

室內配線能力本位訓練教材 瓦特表、瓦時計與乏時計

編號：PEW-EHW0404

編著者：謝銘勝、陳舜賢

審稿者：陳繁興

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：八十九年十二月

單元 PEW-EHW0404 學習指引

在本單元學習之前，你必須具備下列知識：電壓的測量、電流的測量、電磁效應原理以及電磁感應原理等，假如自認無法勝任，則請按下列之指示進行學習：

(1)你全部無法勝任上列之工作，請將本教材放回原位，並取出編號 PEW-EHW0404 教材開始學習，或請教你的老師。

(2)你會測量電壓和電流，而不會其他的，則請尋找高職基本電學之相關部分開始學習，或去請教你的老師。

引言

在電功率的量測主要目的在於量度整體迴路或某一負載之輸出大小，其方法有許多種，但在室內配線部分，通常會直接使用瓦特表以及瓦時計，前者用於瞬間功率之量測，後者則用於總功率之累計。至於乏時計則為累計總無效功率之儀表。

定義

W (瓦特) = 功率單位

KW (仟瓦) : 功率單位, 為瓦特之一千倍。1KW = 1000W

KWH (仟瓦小時) : 能量單位, 為一仟瓦之負載連續使用一小時所消耗之能量。

VAR (乏) : 無效功率單位

KVAR (仟乏) : 無效功率單位, 為乏之一千倍。1KVAR = 1000VAR

KWH (仟瓦小時) : 能量單位, 為一仟乏之負載連續使用一小時所累積之能量。

學習目標

- 一、不使用參考書籍，你能夠用自己的話正確的說明使用瓦特表量測功率之原理及使用方法。
- 二、給你一組單相瓦特表及負載，你能夠在十五分鐘內正確的連接瓦特表與負載，並讀出指示值且正確無誤。
- 三、給你單相瓦時計、乏時計及負載，你能夠在二十分鐘內正確的連接瓦時計、乏時計與負載且正確無誤。

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 25 頁做測驗。
假如你需要更多學習的話，請翻到第 4 頁。

學習活動指引

本教材之學習活動包含二部分：(1)相關知識，(2)實際操作。在實際使用瓦特表、瓦時計及乏時計測量之前，我們必須先學習相關的動作原理，並瞭解其操作方式和步驟，進而能夠實際的應用在量測電路上。你可以由以下三個途徑中選擇其一學習：

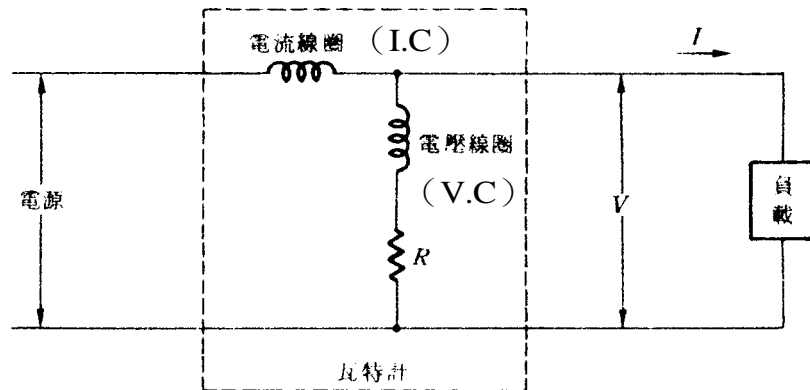
- 一、電工實習(三) 全華科技圖書股份有限公司出版 蔡朝洋 林繁勝 編著
- 二、電儀表 大中國圖書公司出版 李惟平 編著
- 三、閱讀本教材之第 5 頁至第 24 頁

本教材的第一個學習目標是：

不使用參考資料，你能夠用自己的話正確的說明使用瓦特表量測功率之原理及使用方法。

一、單相瓦特表原理：

單相瓦特表之內部電路如圖 4-2.3.1 所示，由電流線圈與電壓線圈組成。電壓線圈所通過之電流 I 與電壓 V 成正比，電流線圈所通過之電流則為負電流 I ，當電流線圈所產生之磁場與電壓線圈所產生之磁場互相作用時，即產生與電功率成正比之電磁力令指針偏轉，因此利用瓦特計可以直接測出負載的電功率。



(I.C) 表電流線圈

(V.C) 表電壓線圈

圖 4-2.3.1 單相瓦特表內部電路圖

有的瓦特表，內部電路如圖 4—2.3.2 所示，茲說明如下：

1. 插栓座：

- (1) 插孔 S：當插栓（有絕緣柄的銅棒）插於標有 S（S 表示 short）之插孔時，電流線圈被短路，可避免負載之大起動電流損及電流線圈。
- (2) 插孔 1：使用 1 隻插栓插於標有“1”之插孔時，兩個電流線圈成串聯狀態。
- (3) 插孔 2：使用 2 隻插栓分別插入兩個標有“2”之插孔時，兩個電流線圈成並聯狀態，可承受較大的負載電流。

