

本書遵照教育部專科學校課程標準編著

專科電工實習

陳逸宏 合著
許瑞銘

興業圖書股份有限公司印行

專科電工實習

陳逸宏 合著
許瑞銘

興業圖書股份有限公司印行

版權所有・翻印必究

中華民國六十八年九月一日一版

專科電工實習

基本定價六元五角

編著者：陳逸宏・許瑞銘

發行人：王 志 康

出版事業登記證局版台業字第零肆壹零號

出版者：興業圖書股份有限公司

發行者：興業圖書股份有限公司

臺南市勝利路一一八號

電話：（〇六二）三七三二五三號

郵撥：南字三一五七三號

學校團體採用購買另有優待

目 次

實 驗 一	伏特計、安培計之認識與使用	1
實 驗 二	電源使用方法	10
實 驗 三	歐姆定律	23
實 驗 四	歐姆計之認識與使用	37
實 驗 五	電阻串聯、並聯組合	49
實 驗 六	瓦特計之認識與使用	63
實 驗 七	電流之熱效應	70
實 驗 八	電流之磁效應	79
實 驗 九	電磁感應律	92
實 驗 十	日光燈之認識	99
實 驗 十一	電流之光效應	108
實 驗 十二	渦電流及瓦特計實驗	114
實 驗 十三	熱動電驛之認識	122
實 驗 十四	電容器之串並聯電路	128
實 驗 十五	交流電路之諧振實驗(一)(串聯諧振)	141
實 驗 十六	交流電路之諧振實驗(並聯電路)	155

實驗一

伏特計、安培計之認識與使用

(一) 【目的】

由本實驗可學得

- ① 由儀器之移動而量得測電阻之半刻度法。
- ② 計算安培計分流器之數值。
- ③ 計算伏特計倍增器之數值。
- ④ 學得簡單多用電表電路。

(二) 【所需儀器】

- ① 1 微安直流 D'Arsonval 移動式電錶 (1)
- ② 直流微安計，測量範圍由零至 100 微安 (1)
- ③ 標準安培計，測量範圍由零至 10 微安 (1)
- ④ 標準伏特計，測量範圍由 0 至 200 伏特 (1)
- ⑤ 1.5 伏之乾電池 (2)
- ⑥ 十進位電阻箱，每一刻度間隔為 0.1 歐。
- ⑦ 十進位電阻箱，其刻度由所選伏特計測量範圍而定 (1)
- ⑧ 10 歐電阻器 R_3 (1)
- ⑨ 可變 100 歐電阻器 R_4 (1)
- ⑩ 固定電阻器 R_2 (1)
- ⑪ 電阻器 1 ~ 51 歐之 R_1 (1)
- ⑫ 單刀單擲開關 (1)
- ⑬ 32 號銅線。
- ⑭ 五個支線柱線路板一塊。

(三) 【原理】

(a) D'Arsonval 電錶內移動線圈之測量

於圖 1-1 中為 D'Arsonval 移動式電表之構造，其磁場由永久磁鐵產生，內含有一可動電流線圈。由於可動式電表有多種測量範圍之刻度，故使用前須先量得可動線圈之電阻。一般歐姆計由於其內有乾電池會產生較大之電流而燒壞線圈。因此需以半刻度法來測量。

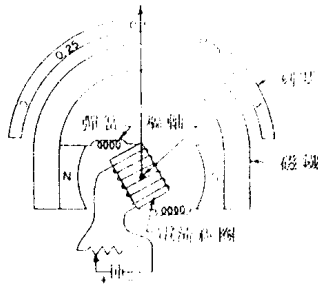


圖 1-1 D'Arsonval 移動式電表

(b) 改變電表滿刻度之讀值

基本移動式電錶構造上僅需相當小的電流便能造成滿刻度之偏轉，但實際上，待測電流都是幾安培以上。因此於測量大電流值時，便需要加裝電流分流器。於圖 1-2 中所示，加裝一低電阻之分流器與電錶可動線圈並聯。由於分流器電阻很小，故大部份電流均流經分流器。如果大部份電流需流經電錶時，由並聯電路理論知，則分流器之電阻必需很大才行。

