                            |
| 平 均          |            |                           |                             |                           |                             |                             |                            |

## 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、RANGE 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<sub>1</sub> と端子 P<sub>7</sub> 間の電圧 V<sub>17</sub>、端子 P<sub>2</sub> と端子 P<sub>7</sub> 間の電圧 V<sub>27</sub> を測定する。電圧 V<sub>17</sub> と電圧 V<sub>27</sub> 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、26 ページ 2.7.1.2-B の「直流電源の使い方」を参照する。