2. 換向開關：當指針逆向偏轉時，只要扳動換向開關（reversal switch）即可令指針正轉。

3. 電流端子：有“±”及“A”兩個端子。

4. 電壓端子：有“±”、120V、240V 三個端子。“±”為共用端子，120V 或 240V 端子則依電路電壓而作適當的選擇。

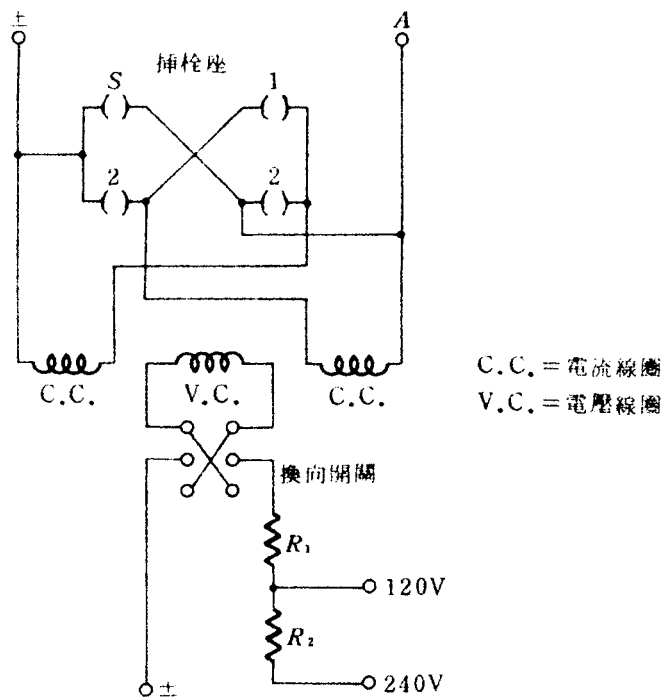
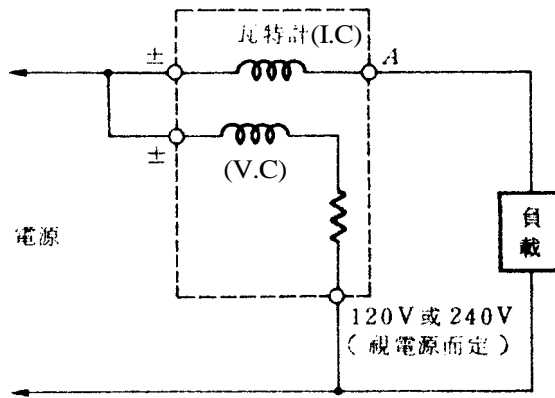


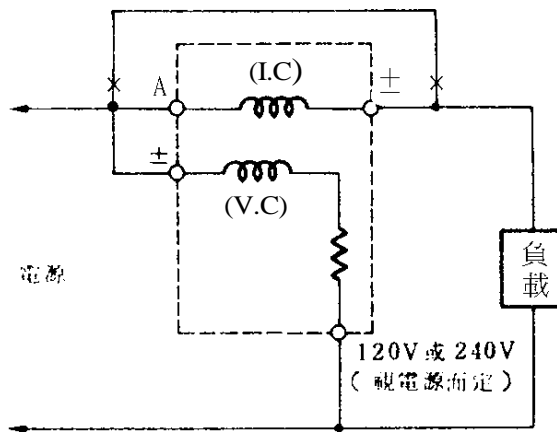
圖 4—2.3.2

二、使用瓦特表應注意之事項：

1. 電壓線圈應與負載並聯，電流線圈應與負載串聯，絕對不可接錯（可參考圖 4—2.3.3）。



(a)接法一



(b)接法二

圖 4—2.3.3

- 2.當負載之功率因數甚低時，縱然負載電流已超過瓦特瓦電流線圈的額定值，瓦特表之指示值往往還在刻度的範圍內，以致使用人無法知道，因此使用瓦特表測量電功率時應在電路中串接一個安培表，以監視負載電流是否超過瓦特表的額定。
- 3.使用之前要做零位調整，使指針停在刻度上的「零」。
- 4.電路通電前最好暫時把瓦特計的電流線圈短路（有 5 插孔者，將插栓暫時插於 S，無插孔之瓦特表可暫時用一條導線把電流線圈短路）以策安全。
- 5.瓦特表的外殼上貼有一張乘數表，如表 4-2.3.1 所示，負載的電功率=（指針的讀數）×（乘數表中之乘數）。