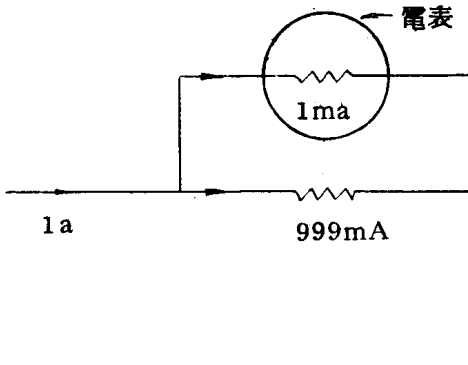


圖 1-2 加裝分流器之電錶電路

(c) 分流器之設計

安培計之分流電阻通常均被電線圍繞，而且固定電阻器之特定分流器電阻亦不能適用，此外，如要得到高準確性時，則分流電阻器之電線需以一低值溫度係數之合金來製成。

通常圍繞於分流器上之電線長度是能被量出的。本實驗中是使用銅線，雖然銅線之溫度係數偏高，但於實驗中並不產生很大的誤差。

(d) 把移動式電錶改裝成伏特計

移動式電錶如要測量大電流值時，需並聯一電阻分流器。但在改裝成伏特計時，便需要串聯一電阻器。由串聯之電阻，與電錶便形成伏特計。通常移動式電表其可動線圈之電阻大約為 $50\ \Omega$ 左右。當把 $3\ \text{V}$ 伏特電池直接加於電錶二端，如圖 1-3 中所示，則由電錶線圈設計最大電流值為

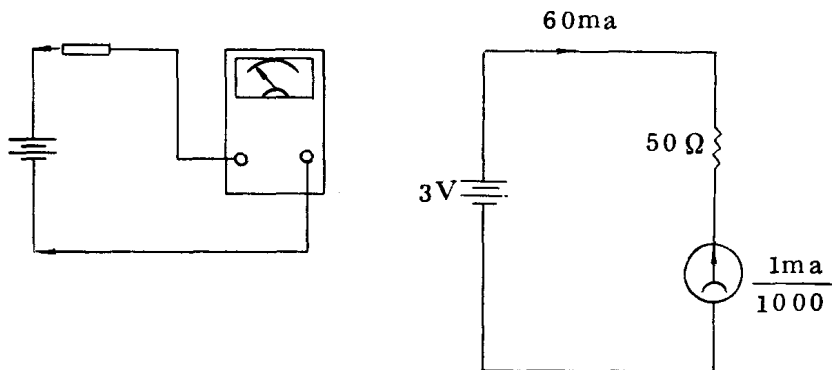


圖 1-3 直接把移動式電錶當作伏特計使用
 $1\ \mu\text{a}$ ，但於圖 1-3 中却流經 60ma 電流，便把線圈燒毀。

因此，所串聯之倍增器電阻必需能把通過移動式電表線圈之電流值限制於 $1\ \mu\text{a}$ 以下才行。於圖 1-4 中電路，所需串聯之倍增器電阻 R 可由歐姆定律解得

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{\text{度量電源電壓}}{\text{移動式電表之電流}} - \text{移動式電表線圈電阻} \\
 &= \frac{1.5\ \text{V}}{1\ \mu\text{a}} - 50\ \Omega = 1.5\ \text{M}\Omega
 \end{aligned}$$

