

介紹

1. 使用範圍

電氣信號測試設備用於準確且安全地量測電氣性之物理量，如量測電壓、電流、功率、頻率、功因、相位差、相序、電阻、電感、電容等，並將所量得的電氣量以數值、指標或波形方式顯示，以利於進一步分析處理。絕緣測試設備用於量測絕緣物如絕緣礙子、絕緣套管的絕緣性能，以作為是否能安全的加於線路上之參考。

2. 解釋名詞

- (1) 伏特計：用以量測電壓的計器。
- (2) 安培計：用以量測電流的計器。
- (3) 瓦特計：用以量測電功率的計器。
- (4) 電阻計：用以量測電阻的計器。
- (5) 比壓器(PT)：利用比壓器將高電壓轉換成低壓，以便於計器量測。
- (6) 比流器(CT)：利用比流器將高電流轉換成低電流，以便於計器量測。

3. 型式種類、架構

- (1) 電氣信號測試設備用於量測電氣信號之物理量，如量測電壓、電流、功率、頻率、功因、相位差、相序、電阻、電感、電容等，而一般常用到的量測設備有伏特計、安培計、瓦時計、乏時計和三用電錶...等，其中三用電錶為低壓量測時最常使用的工具，有交直流電壓、交直流電流和電阻的基本量測，而功能較佳的三用電錶，可量測電感值、電容值和半導體元件的接腳判定。
- (2) 量測結果依照所顯示方式可分為指示式、數位式、記錄式、積算式和示波式，其中以指示式量測設備使用機會最多，但現在已經逐漸推廣為數位式量測設備。
 - A. 指示式量測設備：利用刻度板和指針直接指示所量測的電氣量。
 - B. 數位式量測設備：測試量在指示器上以數字形態指示。

- C. 記錄式量測設備：將量測值於任何時刻予以記錄且描繪在圖表上。
 - D. 示波式量測設備：將量測結果以波形方式顯示，可觀察、記錄電壓電流訊號隨時間變化之波形。
 - E. 積算式量測設備：將通過量測設備的總能量或電能作累積，累積一定期間後再顯示之設備。
- (3) 指示式量測設備把測得的電氣量變換為指針的移動量，並利用其移動的偏移量直接指示其測試值，如圖1所示，依其變換的原理可分為幾種型式：
- A. 可動線圈型：利用永久磁鐵之磁場和可動線圈上電流產生的磁場相互作用而成，主要量測直流，但若配合轉換器和整流器便可量測交流。
 - B. 可動鐵片型：利用產生的磁場對可動鐵片所造成電磁力作用，主要量測交流，但因鐵片的磁滯易造成誤差，所以頻率限制在1000Hz以下。
 - C. 電流轉矩型：利用固定線圈和可動線圈上電流相互間的電磁作用，可通用於交、直流，但容易受外部磁場的影響，所以附近最好不要有大電流通過，以免影響其量測的準確度。
 - D. 整流器型：利用整流器把交流轉換成直流，在用可動線圈指示其量測值，可量測於交、直流，且具有高靈敏度及準確度之量測。
 - E. 熱耦型：當電流流過熱線而使溫度上升，再依熱耦和可動線圈相組合得到其量測值，可量測於交、直流，用於直流時，需改變極性求得平均值，為其缺點，使用於交流時，頻率為100兆赫較佳。
 - F. 感應型：利用交流磁通和金屬板上渦流交互作用，主要量測交流，此型由於構造堅固，價格便宜，幾乎沒用來作指示式設備。
 - G. 靜電型：利用極板間所產生的靜電作用，可量測於交、直流，其特徵為消耗功率小，指示反應慢，可直接量測高壓場所。
 - H. 振動片型：利用振動片的機械共振而成，專用於量測頻率的設備。

(4) 數位式量測設備的基本元件為轉換單元、控制及計數單元、顯示單元，如圖 2 所示，其中轉換單元將交、直流訊號經類比/數位(A/D)轉換器轉換成可接受的直流電壓，再利用與電子計數器相同的脈波信號計數以顯示所測得的量測值，如圖 3 所示。