表 4-2.3.1

插 栓 位 置		乘 數		
短 路	S	電 流 / 電 壓	120V	240V
串 聯	1	串 聯	10	20
並 聯	2.2	並 聯	20	40

學習評量一：

請不要用參考資料或書籍，你能夠用自己的話正確的說明使用瓦特計量測功率之原理及使用方法。

你的答案應該包括下列要點：

- 一、如何使負載之電壓與電流能合成一個驅動轉矩，使瓦特表指示出負載所消耗之功率大小。
- 二、畫出瓦特表用於測量負載功率時之電路圖。

假如你的答案與上述之重點相似，請翻到第 11 頁，假如你的答案不與上述之重點相似，則請閱讀第 4 頁所列之參考書籍，或請翻至第 5 頁重新閱讀以便發現你的錯誤之處，並將第 9 頁上的錯誤改正，然後翻到第 11 頁。

如今你已能正確地說出瓦特表之原理，本教材的第二部份是要你能夠正確的使用瓦特表實際測量負載功率。

本教材的第二個學習目標是：

給你一組單相瓦特表及負載，你能夠在十五分鐘內正確的連接瓦特計與負載，並讀出指示值且正確無誤。

一、直接測量功率：

- 1.如圖 4—2.3.4 接線。
- 2.未通電前需確定指針停在「零」的位置，否則需轉動「零位調整鈕」使指針停在「零」的位置。
- 3.通電後若發指針倒轉，需把接至電壓線圈的兩條線對調（若該瓦特表有換向開關，則只要扳動換向開關即可令指針正轉）。
- 4.負載的電功率 = (指針的讀數) × (乘數表中之乘數)。
- 5.〔例〕：若瓦特表為 120V 5A，乘數為 5，則當指針指示 50 時，負載的電功率 = $50 \times 5 = 250$ 瓦。

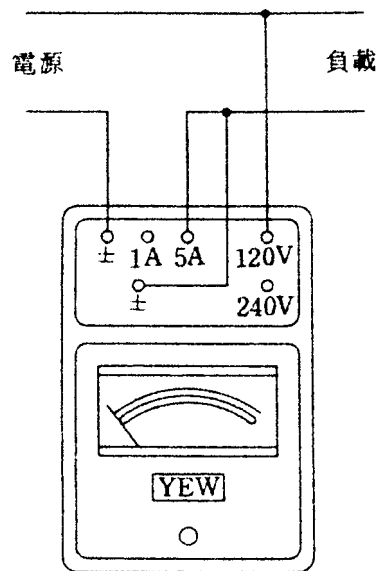


圖 4—2.3.4

假如你能勝任這個目標，請翻到第 16 頁進行測驗，假如你需要多學習點，請由本頁開始。

二、配合 C.T. 測量單相電功率：

1. 當負載電流超過瓦特表的額定值時，必須配合 C.T. 使用，接線如圖 4-2.3.5 所示。圖中 C.T. 的 L、I 是表示比流器之特性。
2. 負載的瓦特數 = (指針的讀數) × (乘數) × (C.T. 的電流比)。
3. [例]：若瓦特表為 120V 5A，乘數為 5，今配合 50A : 5A 之 C.T. 使用時指針指示 100，則負載的電功率 = $100 \times 5 \times (50/5) = 5000$ 瓦 = 5KW。

三、配合 P.T. 測量單相電功率：

1. 若電路之電壓超過瓦特表的額定值，則需配合 P.T. 使用，接線如圖 4-2.3.6 所示。圖中 P.T. 的 V、v 是表示比壓器之極性。
2. 負載的電功率 = (指針的讀數) × (乘數) × (P.T. 的電壓比)。
3. [例]：若瓦特表為 120V 5A，乘數為 5，今配合 6600V : 110V 之比壓器使用時指針指示 100，則負載的電功率 = $100 \times 5 \times (6600/110) = 30000$ 瓦 = 30kW。

