第8章　電　気　計　測

復習問題

基本問題

1. （a） 可動コイル形　（b） 可動鉄片形　（c） 電流力計形　（d） 熱電形
（e） 誘導形

2. （c） 電流力計形

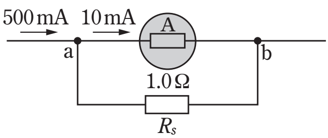
3. （d） 熱電形（約 10 MHz まで）

4. 電流計が最大目盛を示している状態で図示すると，解図 1 となる。ここに，分流器の抵抗を R_s，倍率を m とする。したがって，図の a−b 間の電圧を V_{ab} とすると，

$$V_{ab}=0.01\times1.0=(0.5-0.01)\times R_s$$

$$\therefore\quad R_s=\frac{0.01}{0.49}\fallingdotseq \mathbf{0.0204\ [\Omega]}$$

$$m=\frac{500\,[\mathrm{mA}]}{10\,[\mathrm{mA}]}=\mathbf{50}$$



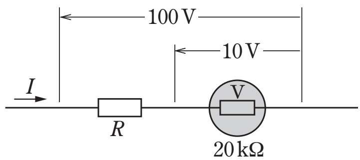
解図 1

5. 電圧計が最大目盛を示している状態で図示すると，解図 2 となる。ここに，倍率器の抵抗を R，倍率を m とする。

$$m=\frac{100\,[\mathrm{V}]}{10\,[\mathrm{V}]}=\mathbf{10}$$

また，回路電流を I とすると，

$$I=\frac{100-10}{R}=\frac{10}{20\times10^3}$$



解図 2

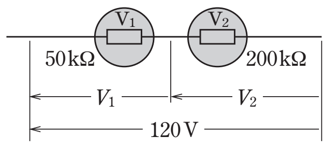
$$\therefore\quad R=\frac{90}{10}\times20\times10^3=180\times10^3\,[\Omega]=\mathbf{180\ [k\Omega]}$$

6. 直列回路では，抵抗値とその両端の電圧は比例する。

電圧計も回路的には抵抗と考えられるから，

$\mathrm{V_1}$ の指示 : $\mathrm{V_2}$ の指示＝50 : 200＝1 : 4

120 V を 1 : 4 の比に分けると，



解図 3

V_1 の指示＝$120\times\dfrac{1}{5}=$**24**〔V〕

V_2 の指示＝$120\times\dfrac{4}{5}=$**96**〔V〕

7. （a） VT……p. 164 参照

（b） CT……p. 164～165 参照

8. 誤　差 $\varepsilon=|49.2-50.00|=$**0.8**〔V〕

百分率誤差 $\varepsilon_0=\dfrac{\varepsilon}{T}\times100=\dfrac{0.8}{50}\times100=$**1.6**〔%〕

発展問題

1. 図 8･59 において，電圧計の指示値を V，電流計の指示値を I とすると，図(a)の回路では，

$$\frac{V}{I}=\frac{R\cdot r_V}{R+r_V}=\frac{20\times10\,000}{20+10\,000}=\frac{200\,000}{10\,020}\fallingdotseq19.960\ 〔\Omega〕$$

$$\varepsilon'\fallingdotseq19.960-20\fallingdotseq-\mathbf{0.04}\ 〔\Omega〕$$

図(b)の回路では，

$$\frac{V}{I}=r_A+R=21\ 〔\Omega〕,\qquad\therefore\quad\varepsilon'=21-20=\mathbf{1}\ 〔\Omega〕$$

したがって，**図(a)の回路の方が誤差が少ない**。

2. 抵抗 R を電圧降下法によって求めた測定値を M とし，内部抵抗を計算に入れて算出した抵抗 R の値を真値 T として誤差率 ε〔%〕を計算すると，

$$M=\frac{50.0}{1.00}=50.0=r_a+R=1+T$$

$$\therefore\quad M=50\ 〔\Omega〕,\qquad T=49\ 〔\Omega〕$$

$$\therefore\quad\varepsilon=\frac{M-T}{T}\times100=\frac{50-49}{49}\times100=\mathbf{2.0}\ 〔\%〕$$ 　(答)……(**4**)

3. 図(a)の回路の誤差を ε_a'，誤差率を ε_a，図(b)の回路の誤差を ε_b'，誤差率を ε_b とおき，抵抗 R に流れる電流を I_R とすると，

図(a)の回路では，r_V による消費電力が誤差 ε_a' となるので，次式が得られる。

$$I=\frac{V}{r_V}+\frac{V}{R}=\frac{V}{r_V}+I_R$$

$$VI=V\left(\frac{V}{r_V}+I_R\right)=\frac{V^2}{r_V}+VI_R$$

$$\therefore\quad \varepsilon_a'=VI-VI_R=\frac{V^2}{r_V}$$

$$\varepsilon_a=\frac{V^2}{VI_Rr_V}=\frac{V}{I_Rr_V}=\frac{R}{r_V}\qquad(1)$$

図(b)の回路では，r_A による消費電力が誤差 ε_b' となるので，次式が得られる。

$$V=(r_A+R)I$$

$$VI=(r_A+R)I^2=r_AI^2+RI^2$$

$$\therefore\quad \varepsilon_b'=VI-RI^2=r_AI^2$$

$$\varepsilon_b=\frac{r_AI^2}{RI^2}=\frac{r_A}{R}\qquad(2)$$

したがって，$\varepsilon_a=\varepsilon_b$ となるのは，

$$\frac{R}{r_V}=\frac{r_A}{R}$$

$$\therefore\quad \boldsymbol{R=\sqrt{r_Ar_V}}\qquad(3)$$

のときである。　　　　(答)……(**1**)

