

三相電源量測基本知識

應用摘要

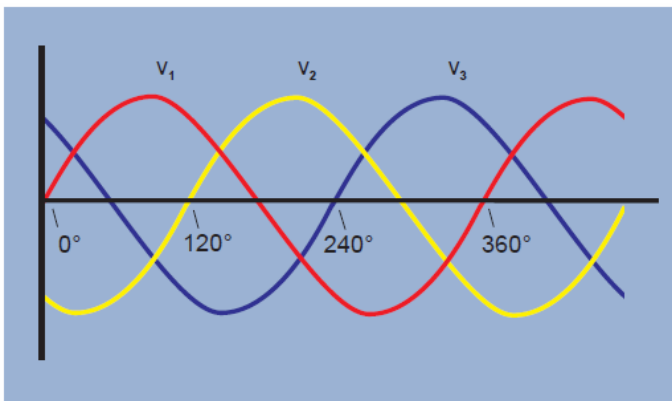


圖 1. 三相電壓波形。

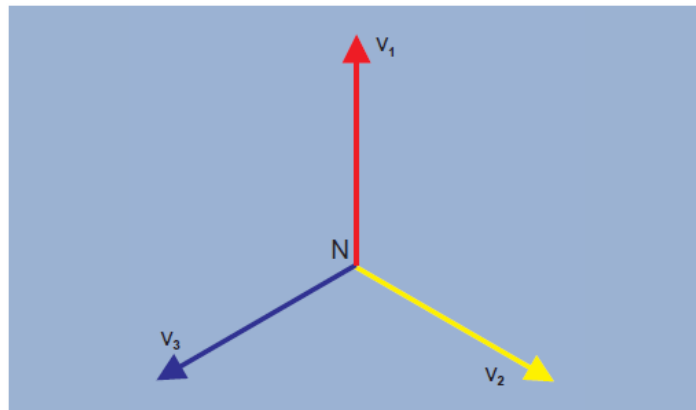


圖 2. 三相電壓向量。

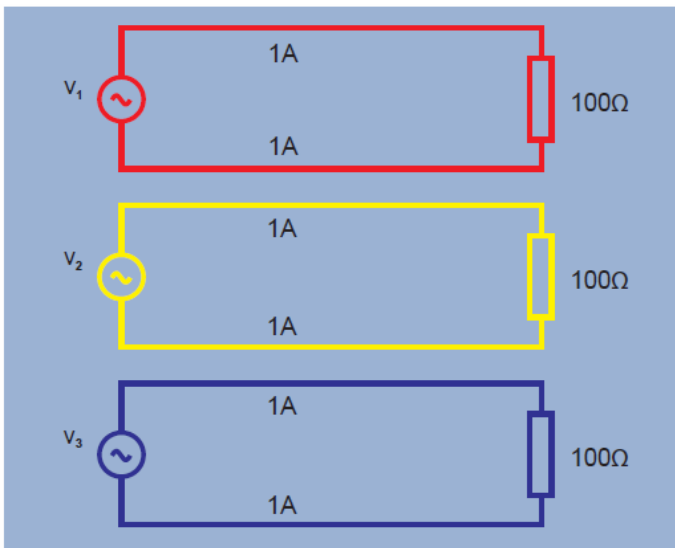


圖 3. 三個單相電源 - 6 單位損失。

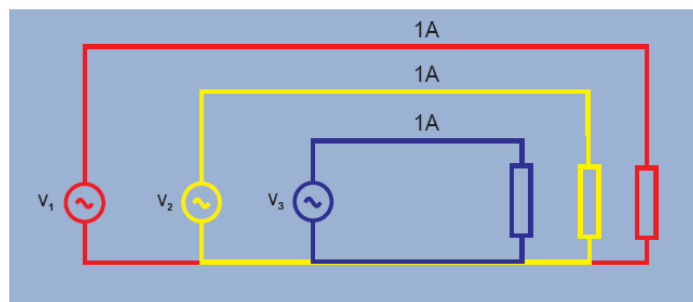


圖 4. 三相電源、平衡的負載 - 3 單位損失。

簡介

雖然一般家用和辦公室電器產品均由單相電供應使用，但世界上最常使用三相交流電 (AC) 系統來配送電源，並直接將電力供應到較高功率的設備。

此技術摘要說明三相系統的基本原理，以及各種不同量測可能連接方式之間的差異。

三相系統

三相電是由三個相同頻率和相似振幅的交流電電壓所組成。各個交流電電壓「相位」之間均相隔 120° (圖1)。可以利用圖來表示波形和向量圖 (圖2)。

下列為使用三相系統的兩個理由：

1. 可使用三向量空間電壓來產生馬達中的旋轉磁場。如此不需額外的繞阻即可啟動馬達。