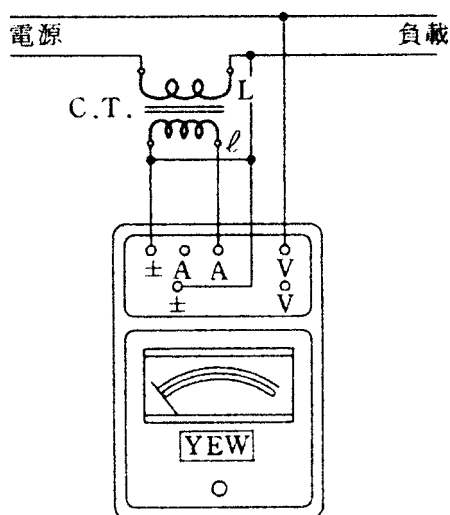


圖 4-2.3.5

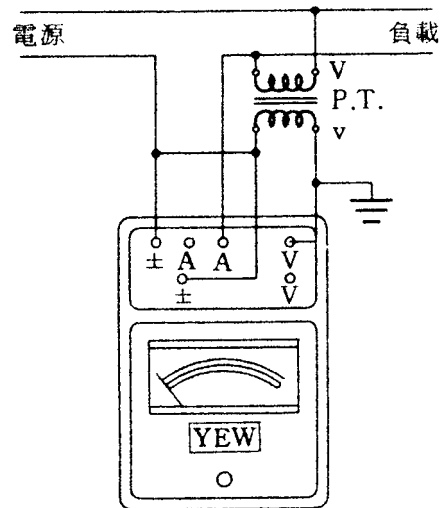


圖 4-2.3.6

四、配合 C.T.及 P.T.測量單相電功率：

1. 假如負載電流既大、電路電壓又高，則瓦特表必須配合 C.T.及 P.T.一起使用，接線如圖 4-2.3.7 所示。
2. 負載的電功率 = (指針的讀數) × (乘數) × (P.T.的電壓比) × (C.T.的電流比)。
3. [例]：若瓦特表為 120V 5A，乘數為 5，今配合 6600V : 110V 之 P.T.及 50A : 5A 之 C.T.使用時，指針指示 100，則
負載的電功率 = $100 \times (6600 / 110) \times (50 / 5) = 300000$ 瓦 = 300kW

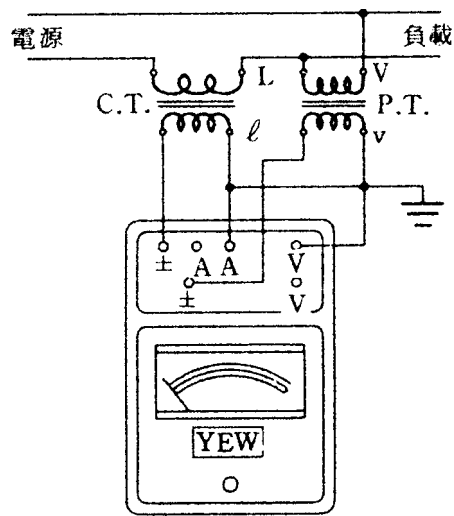
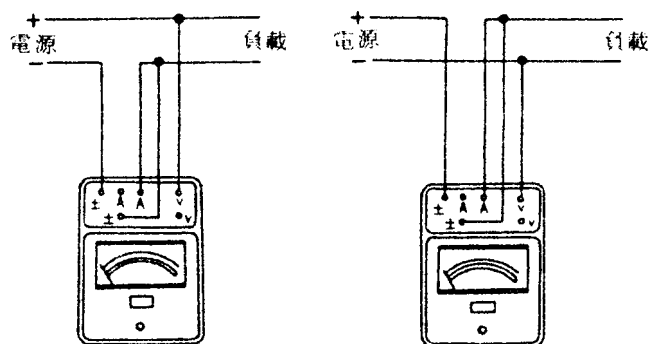


圖 4-2.3.7

五、以單相瓦特表測量直流電功率：

- 1.瓦特表不但可以測量交流電功率，也可以測量直流電功率，是交直流兩用之電儀表。
- 2.以單相瓦特表測量直流電功率時之接線方法如圖 4—2.3.8 所示兩種。
- 3.負載之電功率 = (指針的讀數) × (乘數表之乘數)



(a)接法一

(b)接法二

圖 4—2.3.8

六、操作步驟：

- 1.依據所欲進行測量之電源與負載決定一適當之電路。
- 2.按照電路將電表與負載接妥，注意在檢查詳細正確無誤。
- 3.通上電源，讀取瓦特表之指示值。

現在你已熟悉使用瓦時計與乏時計測量的操作步驟，假如你仍未完全熟悉，請重覆學習編號本材教第直到熟悉為止，若有困難去請教你的老師，若完全熟悉後，領取編號 PEH0402-3A 材料袋，然後根據下列電路圖進行實際操作，若有困難，去請教你的老師或重讀第 12 頁之步驟。

電路圖：

操作步驟：

- 一、.....
- 二、.....
- 三、.....
-
-
-

如今你已能正確地使用瓦特表測量負載，本教材的第三部份是要你能夠正確的使用瓦時計與乏時計實際測量負載所消耗的能量。

本教材的第三個學習目標是：

給你單相瓦時計、乏時計及負載，你能夠在二十分鐘內正確的連接瓦時計、乏時計與負載且正確無誤。

一、相關知識：

(一)瓦時計

電力公司計算客戶用電量多寡的瓦時表如圖 4-2.3.9，為一單相瓦時計，其動作原理是利用移動磁場式感應型儀表製作而成，其動作原理說明如下：

圖 4-2.3.10 是單相二線式瓦時計的動作原理，D 是鋁製圓盤，置於 C_p （電壓線圈，匝數多線徑細）與 C_c （電流線圈，匝數少線徑粗有二組）之中，此二線圈依單相感應動機之分相法，產生一旋轉磁場。圓盤又在一具永久磁鐵 M 的磁場中轉動，於是產生與速率成正比例的渦流，這樣便可保持速率與轉矩成正比例。圓盤轉數再出計量裝置 I 來表示，指出所費的多寡。