4. 整流形（全波整流）計器は，平均値の 1.11 倍で目盛ってあるから，

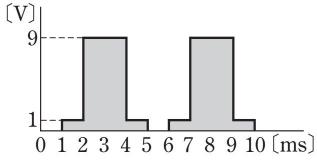
$10\times1.11=$ **11.1〔V〕**

5. 可動鉄片形電圧計は，実効値を指示する。

$$\text{実効値}\ V_e=\sqrt{\frac{\text{波形の各瞬間の値を 2 乗して作った曲線の 1 周期の面積}}{\text{周期}}}$$

$$=\sqrt{\frac{(1\times1\times10^{-3}+9\times2\times10^{-3}+1\times1\times10^{-3})\times2}{10\times10^{-3}}}=\sqrt{4}=\mathbf{2}\ \text{〔V〕}$$

したがって，電圧計は 2 V を指示する。　　　　(答)……(**4**)



解図 4

なお，この波形の平均値 $V_a=1.6$〔V〕であるから，もし可動コイル形の電圧計で測定すれば 1.6 V を指示し，整流形電圧計で測定すれば，約 1.78 V を指示する。

6. 熱電形電圧計は，実効値 V_e を指示し，整流形電圧計は，平均値 V_a の 1.11 倍を指示する。波形率＝V_e/V_a で定義されているので，次式を得る。

$$V_e=107\,〔\mathrm{V}〕,\qquad V_a\times 1.11=95\,〔\mathrm{V}〕$$

$$\therefore\quad V_a=85.59\,〔\mathrm{V}〕$$

$$\therefore\quad 波形率=\frac{V_e}{V_a}\fallingdotseq\frac{107}{85.59}\fallingdotseq\mathbf{1.25}$$

(答)……(**5**)

7. $R_1R_4>R_2R_3$ のとき，R_1 か R_4 を ∞ と考えれば，電流は d から c に向かって流れる。

$R_1R_4<R_2R_3$ のとき，R_2 か R_3 を ∞ と考えれば，電流は c から d に向かって流れる。

つまり，電源電圧を V とし，検流計の内部抵抗を ∞ として，b 点を接地した場合の d 点電位は V_d，c 点電位 V_c は，

$$V_d=\frac{R_4}{R_2+R_4}\ ,\qquad V_c=\frac{R_3}{R_1+R_3}$$

$$\therefore\quad V_d-V_c=\frac{R_4R_1-R_2R_3}{(R_2+R_4)(R_1+R_3)}$$

したがって，$R_1R_4>R_2R_3$ では $V_d>V_c$，$R_1R_4<R_2R_3$ では $V_d<V_c$ となる。

8. p. 165 参照。

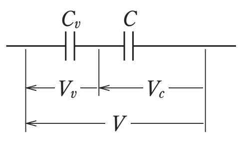
9. コンデンサを直列に接続する。いま，静電電圧計の静電容量を C_v，直列コンデンサの容量を C，全電圧を V，電圧計の指示を V_v，C の両端の電圧を V_c とすれば，

$$V\ :\ V_v\ :\ V_c=\frac{C_v+C}{C_vC}\ :\ \frac{1}{C_v}\ :\ \frac{1}{C}$$

となる。上式より，

$$\frac{V}{C_v}=\frac{C_v+C}{C_vC}\cdot V_v$$

$$\therefore\quad V=\frac{C_v+C}{C}\cdot V_v=\left(1+\frac{C_v}{C}\right)V_v$$



解図 5

この場合，直列コンデンサ C には，

$$V_c=\frac{C_v}{C_v+C}V$$

の高電圧が加わるので，コンデンサの耐電圧には十分注意する必要がある。

10. p. 156～160 参照。

11. (a) 二つのコイルを和動および差動に接続して，それぞれのインダクタンスを測定する。そのときの値を L_A，L_B とすれば，相互インダクタンス M は，次式で

求まる。

$$M=\frac{|L_A-L_B|}{4}$$

（b） それぞれのコイルの自己インダクタンスを L_1，L_2，直列に接続したときの自己インダクタンスを測定する。そのときの値を L_{12} とすれば，相互インダクタンス M は，$L_{12}=L_1+L_2\pm2M$ より求まる。すなわち，

$$M=\frac{|L_{12}-(L_1+L_2)|}{2}$$

12. 最大目盛 100 V，0.5 級の直流電圧計の誤差は，0.5 V であるから，

指示が 10 V のときの百分率誤差 ε_0 は，

$$\varepsilon_0=\frac{\varepsilon}{T}\times100=\frac{0.5}{10.5}\times100\sim\frac{0.5}{9.5}\times100=\mathbf{4.76\sim5.26}\ [\%]$$

指示が 50 V のときの百分率誤差 ε_0 は，

$$\varepsilon_0=\frac{\varepsilon}{T}\times100=\frac{0.5}{50.5}\times100\sim\frac{0.5}{49.5}\times100=\mathbf{0.99\sim1.01}\ [\%]$$

指示が 100 V のときの百分率誤差 ε_0 は，

$$\varepsilon_0=\frac{\varepsilon}{T}\times100=\frac{0.5}{100.5}\times100\sim\frac{0.5}{99.5}\times100=\mathbf{0.50}\ [\%]$$