

哈爾濱工業大學講義

電磁測量實驗指導

電工學教研室編

1954

電磁測量實驗指導

電工學教研室編

哈爾濱工業大學

1954

編 者：電 工 學 教 研 室

出版者：哈爾濱工業大學

印刷者：哈爾濱工業大學印刷廠

1954年12月

前 言

本實驗指導的題目係由我校蘇聯專家沙潤洛夫同志指定。並由電工學教研室彭康強、李韶釗、王正中、方辰諸同志集體編寫的。其內容一部分取材于蘇聯B.C.Попов 著「電工測量和測量儀器」一書中後附的實驗指導，一部分係根據我校電磁測量實驗室的現有設備條件撰編的。通過這些實驗，使學生一方面能掌握一般電工儀表的結構、特性及進行測量的方法，為將來學習各專業及做科學研究工作打下基礎，另一方面使能鞏固學習電磁測量的理論基礎。

因各實驗是分工編寫的，編後雖經校閱，但由于時間短促，錯誤在所難免，望讀者指正以便修改。

哈爾濱工業大學電工學教研室

1954年12月

目 錄

實驗一	直流及交流安培計和伏特計的校正	1
實驗二	瓦特計的校正	5
實驗三	感應式瓦時計的調節和校驗	8
實驗四	極小，極大，中值電阻的測量	12
實驗五	鏡式電流計的研究	17
實驗六	陰極射線示波器和振動式示波器的研究	22
實驗七	電容、電感和互感的測量	28
實驗八	電流互感器的校正	33
實驗九	交流三相功率的測量	36
實驗十	直流電位計	40
實驗十一	鐵磁物質磁性的研究	45
實驗十二	鐵損耗的測定	49

實 驗 一

直流及交流安培計和伏特計的校正

I. 實驗目的:

1. 用比較法來校正直流及交流安培計和伏特計。
2. 明確被測電表的精密度，作出被測電表的校正曲線。
3. 測定被測電表的阻尼時間。

II. 使用儀器:

1. 直流安培計的校正使用下列儀器:

標準直流安培計一個。

被測直流安培計一個。

可變電阻二個（爲了在試驗中調節方便，能粗調與細調，則二個可變電阻應一爲較高值電阻另一爲較低值電阻）

秒表一個。

2. 交流安培計的校正使用下列儀器:

標準交流安培計一個。

被測交流安培計一個。

自耦變壓器一個。

電流互感器一個。

可變電阻一個。

秒表一個。

III. 實驗內容:

1. 直流安培計的校正:

接線圖:

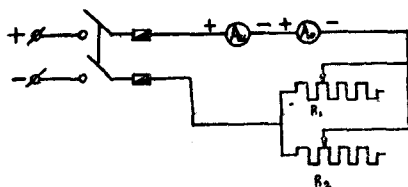


圖 1—1

註：圖中 A_0 — 標準安培計。 A_x — 被測安培計。

(乙) 實驗步驟：

如圖接好線路置 R_1 與 R_2 於最大值，經檢查線路後再關上電源開關，適當調節 R_1 與 R_2 使電流由小至大直至被測表的額定值為止，在不同電流數值中記下， A_0 及對應 A_x 的指示值（讀數時應以被測表取整數）。然後再使電流逐漸減小，在不同電流數值中記下 A_0 及對應 A_x 的指示值。（增大減小時被測表應取同一讀數）將讀數列入下表並計算誤差。

表 1

觀測次數	電 表 指 示 值				誤 差			備 註
	被測表 指示值	標 準 表 指 示 值			絕 對 誤 差	相對誤 差%	更正值	
		增大	減小	平均				

以被測表的指示值為橫軸。
更正值為縱軸作出校正曲線，如下圖所示。

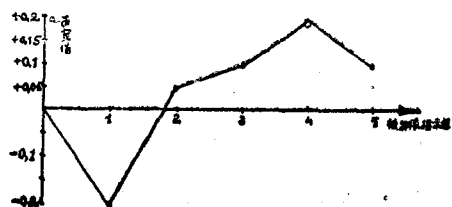


圖 1—2

根據實驗計算結果，確定被測定表的精密度屬於第幾級

測定被測電表的阻尼時間：儀表的阻尼時間是從被測的量變動的瞬間起到儀表指針離它最後位置的距離不大於刻度尺全長的百分之一的瞬間為止的一段時間，這段時間不得超過 4 秒，單向刻度尺的儀表應在接入電流後使指針轉到刻度的幾何中心時測定之。雙向刻度尺的儀表應在儀表額定電流時斷開電源觀察指針返回原位時測定之。