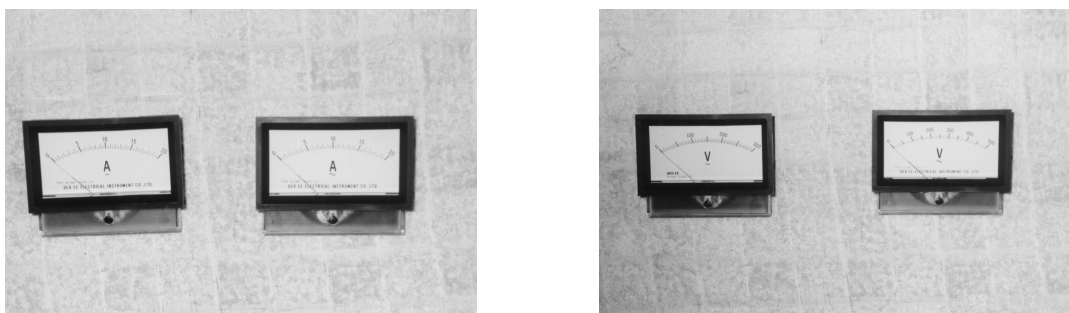


圖 1 指示式量測設備

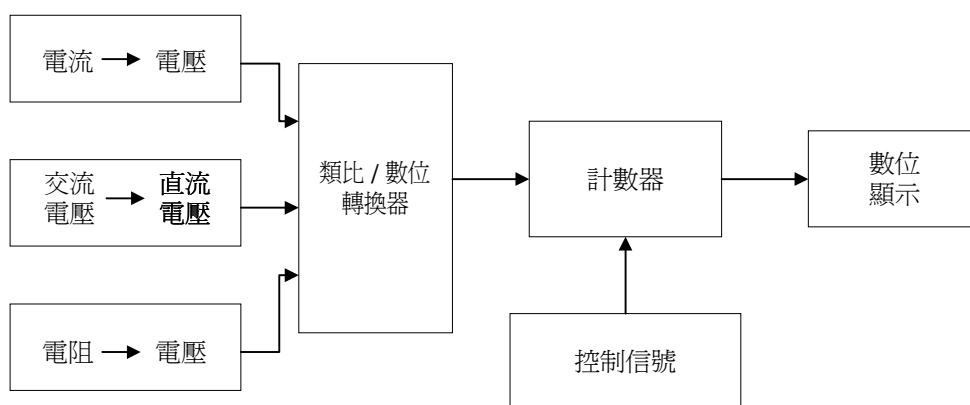


圖 2 數位式量測設備基本架構



圖 3 數位式量測設備

表 1 電計器的容許誤差

等級	誤差限度
0.1	± 0.1 %
0.2	± 0.2 %
0.5	± 0.5 %
1.0	± 1.0 %
1.5	± 1.5 %
2.5	± 2.5 %

(5) 電氣信號測量時都可能因為某種原因而造成誤差值，誤差雖然是無可避免，但亦應規定於額定值內，中國國家標準 **CNS 299** 對指示電計器的精確度分六個等級，各計器的有效指示範圍應不超過表 1 的限度。

4. 使用場所、檢驗方式

(1) 電氣信號量測設備從精密級到一般級的用途皆有，但所要求大致上最好為精密度高，動作反應快，刻度易讀出來，構造堅固，攜帶方便，價格合理為重點，而依用途大致可分為：

- A. 標準用之量測設備：需能準確且精密的量測信號，可作為其他量測設備的校正標準，其容許誤差應於 0.1~0.2 的等級中。
- B. 攜帶用之量測設備：可隨身攜帶到現場量測的設備，其容許誤差應於 0.5~0.2 的等級中。攜帶用量測設備之量測對象較不固定，因此應特別注意電表輸入阻抗對量測結果的影響，尤其是輸入阻抗較低的傳統的類比式電表。例如使用電壓表量測時，其阻抗事實上是被測體阻抗併聯電壓表阻抗。
- C. 配電盤用之量測設備：設備運轉之監視及電力管理而設計，其容許誤差應於 1.5~2.5 的等級中。若量測設備直接量測高壓線路時必須考慮量測設備本身的絕緣問題，所以通常將高電壓轉換成低電壓(比壓器)，高電流轉換成低電流(比流器)，方可使量測設備直接量測，而將量測結果顯示於盤面上，以便人員紀錄或進一步處理。