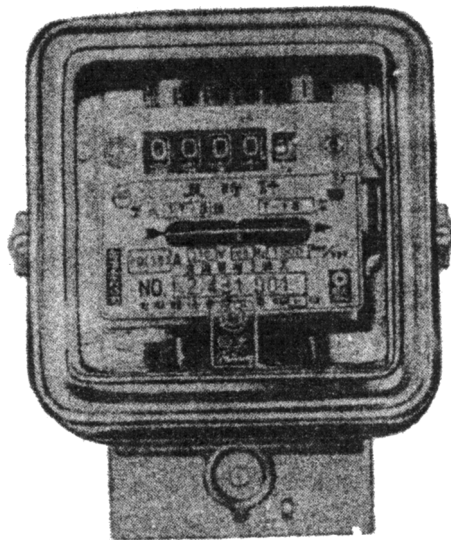


圖 4-2.3.9

假如你能勝任這個目標，請翻到第 25 頁進行測驗，假如你需要多學習點，請由本頁開始。

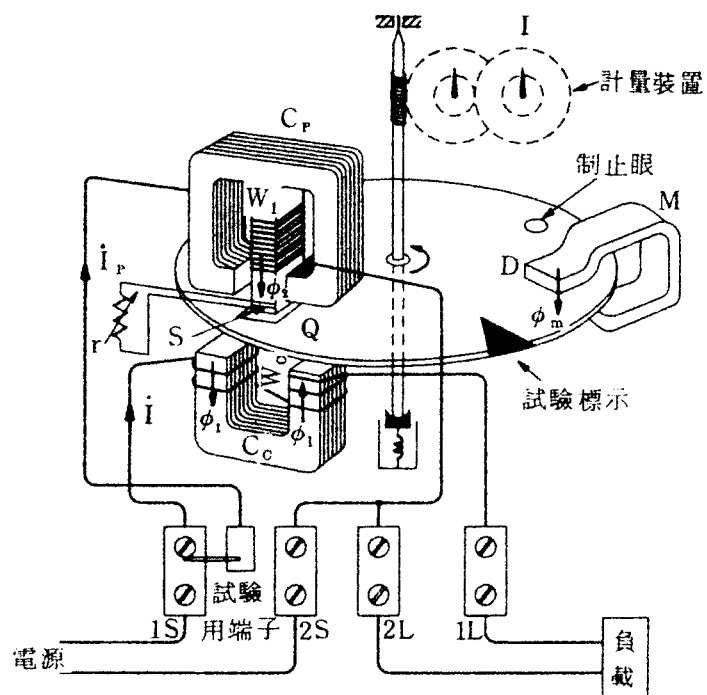


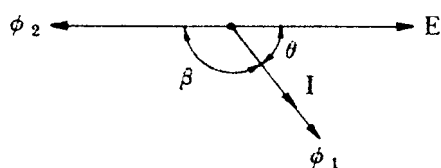
圖 4—2.3.10

(二) 乏時計

瓦時計在計量電路中有效功率 P ，乏時計則是計量電路中無效功率 Q 。乏時計又稱無效瓦時計，可分為單相與三相兩種，其中單相較少使用。現分別介紹單相及三相乏時計之動作原理：

1. 單相乏時計

單相瓦時計，當 $\cos \theta = 1$ 時，電壓線圈之磁通 ϕ_2 ，落後電流線圈磁通 $\phi_1 90^\circ$ ，所以圓盤轉矩與有效功率成正比。單相乏時表則是將 ϕ_2 落後 $\phi_1 180^\circ$ ，故圓盤轉矩與無效功率成正比。且 E 與 ϕ_2 成 180° 向量角度。

圖 4-2.3.11 乏時計 ϕ_1 與 ϕ_2 向量圖

$$\begin{aligned} \text{圓盤轉矩 } T &= K_1 \phi_1 \phi_2 \sin \beta \\ &= K_1 \phi_1 \phi_2 \sin (80^\circ - \theta) \\ &= K_2 VI \sin \theta \end{aligned}$$

ϕ_1 ：電流線圈之磁通

ϕ_2 ：電壓線圈之磁通

β ： ϕ_1 與 ϕ_2 之夾角

θ ：功率因數角（電壓、電流相角）

由上述知，單相乏時表，除 ϕ_1 與 ϕ_2 相位角不一樣外，其餘構造與單相瓦時表相同。

2. 三相乏時計

如圖 4-2.3.12 所示，三相乏時表與三相瓦時表類似，唯一不同是電壓線圈串聯一電阻，使通過電壓線圈之電流落後外加電壓 60° （瓦時計係滯後 90° ），故如其圓盤轉矩與無效功率 Q 成正比。