2. 交流安培計的校正：

(甲) 接線圖

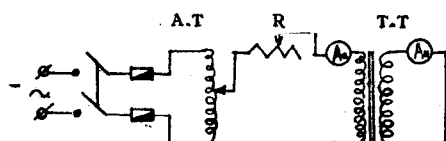


圖 1—3

註：圖中 T.T.—電流互感器。 A.T.—自耦變壓器
R—可變電阻或電感線圈。

(乙) 實驗步驟：

校正直流安培計的線路完全適用於校正交流安培計。

如果被測安培計的額定值很大如 10A 或至 50A 甚至更大，則在校正這種儀表時以採取如圖 1—3 線路為佳，即利用電流互感器以獲得較大的電流。

如圖 1—3 接好線路，將自耦變壓器調節手把旋至 0 點，經檢查線路確無錯誤再關上電源開關。調節自耦變壓器使電流由小至大直至被測表的額定值為止。再使電流由額定值逐漸減小至零。記下在不同電流時 A_n ， A_0 的指示值。與表 1 同樣列出表格並按電流互感器的變比計算誤差。

作出被測表的校正曲線，確定被測表的精密度屬於第幾級以及測定被測表的阻尼時間。

3. 交流伏特計的校正。

(甲) 接線圖

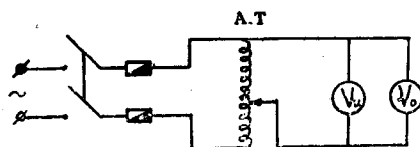


圖 1—4

(乙) 實驗步驟:

校正直流伏特計時以分壓器代換圖四中的自耦變壓器即可。

校正交流伏特計如圖1—4接線，檢查後再關上電源開關，藉調節自耦變壓器以得到不同的電壓值，使伏特計指示由小至大及由大減小，記下 V_n 與 V 的讀數。如表列出表格並計算誤差。

作出被測伏特計的校正曲線，確定被測表的精密度，屬於第幾級以及測定被測表的阻尼時間。

IV. 問題:

1. 反抗力矩裝置和阻尼裝置兩者有何異同?
2. 電磁式安培計一般為什麼不加分流器以擴大量程?
3. 電磁式儀表原理上能交直流兩用，為什麼一般只用於交流?

實 驗 二

瓦特計的校正

(一) 實驗目的:

- (1) 用比較法來校正單相瓦特計。
- (2) 明確被測瓦特計的精密度，作出校正曲線。

(二) 實驗原理:

用比較法來校正單相瓦特計，我們可用下列各接線圖的任意一個。

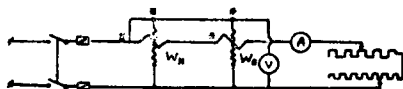


圖 (1) 調節電流以校正瓦特計的接線圖

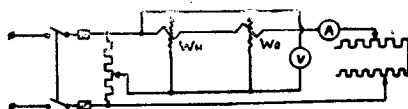


圖 (2) 調節電流和電壓以校正瓦特計的接線圖

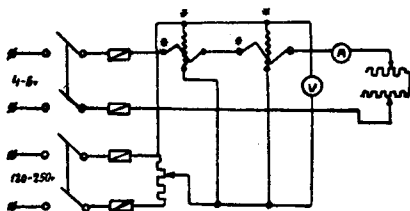


圖 (3) 由不同電源供電以校正瓦特計的接線圖，在這電路內，瓦特計串聯線圖由一個小電壓的電源供電，而並聯電路則由電壓對應被測瓦特計的額定電壓的另一電源供電。電路這樣分別由不同的電源供電時，一方面功率消耗減小，另一方面可以不用笨重的負載變阻器。