(2) 一般電力設備於惡劣的條件下，如受熱、濕氣、衝擊力、電暈、化學作用和微生物作用等可能會因為絕緣破壞發生絕緣不足現象，這會使得設備在運轉時造成本身的損傷及操作人員感電災害，所以平常就需定期對設備進行絕緣測試，以確保送電時的安

全，檢驗方式通常有高阻計量測絕緣電阻，如圖4所示，和施以高壓進行絕緣耐力試驗。利用高阻計來測量絕緣電阻不具破壞性，測試方式為在絕緣物上加一直流電壓，並由流過絕緣物的小電流指示出電阻值，絕緣電阻的量測有助於對電力設備可否使用於高電壓之決定。若設備必須操作於高壓線路上，則在開始使用前或平時的維修均要實施高電壓試驗，以確保設備的絕緣耐力在高壓下能安全的運作。

(3) 依照試驗的目的可分為：

- A. 耐壓試驗：加上規定的電壓，經規定時間內檢查該絕緣設備是否能承受此高壓。
- B. 絕緣破壞試驗：加上規定的電壓後，慢慢將電壓升高，以測絕緣破壞最低電壓值。
- C. 閃絡試驗：礙子、絕緣套管等加高電壓時，未達絕緣破壞之前，可能在兩極間發生火花閃絡現象，此時絕緣雖未破壞，但已經不再具備絕緣能力，用閃絡測試判斷絕緣設備的特性。

(4) 依照試驗電壓的種類的可分為：

- A. 交流電壓試驗：以加上 60Hz 的交流高電壓作試驗，量測設備的耐電壓、絕緣破壞特性、閃絡電壓等，如圖 5 所示。
- B. 直流耐壓試驗：有些設備如電力電纜或電容器，因為靜電容量非常大，如果加上交流高電壓時會產生極大的交流充電電流，因而需使用極大容量的高壓電源測試設備，所以亦有使用直流高壓電源來試驗以降低電源設備的容量，如圖 6 所示。由於交直流之暫態阻抗分佈及動、靜態之特性差異，因此以直流代替交流是否具有等效性仍具有爭議，有些主張提高直流測試時的電壓（例如為交流電壓之 2 倍，但不一定），亦有主張採用極低頻率者（例如 0.24Hz），不過使用極低頻率交流電壓的方法在台灣仍不多見。
- C. 衝擊電壓試驗：雷擊或開關突波等衝擊性的暫態電壓可能會因而破壞設備絕緣，所以利用此種試驗模擬雷擊或開關突波造成的影響，如圖 7 所示。