實驗一 伏特計、安培計之認識與使用

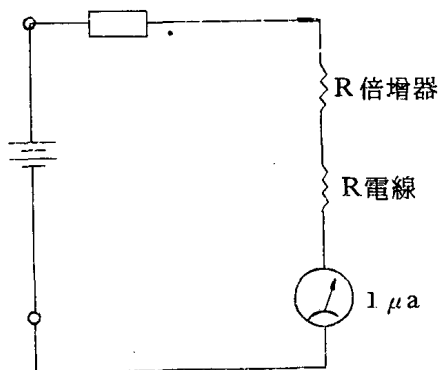


圖 1-4 伏特計電路

(e) 萬用電表

微安移動式電表可用作一電流錶或伏特錶，當再加上某些適當開關裝置，把移動式電表置於箱盒內，則此設備可用作安培計或伏特計。一簡單之萬用電錶示於圖 1-5 之電路中。

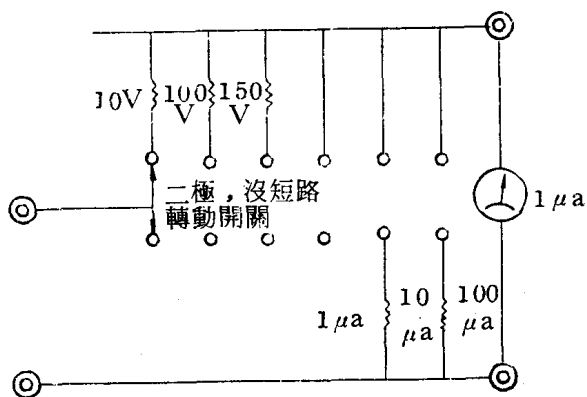


圖 1-5 簡單萬用電表

(四) 【實驗步驟】

(a) 測量 D' Arsonval 電表之可動線圈

- ① 依照圖 1-6 之接線圖

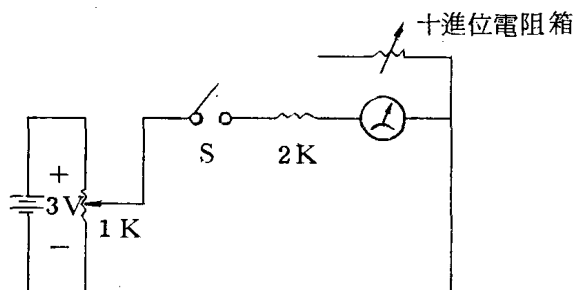


圖 1-6 測量可動線圈之電路

- ② 把開關 S 開斷，調整分壓計電阻 R_1 ，使 R_1 之輸出為零伏特。如果分壓計之輸出不為零伏特，則當開關 S 按上後，微安計便有被燒壞可能
- ③ 十進位電阻箱暫時不接入電錶電路中。
- ④ 逐漸調整分壓器之輸出，使微安計讀出 1 微安為止。
- ⑤ 再把十進電阻箱接入，使其與電錶並聯。由於部份電路電流流經電阻箱，故電表之讀值降低。
- ⑥ 慢慢地調整十進電阻箱，直到電表讀值降至 $1/2$ 微安。
- ⑦ 此時之等值電路示於圖 1-7 中。