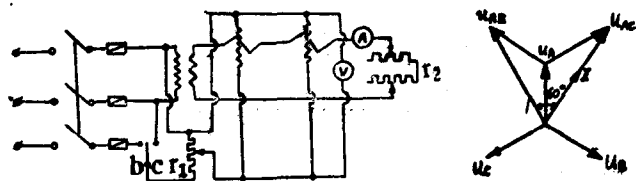


圖 (4) 由三相交流供電以校正瓦特計的接線圖。此圖可以得到圖 (3) 的好處之外，又可以將瓦特計在 $\cos\varphi=1$ 和 $\cos\varphi=0.5$ ($\angle\varphi=60^\circ$) 兩種功率因數之下來校正，方法是將並聯電路從一線電壓換 U_{AC} 接到另一線電壓 U_{AB} ，參看向量圖。

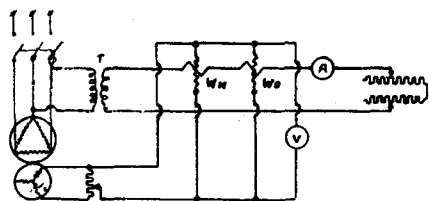


圖 (5) 並聯電路由相位調節器供電以校正瓦特計的接線圖，此圖可以調節電流和電壓的相角差在 $\pm 90^\circ$ 的範圍內。調節相角差的方法是轉動相位調節器的轉子。

(三) 使用的儀器：

以上所列出的線路圖，其中通常以圖 (4) 最為方便，故本實驗主要依照圖 (4) 之方法來進行，進行此實驗使用下列儀器：

- | | |
|------------------------|----|
| (1) 標準單相瓦特計 W_0 | 一個 |
| (2) 被測單相瓦特計 W_x | 一個 |
| (3) 變壓器 (自耦變壓器) T | 一個 |
| (4) 分壓器 (或自耦變壓器) R_1 | 一個 |
| (5) 變阻器 R_2 | 一個 |
| (6) 單刀雙投開關 n | 一個 |
| (7) 交流安培計 (A) | 一個 |

(8) 交流伏特計(V)

一個

(四) 實驗內容:

(1) 熟悉做實驗所需要的儀器。記錄儀器的型式，額定值，精密度，製造工廠和號碼。

(2) 照圖(4)連接線圖，並請指導教師檢查線路。

(3) 配上開關，將開關 n 關向 c ，此時 $\cos\varphi=1$ 。調節 r_1 使伏特計指示達瓦特計並聯電路的額定電壓值。

(4) 保持電壓不變調節 r_2 ，使瓦特計讀數均勻地自小增大，再由大減小，記錄標準瓦特計和被測瓦特計之讀數。同時記下伏特計安培計的讀數。

(5) 將開關關向 b ，此時 $\cos\varphi=0.5$ 。仍保持電壓不變，調節 r_2 ，使瓦特計讀數均勻地自小增加，再由大減小，記錄瓦特計之讀數。同時記下伏特計和安培計的讀數。

(6) 將記錄和計算記於下表

觀測次數	儀 表 讀 數						誤 差			備 註
	伏特計	安培計	被測瓦特計	標 準 瓦 特 計			絕對誤差	相 對 誤差	更正值	
				增大	減小	平均				

(7) 以更正值為縱軸，被測瓦特計讀數為橫軸，分別出當 $\cos\varphi=1$ 及 $\cos\varphi=0.5$ 時的校正曲線。

(8) 計算最大的引用誤差，確定被測表的精密度屬於第幾級。

問題: (1) 試說明電動式瓦特計的工作原理:

(2) 在校正功率大的瓦特計時用不同電源供電有何優點?

(3) 電動式瓦特計本身的並聯線圈串接一附加電阻(倍率器)，何故?