圖 4 高阻計

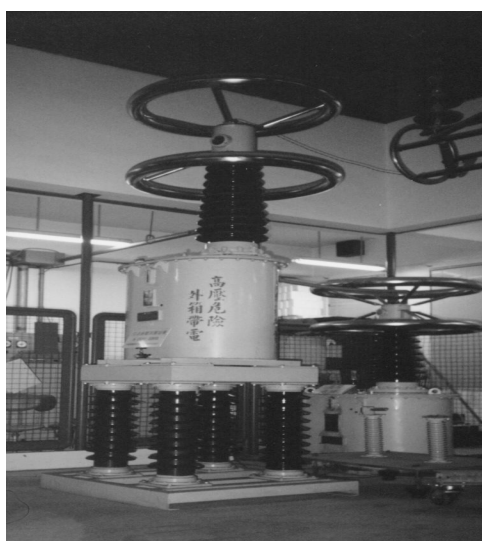


圖 5 交流電壓試驗

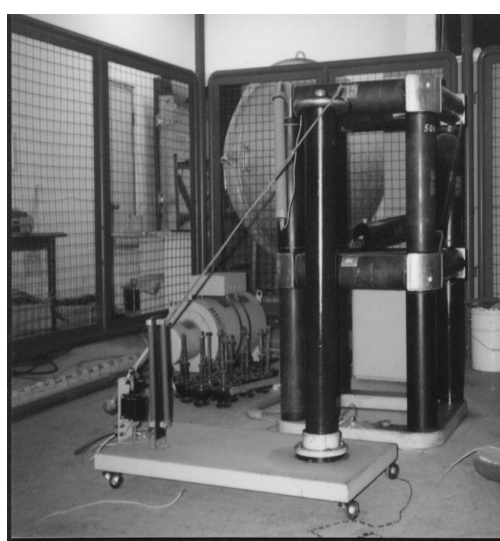


圖 6 直流耐壓試驗



圖 7 衝擊電壓試驗



圖 8 試驗場以鐵網圍住，並標示警告標誌

危害

1. 進行測試工作前一定要先確定測試場所是否帶電，並將該場所隔離以防止他人進入，若需活線作業則需使用活線作業器具或穿戴絕緣防護器具方可進行測試工作，若是停電測試場所，在開始操作前為防止有殘餘的電荷發生感電危險，需將含靜電容的設備予以接地放電，以避免感電事故發生。測試時旁邊應有專人在旁負責監督，隨時應付緊急事故，且應詳讀操作手冊並依規定小心確實地操作每個步驟，如此才能安全且順利完成測試工作。
2. 測試設備平時應定期加以保養維修，以確定測試設備或測試棒之絕緣被覆有無損壞情形，此外亦應定期檢驗校正測試設備的準確度。進行高壓絕緣耐力試驗前，當進入試驗場所應隨時穿戴絕緣防護器具，並將各帶電部分予以接地放電，以避免因殘留電荷發生感電事故。
3. 試驗進行時應該將試驗場所以鐵網圍住，並標示警告牌以免他人闖入，如圖 8 所示，然後按照手冊規定完成各項試驗工作。

使用

1. 測試設備若因為使用錯誤或操作不當的話不但作業無法完成，亦可能會發生嚴重的感電事故，所以現場量測時需注意下列幾點：
 - (1) 需要量測何種電氣信號，使用何種量測設備，在事前都需充分的瞭解設備的使用方法。
 - (2) 接近帶電體或高壓線路時、需穿戴絕緣防護具，保護人體安全。
 - (3) 測試前應檢查測試設備或測試棒之絕緣被覆部分有無損壞情形。
 - (4) 測試前應檢查測試設備之安全保護裝置是否正常，接地線有無鬆脫或斷線現象。
 - (5) 量測時應先使用檢電器確定帶電體或未帶電體。
 - (6) 需活線作業的工作，一定要使用活線作業器具或穿戴絕緣防護具後方可進行量。
 - (7) 需停電作業的工作，需在開關處作標示，防止他人誤送電。進行量測時為防止有殘餘的電荷發生感電危險，需將含靜電容的設備予以接地放電。
 - (8) 接線應小心確實，不要發生誤操作、誤接線。

2. 爲了保持測試設備在使用時都能避免使用時發生感電事故，且有良好的準確度，平時需加以管理與保養：
 - (1) 應確認被測體可做高壓測試。
 - (2) 測試設備不使用時應放置在避免陽光照射、高溫、高濕、灰塵、有腐蝕性氣體的場所。
 - (3) 測試設備放置位置應有良好的規劃，如放置在整理架上，每次使用完後應該放爲原位。
 - (4) 應定期檢查測試設備或測試棒之絕緣被覆有無損壞情形，若有應立即更換。
 - (5) 爲了使測試設備隨時保持準確度，應定期對設備檢驗、校正。
 - (6) 測試設備的使用資料應該妥善的保管，以方便操作人員隨時翻閱。
3. 進行絕緣耐力高壓測試時必須注意以下幾個事項：
 - (1) 試驗場所必須有安全圍網等防護措施，安全圍網可裝置閃爍燈或電路閉鎖插頭插座，以增強其防護功能。
 - (2) 保持試驗場所的整潔，並養成試驗前記錄周圍溫度、大氣壓力的習慣。
 - (3) 試驗場所內各設備間應有足夠的安全距離。
 - (4) 高壓試驗進行時，必須有專人在旁負責監督，防止閒人進入，並留意試驗時異常情形發生。
 - (5) 試驗時應由一人操作試驗，他人不得任意觸及其他控制開關。
 - (6) 進入試驗場所一定要穿戴絕緣用防護具。
 - (7) 試驗前需啓斷電源，各帶電部分應該予以接地充分放電，未充分放電前，人員禁止接近或觸及測試設備各個部分。
 - (8) 接地前需檢查接地線是否有確實接地及足夠的容量。
 - (9) 持接地棒時應該遠離接地點，並不得接觸接地導線及設備。
 - (10) 試驗進行時，系統接地部分會因爲大電流通過使電位上升，故試驗時不得觸及。
 - (11) 電容器充電時，電壓不得上升太快，以免充電電流突升。
 - (12) 鄰近試驗場所的電容器、電力電纜等靜電容量較大的設備都要予以短路接地。