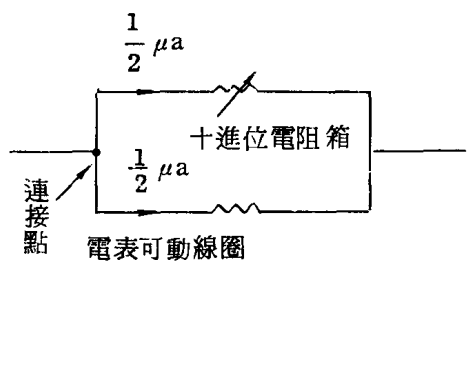


圖 1-7 圖 1-6 之等值電路

- ⑧ 由於十進電阻箱流過之電流相等於流過電表可動線圈之電流。那麼此十進電阻箱之數值必然相等於可動線圈之電阻。即

十進電阻箱之電阻 $R = R$ 可動線圈

(b) 改變電表滿刻度讀值

- ① 首先先把 1 微安滿刻度讀值，調變至 2 微安滿刻度讀值。
- ② 依照圖 1-8 接線圈，開始時十進位電阻分流計置於零歐姆處。

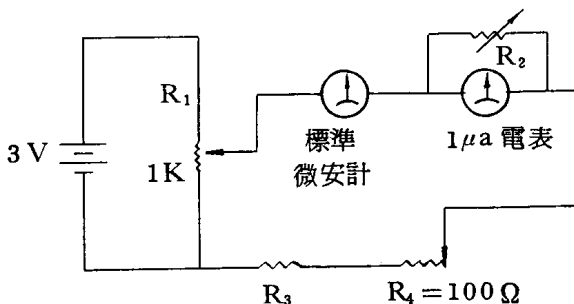


圖 1-8 安培計測試電路

- ③ 調整 R_4 電阻，使標準微安計讀值為 2 微安。此時十進位電阻分流計已為零歐姆，故 1 微安計讀值應為零。
- ④ 增加十進位電阻分流計之電阻值，每次祇能增加 0.1 歐姆左右。並且查看 1 微安計之讀值。因分流計電阻增加為太大時，會使通過 1 微安計之電流過多。
- ⑤ 繼續增加分流計之電阻，直到 1 微安計讀值為滿刻度 1 微安為止。此時由十進電阻箱之數值，便為分流器之數值。
- ⑥ 記錄分流計之電阻。
- ⑦ 於實驗中為維持標準微安計流過 2 微安電流，故需調變 R_1 之輸出電壓。

(c) 分流計之設計

- ① 先決定出分流計之電阻值，使 1 微安計能測出 100 微安之電路電流。
- ② 查對 AWG 電線標準號數表，而後算出分流計電阻所需電線之長度。
- ③ 剪下比所計算長度多 6 吋長之電線。這多餘長度可用來連接，而

且在調整時有少許多餘之電線可供使用。

④ 由電線之底端把絕緣物移出，並且依照圖 1-9 把電線繞於空白裝配板上。

⑤ 依照圖 1-9 中所示把分流器線圈連接於線路上。逐漸地調整 $1\text{ K}\Omega$ 分壓器，直到標準電表有所指示，此時分流器便已接入電路中。然後才可連接蕉形插頭。否則分流器尚未接入，而把移動式電表接於電路中，那麼移動式電表會有燒毀之危險。