2. 可將三相系統連接到負載，如此僅需要其他系統一半數量的銅 (且傳輸損失亦減半)。

若三個單相系統每一個供應 100W 到負載 (圖3)，總負載是 $3 \times 100W = 300W$ 。欲供電時，1 Amp 流過 6 條線路且造成 6 單位的損失。另一種方式，是將三個電源連接到共用迴線 (如圖 4 所示)。當各相的負載電流是相同時，負載即為平衡。負載平衡時，三個電流相位會相互間位移 120° ，任何時刻的電流總合是零且迴線中無電流。

三相 120° 系統僅需要三條線路即可傳輸功率，其他系統則需要三條線路。由於只需要一半量的銅，所以線路傳輸損失也會減半。

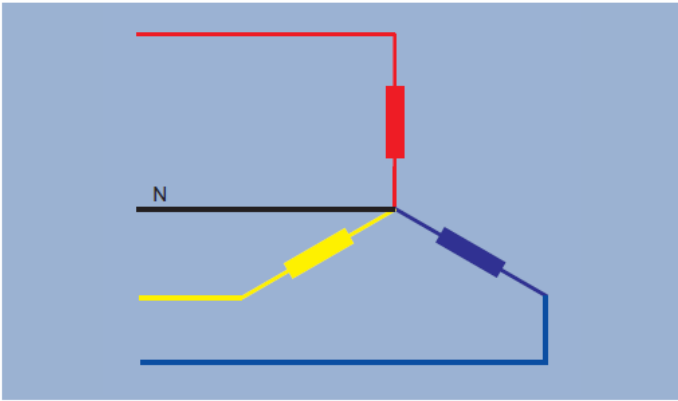


圖 5. Wye或星形連接 - 三相、四線。

Wye 或星形連接

具共用連接的三相系統通常如圖 5 所繪製，稱為「wye」或「星形」連接。

共用點稱為中性點。基於安全考量，經常會在電源處將此點接地。實務上，負載不會完全平衡，因此會使用第四條「中性」線來負載合成電流。若當地的法規和標準許可，中性導體遠較三個主導體小。