- (13) 應事先預估示波器等電氣信號量測設備電壓量測範圍，避免損害儀器。
- (14) 試驗中若安全用警報系統示警時，任何人不得進入高壓設備或高壓電等會發生危險的地方。
- (15) 試驗完畢後需將所有加過電壓之電容器及靜電容量較大的設備予以接地放電後方可離開試驗場所。
- (16) 電容器放電時應有足夠的放電時間予以放電。
- (17) 平時測試設備應有保養維護的習慣。
 - A. 需確定電源啓斷後，並將高壓端放電後，方可進行檢修及維護工作。
 - B. 檢視變壓器有如漏油或破損現象。
 - C. 高壓引出線的端子是否接觸確實。
 - D. 應隨時保持試驗場所的乾燥及地面清潔。
 - E. 應清除設備上的灰塵，擦拭各套管及礙子。
 - F. 隨時檢視各導線的絕緣被覆是否良好。

相關法令、標準

1. 勞工安全衛生設施規則

第二百五十四條：雇主對於電路開路後從事該電路、該電路支持物、或接近該電路工作物之敷設、建造、檢查、修理、油漆等作業時，應於確認電路開路後，就該電路採取左列設施：

- 一、開路之開關於作業中，應上鎖或標示「禁止送電」、「停電作業中」或設置監視人員監視之。
- 二、開路後之電路如含有電力電纜、電力電容器等致電路有殘留電荷引起危害之虞者，應以安全方法確實放電。
- 三、開路後之電路藉放電消除殘留電荷後，應以檢電器具檢查，確認其已停電，且為防止該停電電路與其他電路之混觸、或因其他電路之感應、或其他電源之逆送電引起感電之危害，應使用短路接地器具確實短路，並加接地。
- 四、前款停電作業範圍如為發電或變電設備或開關場之一部分時，應將該停電作業範圍以藍帶或網加圍，並懸掛「停電作業區」

標誌；有電部分則以紅帶或網加圍，並懸掛「有電危險區」標誌，以資警示。

前項作業終了送電時，應事先確認從事作業等之勞工無感電之虞，並於拆除短路接地器具與紅藍帶或網及標誌後為之。

第二百五十六條：雇主使勞工於低壓電路從事檢查、修理等活線作業時，應使該作業勞工戴用絕緣用防護具，或使用活線作業用器具或其他類似之器。

第二百五十八條：雇主使勞工從事高壓電路之檢查、修理等活線作業時，應有左列設施之一：

- 一、使作業勞工戴用絕緣用防護具，並於有接觸或接近該電路部分設置絕緣用防護裝備。
- 二、使作業勞工使用活線作業用器具。
- 三、使作業勞工使用活線作業用絕緣工作台及其他裝備，並不得使勞工之身體或其使用中之工具、材料等導電體接觸或接近有使勞工感電之虞之電路或帶電體。

第二百六十二條：雇主於勞工從事裝設、拆除或接近電路等之絕緣用防護裝備時，應使勞工戴用絕緣用防護具、或使用活線用器具、或其他類似器具。

第二百六十五條：雇主對於高壓以上之停電作業、活線作業及活線接近作業，應將作業期間、作業內容、作業之電路及接近於此電路之其他電路系統，告知作業之勞工，並應指定監督人員負責指揮。