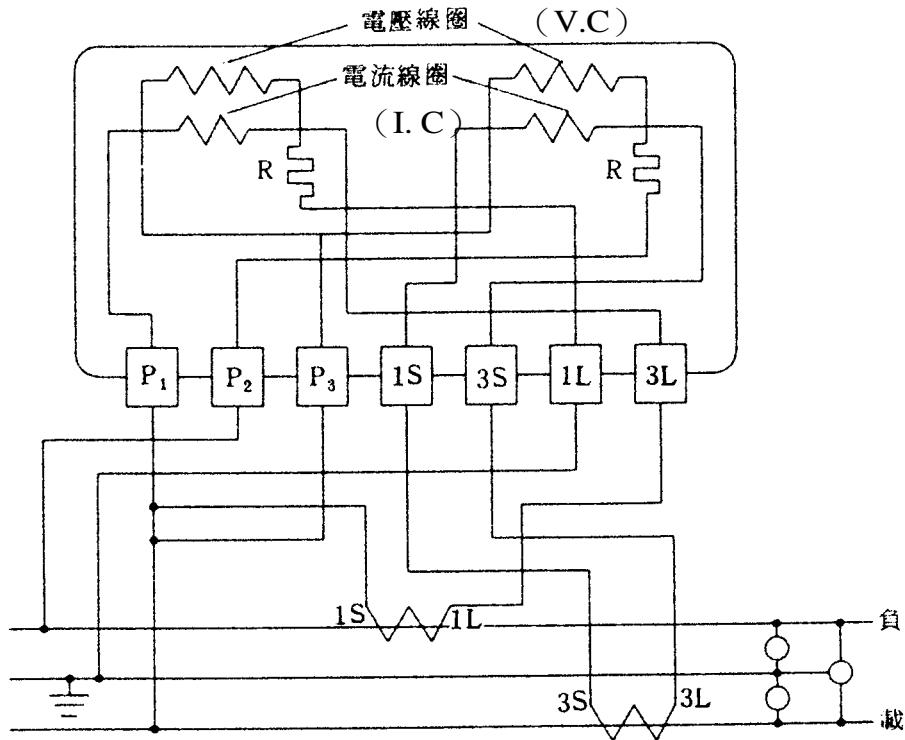


圖 4-2.3.12 三相乏時計的接線

二、應用：

(一)瓦時計

瓦時計之接線，若使用 C.T.、P.T.，二次側應接第三種接地工程接地，在有載下 C.T.二次側不得開路，而任何時刻 P.T.二次側皆不得短路。

1.單相二線式

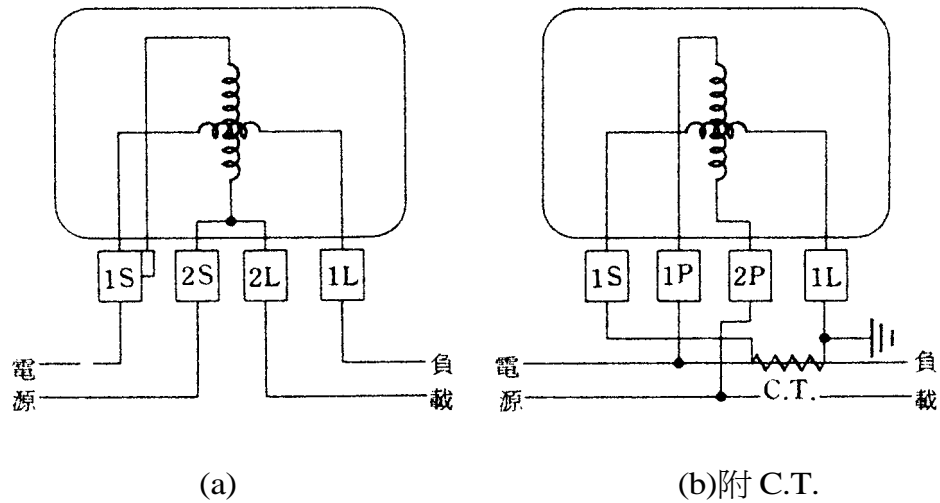


圖 4-2.3.13 單相二線式瓦時計接線

2.單相三線式

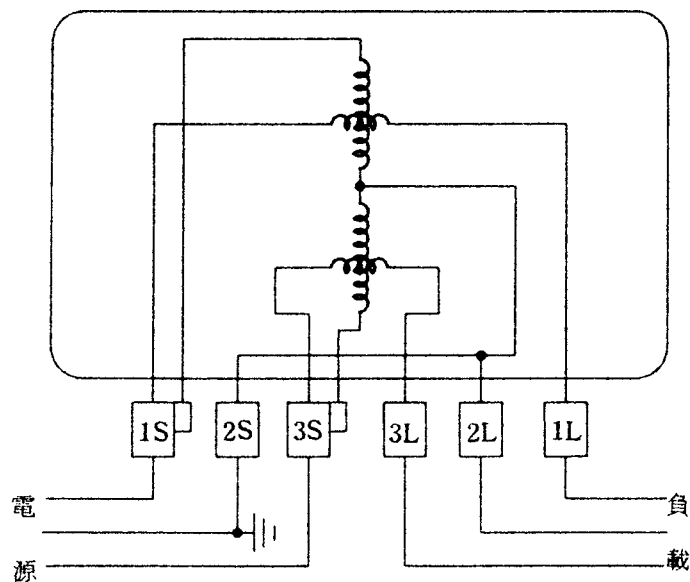


圖 4-2.3.14 單相三線式瓦時計接線

2.三相三線式

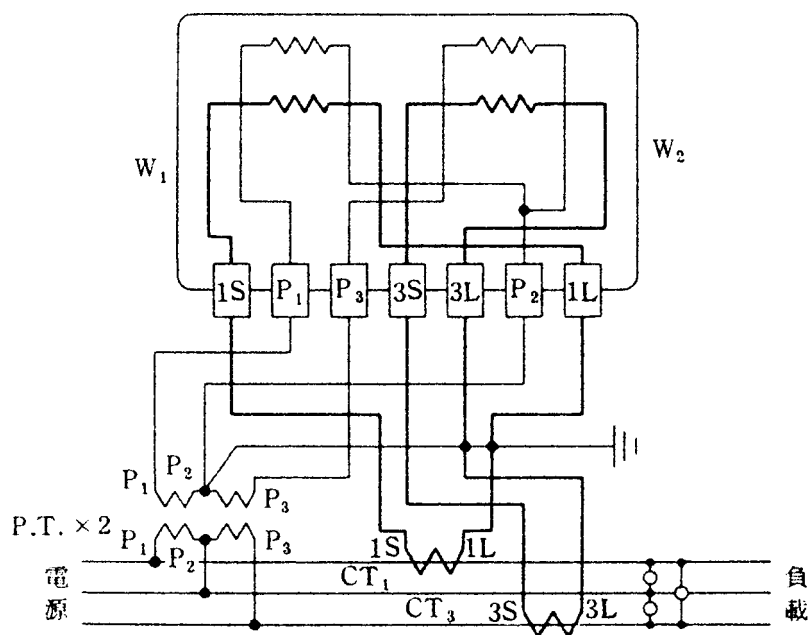


圖 4-2.3.15 單相三線式瓦時計接線

(二) 乏時計

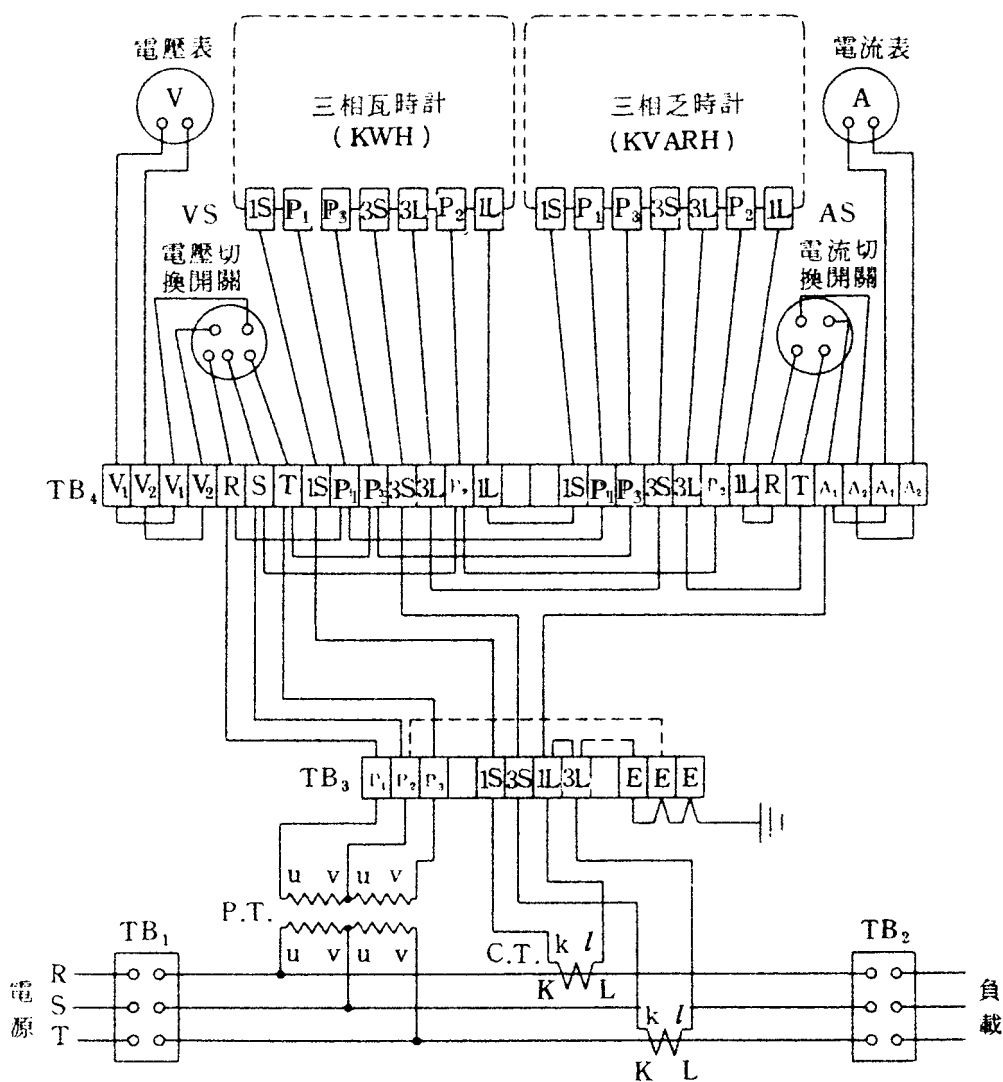


圖 4-2.3.16 三相電源儀表接線圖

三、操作步驟：

1. 依據所欲進行測量之電源與負載決定一適當之電路。
2. 按照電路將電表與負載接妥，注意在檢查詳細正確無誤。
3. 通上電源，讀取瓦時計與乏時計之指示值。

現在你已熟悉使用瓦時計與乏時計測量的操作步驟，假如你仍未完全熟悉，請重覆學習編號本材教第直到熟悉為止，若有困難去請教你的老師，若完全熟悉後，領取編號 PEW-EHW0404 材料袋，然後根據下列電路圖進行實際操作，若有困難，去請教你的老師或重讀第 18 頁之步驟。