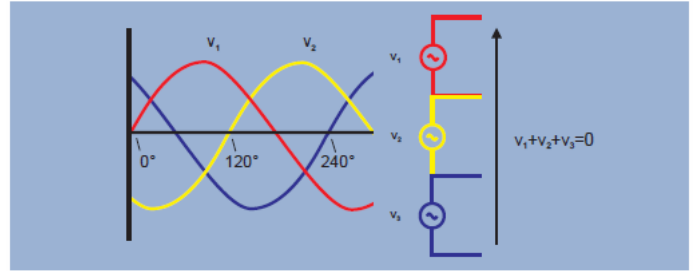


圖 6. 任何時刻的瞬時電壓總合是零。

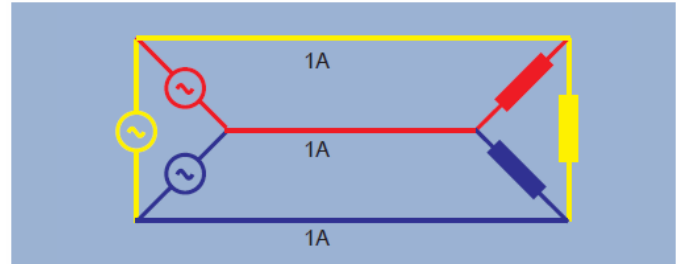


圖 7. Delta 連接 - 三相、三線。

Delta 連接

亦可以串聯的方式連接先前討論過的三個單相電源。任何時刻的三個已位移 120° 相電壓總合是零。若總和是零，則兩個端點是在相同的電位，且可以結合在一起。連接方式如圖 7 所示，稱為 delta 連接 (與希臘字母 delta (Δ) 形狀相似)。

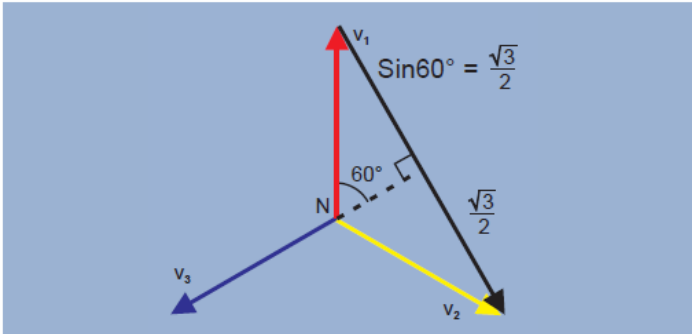


圖 8. $V_{\text{相位-相位}} = \sqrt{3} \times V_{\text{相位-中性點}}$

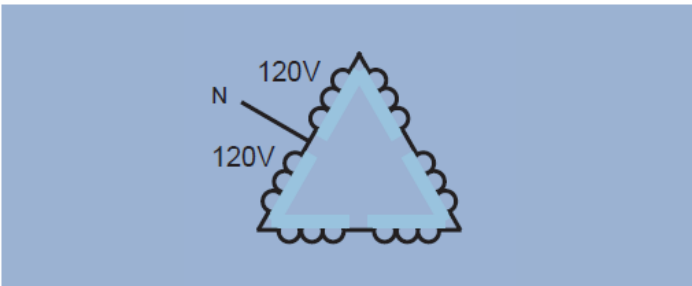


圖 9. 具「分相」或「中點分接」繞阻的 delta 配置。

Wye 與 Delta 之比較

使用 wye 配置將電源配送到家庭或是辦公室中日常使用的單相電器產品。單相負載連接到火線與中性線之間的一個 wye 接腳。各相上的總負載將會盡可能地平均分配至主要的三相電源，使其呈現平衡負載狀態。

wye 配置亦可在較高電壓時，將單相或三相電源供應到較高的功率負載。單相電壓與中性電壓是同相位。亦會提供較高的相位到相位 (phase to phase) 電壓，如圖 8 中的黑色向量所示。

delta 配置最常用於供應較高功率的三相工業負載。不過藉由連接或是沿電源變壓器繞阻「分接頭」，亦可從一個三相 delta 供應取得不同的電壓組合。以美國為例，一個 240V delta 系統可能具有分相或是中點分接的繞阻，以提供兩個 120V 供電 (圖 9)。基於安全的理由，可能在變壓器處將中心點分接接地。中心接點與 delta 連接的第三個「高腳」之間亦可供應 208V。