2. 中國國家標準

CNS 181：「瓦時計校驗規章」。

CNS 299：「指示電計器標準」。

CNS 410：「計器符號」。

CNS 1307：「交流瓦時計」。

CNS 5198：「高絕緣電阻計」。

CNS 5203：「接地電阻測試計」。

CNS 5742：「配電盤用指示電計器之尺度（類比式）」。

CNS 5743：「凸緣形指示電計器之尺度（類比式）」。

CNS 10317：「乏時計試驗法」。

CNS 10316：「乏時計」。

CNS 10795：「絕緣電阻計（發電機式）」。

CNS 10796：「絕緣電阻計（電池式）」。

CNS 10907：「指示電計器」。

CNS 10908：「指示電計器試驗法」。

CNS 10921：「直動記錄電計器」。

CNS 10922：「直動記錄電計器試驗法」。

CNS 11428：「瓦時計類總則」。

CNS 11429：「瓦時計（單獨計器）」。

CNS 11430：「瓦時計（單獨計器）查表發訊器」。

CNS 11431：「瓦時計（單獨計器）試驗法」。

CNS 11432：「瓦時計（附變比器計器）」。

CNS 11433：「瓦時計（附變比器計器）試驗法」。

CNS 11434：「瓦時計（附變比器計器）查表發訊器」。

CNS 11435：「多電路綜合計器用比流器」。

CNS 11437：「計器用變比器（供電用）」。

CNS 11438：「計器用變比器試驗法」。

CNS 11439：「計器用變比器合成誤差求出方法」。

CNS 11440：「計器用變比器使用負擔範圍決定方法」。

CNS 11441：「瓦時，乏時及電力最大需量表示裝置（分離型）」。

CNS 11442：「集中查表用瓦時表示裝置（分離型）」。

CNS 11444：「瓦時，乏時及電力最大需量表示裝置（分離型）試驗法」。

CNS 13304：「特殊用精密級電位計」。

災害案例

1. 測試無熔絲開關遭電弧灼傷災害

民國 82 年 9 月，某工人欲測試無熔絲開關的電源側時，量測設備之測試棒金屬不慎觸及無熔絲開關的機械操作外殼，使電源兩相短路產生電弧，造成該員工二度灼傷。經查驗後發現該員工在測試時，人體於半蹲的情況下進行測試以致於站立不穩，因此測試棒金屬會誤觸無熔絲開關的機械操作外殼，造成灼傷，所以測試工作時一定要按照規

定小心確實進行。為防止類似災害再發生，有採取下列對策之必要：

- (1) 檢測無熔絲開關一次側電壓時，三用電錶測試棒前端金屬裸露部份（探針）應使用絕緣膠帶包紮，僅露出測試點。
- (2) 應加強勞工安全衛生訓練，將本案列入訓練教材，提高勞工安全衛生知識，防止類似災害發生。

2. 在配電盤從事活線接線作業感電致死

民國 83 年 6 月，某水電工人於配電盤進行量測設備接線工作時，突然發生感電死亡事故。經查驗後發現該員工在接線時，並無使用活線作業器具或穿戴絕緣用防護具，以致於人體接觸到帶電體，造成災害的發生。所以活線作業則需使用活線作業器具或穿戴絕緣用防護具方可進行測試工作。為防止類似災害再發生，有採取下列對策之必要：

- (1) 對於勞工於低壓電路從事接線等活線作業時，應使勞工戴用絕緣用防護具或使用活線作業用器具。
- (2) 應訂定安全衛生工作守則，內容包括低壓電路活線作業安全事項，報經檢查機構備查後，公告實施。

參考資料

- [1] 林義讓，民國 83 年，電工儀表，三版，文笙書局，台北市。
- [2] 梁泰銓、張婷婷，民國 85 年，圖解電氣設備現場測試設備，初版一刷，全華科技圖書有限公司，台北市。
- [3] 柯坤煌、鄭伸郎，民國 76 年，電儀表導讀，初版，松根出版社，台北市。
- [4] 蔡建藏，民國 72 年，電儀表與測定，文笙書局，台北市。
- [5] 陳聖，民國 84 年，電工儀表，初版，三民書局，台北市。
- [6] 劉泰平，民國 79 年，最新實用電機技術，初版，南台圖書公司，台南市。
- [7] 林義讓、林清樺，民國 76 年，電機設備檢驗實習，初版，全華科技圖書有限公司，台北市。
- [8] National Safety Council, 1973, Electrical Testing Installations, National Safety Council, Chicago.

