

5. 使用機器・機材

表 1. 使用機器

機器名	メーカー名	型番	製造番号
直流電圧源	KENWOOD	PR3612A	10123640
正弦波発振機	NF	E1011A	60-8186D
デジタルマルチメータ	KEITHLEY	196SYSTEMDMM	361776
可動コイル型直流電流系	YOKOGAWA	2051	063050
オシロスコープ	Agilent	N2757A	MY40003603
計測用回路			

6. 実験結果

測定に使用した回路を図 6. 1 に示す。(1)~(3)は 4.1 の直流における四端子定数の測定、(b)は交流における四端子定数の測定に用いた。図中にあるように、各素子地は $R=1[\text{k}\Omega]$ 、ならびに $C=10^5 [\text{pF}]$ である。

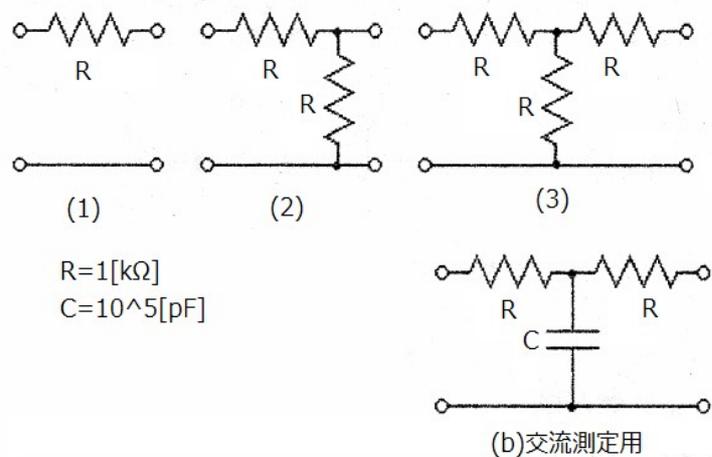


図6.1 測定回路図

6. 1 直流における四端子定数

各回路における四端子定数の理論値は、

・回路(1)

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{V_2} & \frac{V_1}{I_2} \\ \frac{I_1}{V_2} & \frac{I_1}{I_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 10^3 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

・回路(2)

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{V_2} & \frac{V_1}{I_2} \\ \frac{I_1}{V_2} & \frac{I_1}{I_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & \frac{V_1}{I_1} \\ \frac{1}{R} & \frac{I_1}{V_1} R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & R \\ \frac{1}{R} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 10^3 \\ \frac{1}{10^3} & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

・回路(3)

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{V_2} & \frac{V_1}{I_2} \\ \frac{I_1}{V_2} & \frac{I_1}{I_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{\frac{R}{R+R} V_1} & \frac{V_1}{\frac{RI_1}{3R}} \\ \frac{I_1}{\frac{R}{R+R} V_1} & \frac{I_1}{\frac{I_1}{2}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 3R \\ \frac{1}{R} & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 3 \times 10^3 \\ \frac{1}{1 \times 10^3} & 2 \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

となる。表 6.1 に各回路における四端子定数の測定結果とその誤差、誤差率を示す。

表 6.1 直流における四端子定数の測定結果

	実測値	理論値	誤差	誤差率
A	1.0001	1	0.0001	0.0120
B[kΩ]	1.0018	1	0.0018	0.1804
C[mS]	0.0000	0	0.0000	0.0000
D	1.0043	1	0.0043	0.4338

	実測値	理論値	誤差	誤差率
A	1.9988	2	-0.0012	-0.0624
B[kΩ]	1.0000	1	-2.94E-5	-0.0029
C[mS]	1.0058	1	0.0058	0.5753
D	1.0012	1	0.0012	0.1213

	実測値	理論値	誤差	誤差率
A	1.9981	2	-0.0019	-0.0925
B[kΩ]	2.9780	3	-0.0220	-0.7343
C[mS]	1.0055	1	0.0055	0.5510
D	2.0175	2	0.0175	0.8763

6. 2 交流における四端子定数

測定に使用した回路は図 6.1 の通り。この回路における四端子定数の理論式は以下のようなものとなる。

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{V_1}{V_2} & \frac{V_1}{I_2} \\ \frac{I_1}{V_2} & \frac{I_1}{I_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+j\omega C & 2R+jR^2\omega C \\ j\omega C & 1+j\omega C \end{bmatrix} \quad \dots (4)$$