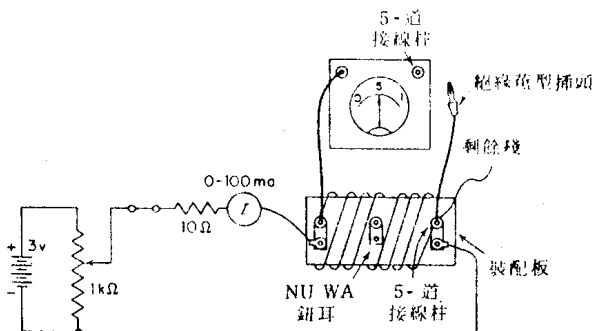


圖 1-9 由銅線組成安培計分流器

⑥ 把移動式電表接於線路中，且調整分壓器使電流計之讀值為 50 微安。

⑦ 調整銅線之長度，直到移動式電表亦指示半刻度為準。

⑧ 再調整分壓器，使流過電流計之讀值為 10, 20, …… 100 微安等。而校正移動式電表每一大刻度。

⑨ 記錄標準電表及所設計電表之讀值。

(d) 移動式電表改成伏特計

① 先把 1 微安移動式電表，改裝分流器接成 1 毫安電表；再設計倍增器電阻使其能測量 20 伏滿刻度裝置。則所需倍增器電阻 R 為

$$R_{\text{倍增器}} = \frac{E_{\text{滿刻度}}}{1 \text{ 毫安}} - R_{\text{線圈}}$$

② 依照圖 1-10 電路接線，以十進位電阻箱當作電阻倍增器，而

測量 15 伏特之乾電池電源。

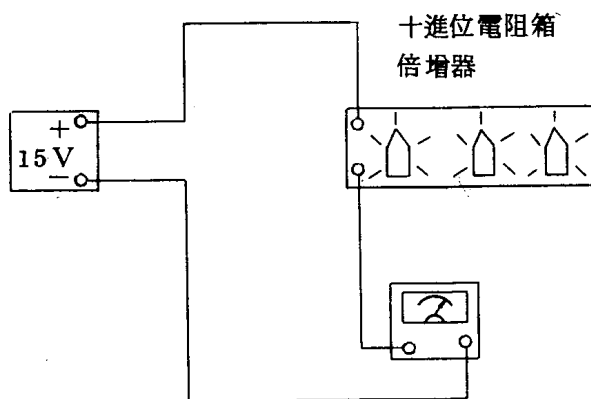


圖 1-10 伏特計電路

③ 設計一可讀出 100, 150, 200 伏特滿刻度之電表，而計算出所需接十進位電阻箱倍增器電阻。

(e) 萬用電表

- ① 於圖 1-5 中，算出各分流器及倍增器電阻之數值。
- ② 把設計好之萬用電表用來測量各電壓信號或電流信號。

(五) 【測量結果】

(六) 【討論】

(七) 【問題】

- ① 如何測量移動式電表之可動線圈？
- ② 於改變電表滿刻度讀值之實驗中，其十進電阻箱分流器通過之最大電流值為何？
- ③ 於改變電表滿刻度讀值實驗中，假設電表之讀值及電表可動線圈之電阻都是已知，則如何算出分流器電阻？
- ④ 當把 1 微安電表改裝成 5 微安電表，則所需接入分流器之數值應為何？
- ⑤ 把微安計改裝成電流計應如何設計？
- ⑥ 如何把微安計改裝成伏特計？
- ⑦ 簡單之萬用電表如何設計？

實驗二

電源使用方法

(一) 【目的】

由此實驗可學得

- ① 由電池之串並聯，得到所需要之電壓值。
- ② 如何測量端電壓及電動勢。
- ③ 電池內阻之測量。
- ④ 研究電壓之分配。
- ⑤ 研究最大功率之轉移。

(二) 【所需儀器】

- ① 伏特計 (1)
- ② 低內阻伏特計，測量範圍 $0 \sim 15$ 伏 (1)
- ③ 直流安培計，測量範圍 $0 \sim 250$ 毫安 (1)
- ④ 1.5 伏乾電池 (3)
- ⑤ 一高電阻，3 V 之電源。
- ⑥ 6 V 燈泡 (1)
- ⑦ 燈泡插座 (1)
- ⑧ 可變電阻箱 (1)
- ⑨ $100\ \Omega$ 電阻器 (1)
- ⑩ $500\ \Omega$ 電阻器 (1)
- ⑪ $1\ \text{K}\ \Omega$ 電阻器 (1)
- ⑫ $1500\ \Omega$ 電阻器 (1)
- ⑬ $3000\ \Omega$ 電阻器 (1)
- ⑭ $5000\ \Omega$ 電阻器 (1)
- ⑮ $1\ \text{K}$ 電位器 (1)

⑯ 開關 (2)