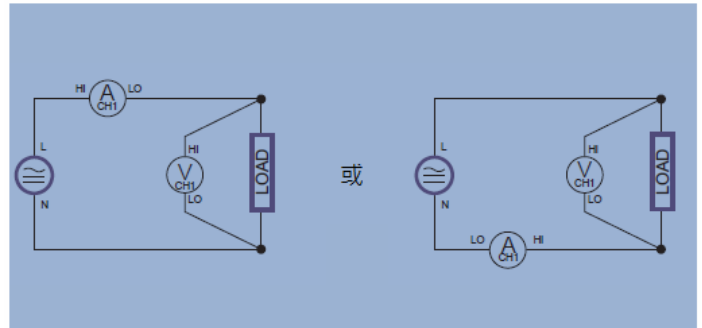


圖 10. 單相、兩線和 DC 量測。

功率量測

使用功率表來量測交流電系統中的功率。現今的數位取樣功率表 (如任何一種 Tektronix 電源分析儀)，乘以瞬時取樣電壓和電流，以計算瞬時瓦特，接著再算出一個週期的平均瞬時瓦特，以顯示實功率。功率表會精確量測出實功率、視在功率、虛功率 (VAR)、功率因數、諧波和許多其他廣泛的波形、頻率和功率因數等。為讓電源分析儀提供良好的結果，您必須能正確地識別佈線配置，並正確地連接分析儀的功率表。

單相功率表式連接

此方式僅需要一個功率表，如圖 10 所示。直接將系統連接到功率表的電壓和電流端點。功率表並聯連接在負載兩端的電壓端子，且電流通過與負載串聯的電流端點。

單相三線式連接

在此系統中，如圖 11 所示，電壓是從一個中點分接變壓器繞阻產生，且所有的電壓是同相位。這常見用於北美地區的住宅電器，可使用一個 240 V 和兩個 120V 電源，且每一個接腳可有不同的負載。欲量測總功率和其他數量，如圖 11 所示地連接兩個功率表