實驗三

感應式五時計的調節和校驗

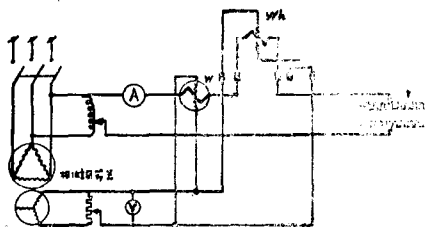
I. 實驗目的:

1. 熟悉感應式瓦時計的構造。
2. 熟悉感應式瓦時計的調節方法及步驟
3. 校驗瓦時計的誤差和靈敏度並作出瓦時計的誤差曲線。

II. 使用儀器：本實驗使用下列儀器

1. 被校驗單相瓦時計一個。
2. 相位調節器一個。
3. 自耦變壓器一個。
4. 分壓器一個。
5. 交流安培計一個。
6. 交流伏特計一個。
7. 瓦特計一個。
8. 秒表一個。
9. 可變電阻。

III. 實驗線路:



1

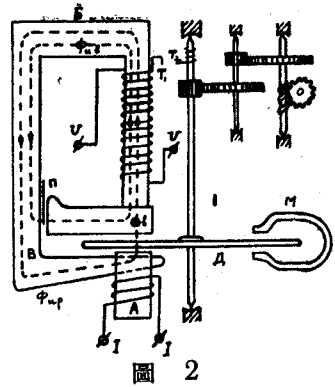
本實驗線路是採取假負荷法，即電流線圈電路與電壓線圈電路分別供電。圖中 A—安培計 V—伏特計 W—瓦特計 Wh—瓦時計。

IV. 實驗說明:

- ### 1. 瓦時計的調節裝置:

在進行瓦時計的調節前必須熟悉瓦時計的一切調節裝置，圖 2 所示

爲瓦時計的結構略圖，其中 U—電壓線圈。I—電流線圈。M—永久磁鐵，即全負載調節裝置。B—螺絲釘，即輕負載調節裝置。Π—銅片，即相位調節裝置，某些形式的瓦時計是利用電流線圈上的補償線圈的電阻調節來達到這目的， T_1 與 T_2 —潛動制止鐵線，有些瓦時計沒有這一裝置，而是利用鉛盤上對稱的小孔窘來制止潛動，這種瓦時計如有潛動時應調節 θ 。



2. 誤差的計算：

瓦時計的誤差可用下式計算。

$$\beta = \frac{C_{\text{ном}} - C}{C} \times 100\%$$

其中 $C_{\text{ном}}$ 爲額定常數，可直接由瓦時計的名牌上算出。例如名牌書明額定電壓 220B。額定電流 5a，傳遞數爲每瓦小時 = 2000 盤轉數

$$\text{那末。} \quad C_{\text{ном}} = \frac{1000 \cdot 3600}{2000} = 1800 \text{ 瓦秒/轉}$$

C—爲實際常數，可用下式計算。

$$C = \frac{Pt}{N}.$$

其中 P—瓦特計的指示值，t—時間（秒），N—在時間 t 內的轉數。

V. 實驗內容：

〔一〕 進行瓦時計的調節，使其適合技術規格。

凡是新出廠的瓦時計或經過一長時期應用後的瓦時計均應進行調節以使其合乎技術規格。調節步驟如下：

1. 按圖一接線，通以額定電流和電壓並使 $\cos\varphi = 1$ 。在此額定負載下，讓瓦時計運轉約 15 分鐘，以便觀察是否正常運轉和烘暖線圈。

2. 在額定電壓和電流下調節相位調節器使 $\cos\varphi = 0$ ($\varphi = 90^\circ$)，此時瓦特計指示爲 0。視察瓦時計鉛盤是否旋轉，調節 Π 直至鉛盤不

動爲止，這時表示並聯磁通的向量與串聯磁通的向量之間的相位差是 90° 。

3. 通以額定電壓的110%，而斷開電流線圈電路，此時電流爲零。視察是否有潛動（無載自轉）現象。正常情況時鋁盤旋轉不超過一轉即停止，若旋轉繼續着則爲有潛動現象，此時應旋動螺絲釘 σ 或稍調節 T_1 和 T_2 以制止潛動。

4. 通以額定電壓和電流並使 $\cos\varphi=1$ 。調節永久磁鐵使鋁盤的轉速對應於額定常數，即 $C=\frac{Pt}{N}=C_{\text{ном}}$ ，在時間 t 內應保持 P 不變。