⑰ 保險絲，連接線。

(二) 【原理】

(a) 電池之串聯連接

於圖 2 - 1 電路中為電池串聯連接而供應一燈泡。燈泡所得電壓由克希荷夫電壓定律求得為

$$E_1 + E_2 + E_3 - E_t = 0$$

$$3\text{ V} + 3\text{ V} + 3\text{ V} - E_t = 0$$

$$E_t = 3\text{ V} + 3\text{ V} + 3\text{ V}$$

$$E_t = 9\text{ V}$$

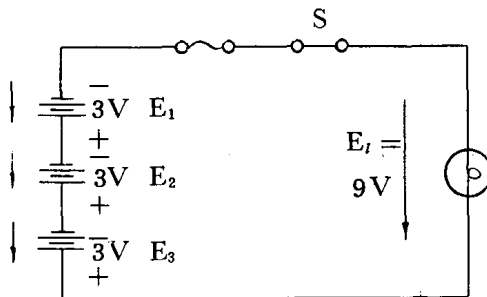


圖 2 - 1 電池串聯電路

通常電池之極性是以正 (+)，負 (-) 符號決定。亦有用箭頭符號表示。

電壓箭頭符號指向電池正端。但一般都以正、負號表示。

當有一電池被反接，如圖 2 - 2 中所示，則燈泡二端所得之電壓便降低。由克希荷夫電壓定律得

$$E_1 - E_2 + E_3 - E_t = 0$$

$$3 - 3 + 3 - E_t = 0$$

$$E_t = 3\text{ (V)}$$

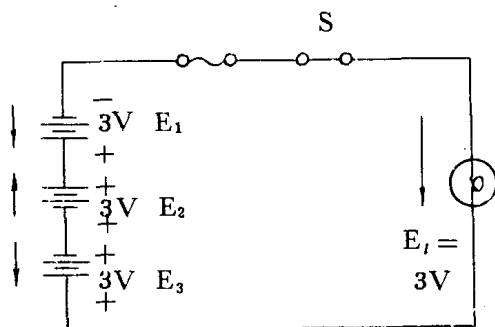


圖 2-2

(b) 電池並聯連接

把電池並聯組合運用其優點為供應大的電池至負載。於並聯電路中，每一電池之電壓均相等。當一電源 100 伏特，供應某負載 1 安電流，如此負載需要 2 安電流，則把二個 100 伏特電源並聯起來便可。

於圖 2-3 中為三個 3 伏電池並聯電路。

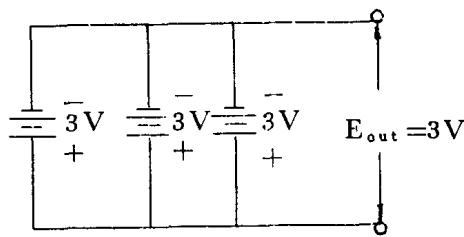


圖 2-3 電池並聯電路

(c) 端電壓，電動勢，內電阻

任何電源，都可看作一電動勢 (emf) 理想電源與一內電阻相串聯，如圖 2-4 中電路所示。所謂端電壓為當電池對負載供應出電流，於負載二端所造成之電壓降，稱為端電壓。於圖 2-4 中負載為燈泡，所量得之端電壓為 1.5 伏特，而電路電流為 0.1 安 (100 毫安)。把電池以其等值電路表示時，如圖 2-5 中所示，則於內電阻 R_i 上之電壓降為

$$\begin{aligned} IR_i &= 0.1 \times 5 \\ &= 0.5 \text{ (V)} \end{aligned}$$

那麼電池之電動勢 EMF 為

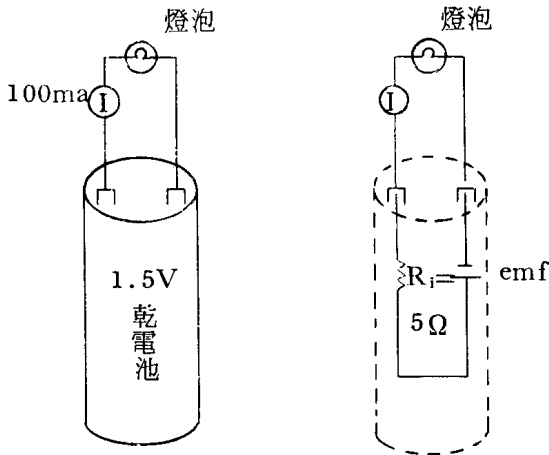


圖 2 - 4 電池與其等值電路

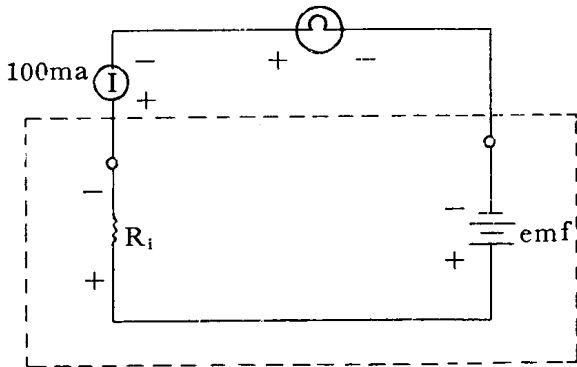


圖 2 - 5 電池等值電路

$$\begin{aligned}
 EMF &= V + I R_i \\
 &= 1.5 + 0.5 = 2 \text{ (V)} \\
 &= \text{端電壓} + \text{內電阻電壓降}
 \end{aligned}$$

電池之內電阻可由伏特計來量得。於圖 2 - 6 中電路，先把開關 S_2 關上，求取伏特讀值為 V_1 。此時通過伏特計電流 i_1 為

$$i_1 = \frac{E_0}{R_v + R_i}$$

E_0 ：電池之電動勢

R_v ：伏特計內電阻