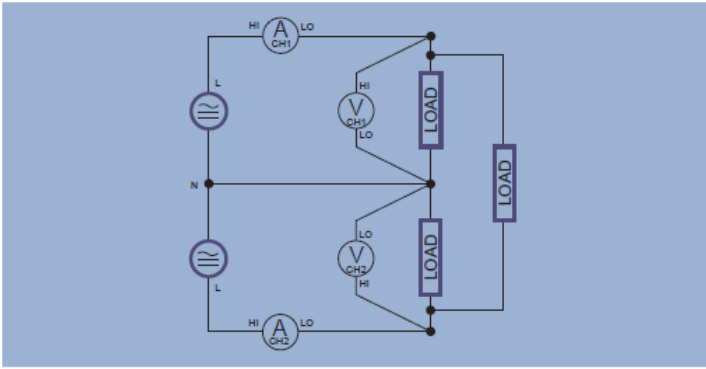


圖 11. 單相、三線。

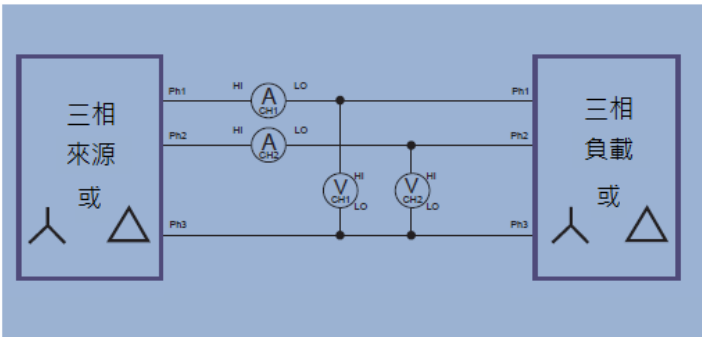


圖 13. 三相、三線、兩功率表方式。

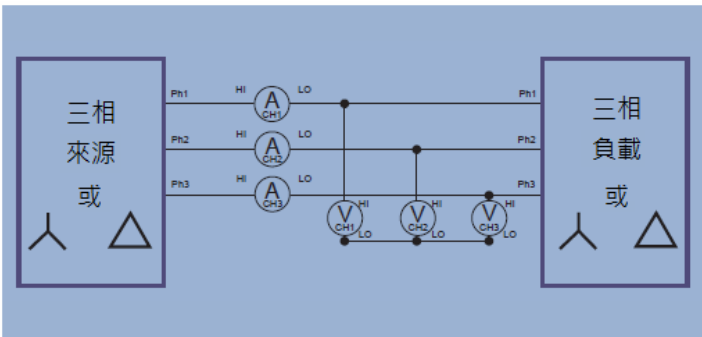


圖 14. 三相、三線 (三功率表方式，將分析儀設為三相、四線模式)。

三相三線式連接 — 兩功率表方式

若為三線配置時即需要兩個功率表來量測總功率。如圖 11 所示地連接功率表。功率表的電壓端點是相位對相位地連接。

三相三線式連接 — 三功率表方式

如前文所述，雖然僅需要兩個功率表來量測三線系統的總功率，但有時候使用三個功率表更方便。如圖 14 中顯示的連接，將三個功率表的電壓低端點連接在一起，形成一個假的中性點。

布隆代耳定理 (Blondel's Theorem) : 需要的功率表數量

在單相系統中，僅有兩條線路。使用一個功率表即可量測功率。在三線系統中，則需要兩個功率表，如圖 12 所示。

通常，需要的功率表數量 = 線數 - 1

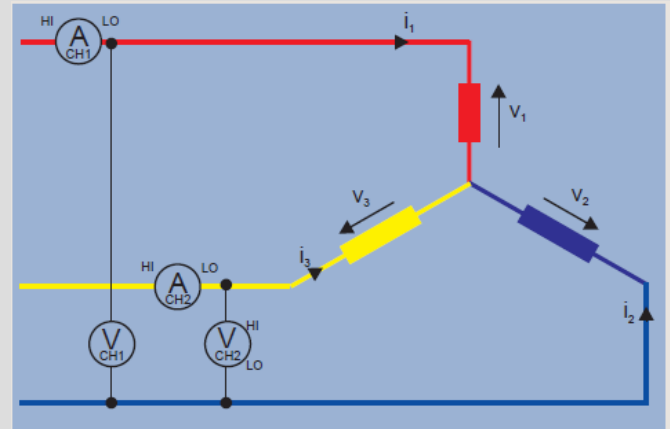


圖 12. 三線 wye 系統。

三線 wye 系統的證明

功率表測得的瞬時功率是瞬時電壓和電流取樣的結果。

$$\text{功率表 1 讀數} = i_1 (v_1 - v_3)$$

$$\text{功率表 2 讀數} = i_2 (v_2 - v_3)$$

$$\begin{aligned} W1 + W2 \text{ 的讀數總合} &= i_1v_1 - i_1v_3 + i_2v_2 - i_2v_3 \\ &= i_1v_1 + i_2v_2 - (i_1 + i_2) v_3 \end{aligned}$$

(從基爾赫定律 (Kirchoff's law) 得 $i_1 + i_2 + i_3 = 0$, 因此 $i_1 + i_2 = -i_3$)

$$2 \text{ 個讀數 } W1 + W2 = i_1v_1 + i_2v_2 + i_3v_3 = \text{總瞬時瓦特數。}$$

三線三功率表式連接具有指示個別相位功率(兩功率表式連接無法做到) 以及相位到中性點 (phase to neutral) 電壓的優點。

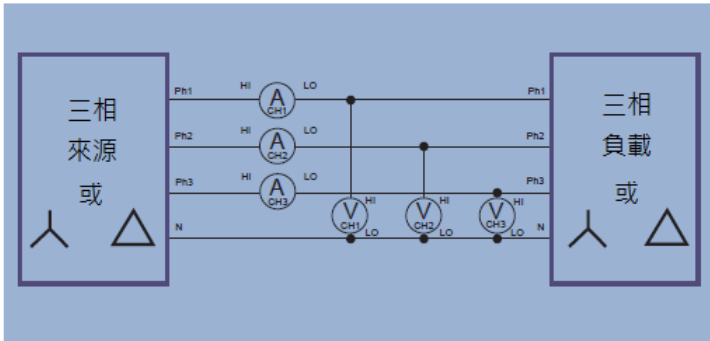


圖 15. 三相、四線 (三功率表方式)。

三相四線式連接

您需要三個功率表來量測四線系統的總瓦特數。量測的電壓是實際相位到中性點的電壓。利用向量數學即可從相位到中性點電壓的振幅和相位，精確算出相位到相位電壓。現今的電源分析儀亦會使用基爾赫定律 (Kirchoff's law) 來計算中性線的電流量。