電路圖：

操作步驟：

- 一、.....
- 二、.....
- 三、.....
-
-
-

評量三:

繼續練習到你能勝任學習目標所列之能力為止。
假如你能勝任學習目標所列之能力，準備參加最後的評量。

學後評量

- 一、在下面的空白處，你能夠用自己的話正確的寫出瓦特計量測功率之原理及使用方法，請不要參考資料或翻閱前面的資料。

- 二、畫出下列三種瓦特表測量電路，請不要參閱資料或書籍。
 - (一)直流電功率測量。
 - (二)直接測量單相電功率。
 - (三)使用 P.T.與 C.T.與瓦特表測量單相電功率。

實物測驗：

請根據三相電源儀表接線圖進行實際操作。在工作之前，請先填好工作計劃單，送給教師認可。工作時間為二十分鐘。

我的工作計畫

作業名稱：

工作開始日期：

完成日期：

工作時間：

分鐘 教師認可：

我製作上列工作時所需用之工具及器材：

- 1 _____ 5 _____ 9 _____
- 2 _____ 6 _____ 10 _____
- 3 _____ 7 _____ 11 _____
- 4 _____ 8 _____ 12 _____

我所需要的材料及消耗品：

名稱	說明	規格	數量	估價

我計畫如何做我的作業：