5. 通以額定電壓而電流則電額定值的10%， $\cos\varphi=1$ 。調節螺絲釘 σ 使鋁盤的轉速對應於額定常數。

6. 通以額定電壓和電流並調節相位調節器使 $\cos\varphi=0.5$ ，調節瓦時計的相位調節裝置 Π 以使鋁盤的轉速對應於額定常數。以完全達到 $\beta=90^\circ+\alpha$ 。

7. 當通於額定電壓值的110%，而電流應不大於額定值的1%，使 $\cos\varphi=1$ 。調節 T_1 與 T_2 使瓦時計在此輕微負載下鋁盤開始轉動。

〔二〕 決定瓦時計的靈敏度：

爲了決定瓦時計的靈敏度應將原來的安培計換上一可量瓦時計額定電流的1—5%的安培計，步驟如下。

1. 通以額定電壓，使 $\cos\varphi=1$ ，置 r 爲最大，並使自耦變壓器調節手把旋至0位。然後再關上電源開關。

2. 徐徐減小電阻 r ，或緩慢地調節自耦變壓器使加於電流線圈電路的電流緩慢地增加，視察鋁盤在負載電流爲何值時開始轉動，記下此電流值 I_1 ，則瓦時計靈敏度爲

$$S = \frac{I_1 (\text{最小啟動電流值})}{I_2 (\text{瓦時計額定電流值})}$$

〔三〕 決定瓦時計的誤差，並作出誤差曲線，

決定瓦時計的誤差線路仍如調節瓦時計的線路一樣無須更改，以上

（一）（二）兩項進行完了後即可進行瓦時計誤差的測定，步驟如下。

1. 換一可量瓦時計額定電流的安培計。
2. 通以額電壓，使 $\cos\varphi=1$ 。分別在額定電流的 10%，25%，50%，75%，100% 時，在時間約為 $t=100$ 至 120 秒內計算鋁盤的轉數 N ，並記下電流 I ，電壓 U 及功率 P 。
3. 記錄各量後即可按前述公式計算瓦時計在各種負載下的誤差。
4. 使 $\cos\varphi=0.5$ 同樣進行誤差決定。

將觀測和計算列入下表。

觀測 次數	U (伏)	I (安)	P (瓦)	$\cos\varphi$	t (秒)	N (轉)	C 瓦秒/轉	$C_{\text{ном}}$ 瓦秒/轉	β_K %	備 註

以瓦時計的負載百分數為橫軸，誤差百分數為縱軸作出誤差曲線，感應式瓦時計的誤差曲線如下圖 3 所示。

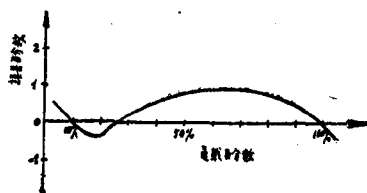


圖 3

V. 問題討論：

1. 潛動現象發生的原因怎樣？
2. 感應式瓦時計的誤差曲線何以如圖 3 的形狀？

實 驗 四

極小，極大，中值電阻的測量

(一) 實驗目的：

- (1) 熟悉惠斯吞電橋，湯姆遜電橋及兆歐計的使用法，如何用來測量電阻。
- (2) 用惠斯吞電橋測量中值電阻。
- (3) 用湯姆遜電橋測量極小電阻。
- (4) 用兆歐計測量極大電阻。

(二) 使用儀器：

- | | |
|------------------|----|
| (1) 惠斯吞電橋 | 一個 |
| (2) 湯姆遜電橋 | 一個 |
| (3) 兆歐計 | 一個 |
| (4) 電流計 | 一個 |
| (5) 標準電阻 | 一個 |
| (6) 直流安培計 | 一個 |
| (7) 雙刀雙投開關 | 一個 |
| (8) 變阻器 | 一個 |
| (9) 磁電式伏特計及安培計各 | 一個 |
| (10) 電磁式伏特計及安培計各 | 一個 |
| (11) 電動式瓦特計 | 二個 |
| (12) 銅條 | 二個 |
| (13) 高值電阻 | 二個 |
| (14) 電池 | |

(三) 實驗內容：

- (1) 用惠斯吞電橋測量中值電阻