配置量測設備

如側欄所示，針對指定數量的線路，需要 N 、 $N-1$ 個功率表來量測如功率的總量。您必須確認具有足夠的通道並適當地連接這些功率表。

現今的多通道電源分析儀，均可直接利用適當的內建公式，計算出如瓦特 (W)、伏特 (V)、安培 (A)、伏安 (VA) 和功率因數的總計或加總數量。由於是根據佈線配置來選取公式，所以對取得良好總功率量測而言，設定佈線即扮演重要的角色。具向量數學能力的電源分析儀亦會將相位到中性點 (或 wye) 數量轉換為相位到相位 (或 delta) 數量。您僅能在系統之間轉換，或在平衡的線性系統上對只有一個功率表縮放量測時使用因數 $\sqrt{3}$ 。

對執行功率量測作業而言，您必須瞭解佈線配置和正確地連接。熟悉常見的佈線系統，並記住布隆代耳定理 (Blondel's Theorem)，將有助您能正確地連接和取得可靠的結果。

Tektronix 聯絡方式：

東南亞國協/大洋洲 (65) 6356 3900
奧地利 00800 2255 4835*
巴爾幹半島、以色列、南非及其他 ISE 國家 +41 52 675 3777
比利時 00800 2255 4835*
巴西 +55 (11) 37597600
加拿大 1 800 833 9200
中東歐、烏克蘭及波羅的海諸國 +41 52 675 3777
中歐與希臘 +41 52 675 3777
丹麥 +45 80 88 1401
芬蘭 +41 52 675 3777
法國 00800 2255 4835*
德國 00800 2255 4835*
香港 400 820 5835
印度 000 800 650 1835
義大利 00800 2255 4835*
日本 81 (3) 67143010
盧森堡 +41 52 675 3777
墨西哥、中/南美洲與加勒比海諸國 (52) 56 04 50 90
中東、亞洲及北非 + 41 52 675 3777
荷蘭 00800 2255 4835*
挪威 800 16098
中國 400 820 5835
波蘭 +41 52 675 3777
葡萄牙 80 08 12370
南韓 001 800 8255 2835
俄羅斯及獨立國協 +7 (495) 7484900
南非 +41 52 675 3777
西班牙 00800 2255 4835*
瑞典 00800 2255 4835*
瑞士 00800 2255 4835*
台灣 886 (2) 26566688
英國與愛爾蘭 00800 2255 4835*
美國 1 800 833 9200

* 歐洲免付費電話，若沒接通，請撥：+41 52 675 3777

最後更新日 2011 年 2 月 10 日

若需進一步資訊，Tektronix 維護完善的一套應用指南、技術簡介和其他資源，
並不斷擴大，幫助工程師處理尖端技術。請造訪 www.tektronix.com.tw



Copyright © Tektronix, Inc. 版權所有。Tektronix 產品受到已經簽發及正在申請的美國和國外專利的保護。本文中的資訊代替以前出版的所有資料。技術規格和價格如有變更，恕不另行通知。TEKTRONIX 和 TEK 是 Tektronix, Inc 的註冊商標。本文提到的所有其他商標均為各自公司的服務標誌、商標或註冊商標。

2013 年 3 月 13 日

55T-28943-0

Tektronix[®]

Tektronix 台灣分公司

太克科技股份有限公司

114 台北市內湖堤頂大道二段 89 號 3 樓

電話：(02) 2656-6688 傳真：(02) 2799-1158

太克網站：www.tektronix.com.tw