工作步驟	安全注意事項	工作時注意要項

注意：(1)現在你已完成你的作業計畫，請不要馬上工作，你先檢討一下，有沒有其他更好的方法呢？有沒有遺漏呢？將你的計畫送給你的老師認可；然後再開始工作，工作時間為二十分鐘。

(2)當你做好了作業，請對你的成品做自我評價（Self-evaluation），然後送交老師評分。

一、我對我作業之評分

(一)功能 70%

部份	滿分	測量值	實際值	評分標準
瓦時計	35%			測量值為實際值±5%誤差之內滿分
乏時計	35%			測量值為實際值±5%誤差之內滿分
※發生重大缺失，功能部分以零分計算。				
※測量值超過實際±5%誤差以上不予計分。				

(二)其他 30%

部 位	滿 分	評 分 標 準	得 分
器具	15%	器具之維護與裝置整齊。	
配線	15%	線路配置整齊，線徑選用正確。	

我的作業評分=功能+其他= 分，屬於 等
 A=95 分以上 B=85 分以上 C=75 分以上
 D=65 分以上 E=64 分以上

二、我的工作計畫得分__分，屬於__等。

三、安全習慣得分__分，屬於__等。

四、機匠精神與學習態度得__分，屬於__等。

五、教師評分

(一)作業得分_____ 3.安全習慣_____

(二)工作計畫_____ 4.機匠精神與學習態度得分_____

總得分 _____ 屬於_____等。

六、時間