実験結果を表 6.2～表 6.5、図 6.2～図 6.9 に示す。

表6.2 要素Aの実験結果

f[Hz]	実測値		理論値		誤差		誤差率[%]	
	大きさ[-]	位相[°]	大きさ[-]	位相[°]	大きさ[-]	位相[°]	大きさ	位相
1.00E+1	1.01E+0	4.00E-1	1.00E+0	1.00E+0	8.21E-3	-6.00E-1	8.21E-1	-6.00E+1
1.00E+2	1.01E+0	3.30E+0	1.00E+0	1.00E+0	6.21E-3	2.30E+0	6.19E-1	2.29E+2
1.00E+3	1.19E+0	3.17E+1	1.18E+0	1.18E+0	8.91E-3	3.05E+1	7.55E-1	2.58E+3
1.00E+4	6.30E+0	8.14E+1	6.36E+0	6.36E+0	-5.78E-2	7.50E+1	-9.09E-1	1.18E+3
1.00E+5	6.01E+1	8.73E+1	6.28E+1	6.28E+1	-2.69E+0	2.45E+1	-4.29E+0	3.89E+1

表6.3 要素Bの実験結果

f[Hz]	実測値		理論値		誤差		誤差率[%]	
	大きさ[-]	位相[°]	大きさ[-]	位相[°]	大きさ[-]	位相[°]	大きさ	位相
1.00E+1	2.00E+3	7.00E-1	2.00E+3	1.80E-1	-3.41E-1	5.20E-1	-1.71E-2	2.89E+2
1.00E+2	2.01E+3	4.00E+0	2.00E+3	1.80E+0	6.45E+0	2.20E+0	3.22E-1	1.22E+2
1.00E+3	2.10E+3	1.79E+1	2.10E+3	1.74E+1	1.28E+0	4.59E-1	6.08E-2	2.63E+0
1.00E+4	6.16E+3	7.35E+1	6.59E+3	7.23E+1	-4.33E+2	1.16E+0	-6.56E+0	1.60E+0
1.00E+5	5.89E+4	8.61E+1	6.29E+4	8.82E+1	-3.97E+3	-2.08E+0	-6.32E+0	-2.36E+0

表6.4 要素Cの実験結果

f[Hz]	実測値		理論値		誤差		誤差率[%]	
	大きさ[-]	位相[°]	大きさ[-]	位相[°]	大きさ[-]	位相[°]	大きさ	位相
1.00E+1	8.98E-6	9.50E+1	6.28E-6	9.00E+1	2.70E-6	5.00E+0	4.30E+1	5.56E+0
1.00E+2	1.04E-4	8.80E+1	6.28E-5	9.00E+1	4.16E-5	-2.00E+0	6.62E+1	-2.22E+0
1.00E+3	6.65E-4	8.89E+1	6.28E-4	9.00E+1	3.65E-5	-1.10E+0	5.81E+0	-1.22E+0
1.00E+4	6.27E-3	8.99E+1	6.28E-3	9.00E+1	-1.55E-5	-1.00E-1	-2.46E-1	-1.11E-1
1.00E+5	6.08E-2	8.90E+1	6.28E-2	9.00E+1	-2.00E-3	-1.00E+0	-3.19E+0	-1.11E+0

表6.5 要素Dの実験結果

f[Hz]	実測値		理論値		誤差		誤差率[%]	
	大きさ[-]	位相[°]	大きさ[-]	位相[°]	大きさ[-]	位相[°]	大きさ	位相
1.00E+1	1.00E+0	4.00E-1	1.00E+0	3.60E-1	1.50E-3	4.00E-2	1.50E-1	1.11E+1
1.00E+2	1.01E+0	5.30E+0	1.00E+0	3.60E+0	4.14E-3	1.70E+0	4.13E-1	4.74E+1
1.00E+3	1.19E+0	3.32E+1	1.18E+0	3.21E+1	8.18E-3	1.06E+0	6.93E-1	3.29E+0
1.00E+4	5.98E+0	8.18E+1	6.36E+0	8.10E+1	-3.81E-1	8.43E-1	-6.00E+0	1.04E+0
1.00E+5	5.95E+1	8.80E+1	6.28E+1	8.91E+1	-3.38E+0	-1.09E+0	-5.38E+0	-1.22E+0