

應用 GPS 於遠端高壓對相試驗及差流電驛測試之系統研製

Develop the system which applies Global Positioning System to confirm current phase of high voltage and test property of differential relay.

黃智賢

邱敏彥

李長興

顏世雄

Chih-Hsien Huang

Min-Yen Chiu

Chang-Hsing Lee

Shih-Hsiung Yen

維護技術部

震江機電技術顧問(股)公司

Chan-Ching Electric Consulting CO. LTD.

Chan-Ching@msa.hinet.net

工業材料研究所

工業技術研究院

Materials Research Laboratories

Industrial Technology Research Institute

摘要

本文介紹當進行高壓工程竣工前之對相試驗時，捨棄傳統另外拉通訊線，此種極不便利的方式，而使用全球衛星定位系統(GPS)的方式，應用其所發射的精確時間資訊，由地面的接收器接收後，用來產生同步的觸發信號源，然後再此觸發信號來啟動信號擷取裝置，就可在遠端的二地同時獲得電壓或電流的各種資訊(振幅、頻率、相位)。

由上述方式進行對相試驗，便可簡單快速的讓測試人員能於送電前確認相別有無錯誤。亦可利用此原理來測試差流電驛的動作特性。

關鍵詞：全球衛星定位系統、同步、電驛、對相

Abstract

This text introduces the end to end test before completing high voltage project. Forsake traditional very inconvenient method to arrange communication line and change to use Global Positioning System (GPS) method. When ground receiver receives GPS transmits accurate time information, it generates signal synchronizing and then use this signal to start signal pick up system. Under this way, two remote locations can get voltage or current information such as vibration, frequency, and phase in the same time.

You can use above methods to end to end test, and help tester to make confirm phase accuracy before release power. You can also use this method to test property of differential relay.

Keywords: Global Positioning System、synchronization、relay、confirm phase

I. 前言

差流保護電驛係監視被保護設備兩端之電流狀態，事故發生時，即會產生差電流而跳脫斷路器，如圖 1 所示。因其不需與其它保護電驛作協調，故能快速隔離故障，常被用做快速主保護。

早期受限於電磁電驛現今對於線路的故障保護方式，亦幾乎都是利用差流電驛來執行，故高壓工程竣工

前的對相測試就相對的重要。現今所採用的方式多半是利用外加一條通訊線連接兩端點，觀看兩端的電壓電流變化。但此種方式的通訊線為臨時性設置，並未有永久固定設施及警示，故於測試時需有人員看守各路口以避免人車發生危險，且一但距離過遠時，此方式幾乎不可行。而利用送電後再以差流電驛的錶頭來進行對相，就必須先閉鎖電驛的跳脫接點，此時電驛無法提供足夠的保護，故有潛在風險。

而對於線路差流電驛的測試，現今的測試方式因所需之兩端電流源無法同步，故目前的測試僅能利用線路上負載電流進行連線測試以及單機測試。此測試方法僅能知道保護電驛能否跳脫，但對於能否正確動作(例如：比率差動特性)則無法確認。且一但線路負載電流過小時，線路差流電驛之二端測試可能亦無法確認電驛是否會動作。所以本文中將詳述運用 GPS 的同步時間，在二端同時針對差流電驛送出測試信號，便可測出差流電驛的正確動作特性。

II. 線路故障與保護方式

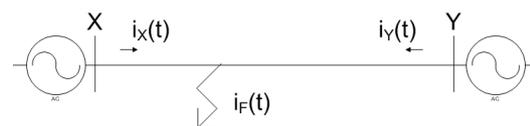


圖 1 線路內部故障圖

$$D(t) = i_x(t) + i_y(t) \quad (1)$$

其中 $D(t)$ 表示線路上的差動電流

$i_x(t)$ 表示 X 端的電流

$i_y(t)$ 表示 Y 端的電流

如圖 1 所示，在正常的情况下 $D(t)$ 應為“零”，以差流電驛而言就是二端的電流相差 180°，但當產生內部故障時，所有的電流都會流向故障點，電流的方向也因此改變[1]。

依據上述線路故障時所產生的特性，就可利用差流電驛作為線路保護方式，一般常見的差流電驛動作特性原理如圖 2 所示。[2]

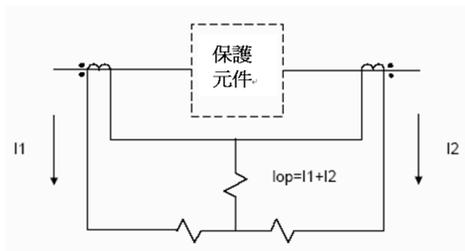


圖 2 差流電驛動作原理圖

$$I_{operate} = |I_1 + I_2| \quad (2)$$

$$I_{restraint} = k * [|I_1| + |I_2|] \quad (3)$$

其中 $I_{operate}$ 表示差流電驛的動作電流

$I_{restraint}$ 表示差流電驛的抑制電流

I_1 、 I_2 表示從二端CT取得的電流

K 表示動作特性的斜率，如圖 3 所示

線路發生內部故障時，差流電驛就會偵測到 I_1 與 I_2 ，當 I_1 與 I_2 的電流大小符合差流電驛動作特性時，電驛就會依據設定的動作時間來放斷斷路器。



圖 3 差流電驛比率特性圖

III. 對相試驗的目的

如果當近端線路上的 R、S、T 三相與遠端 R、S、T 三相並沒有同相相接時，例如遠端的 R 相接到近端的 S 相。那對於近端差流電驛的 S 相而言，它會認定遠端所連接過來的亦是 S 相，二端並無任何相位差，但事實上二端相位相差 120°。當線路上的電流為小電流(未達到差流電驛的動作點)時，並不會造成電驛動作；可是當負載量變大電流上升時，原本為正常狀態下的工作電流就會因為接相錯誤所造成的相位相差 120°，而讓差流電驛誤動作。

在竣工送電前如果能夠正確的完成對相試驗，就不會產生上述造成差流電驛誤動作的原因。且本文所敘述的測試方式是從線路上的 CT 二次側取電流信號來進行對相，如此一來就連 CT 是否接線妥當都可！並在此測試中確認完畢，如圖 4 所示。

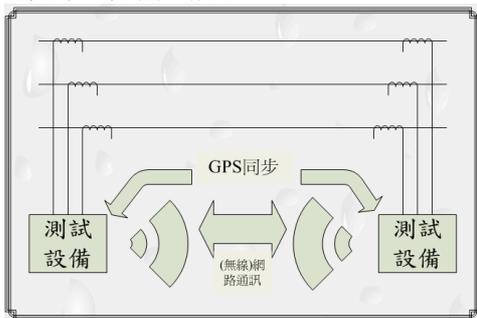


圖 4 完整測試接線圖

IV. GPS 之應用原理

全球衛星定位系統 (Global Positioning System 簡稱 GPS) 是由美國國防部發展利用衛星和無線技術應用於軍事領域、自動飛行載具、飛行船隻導航的定位系統，其提供精準定位、速度與時間等導航訊息。[3]

GPS 之定位原理是仰賴衛星傳送之無線電波來提供定位定時計算所需之電碼，全球共有 24 顆 GPS 衛星平均分佈在 6 個軌道面，每一個軌道面上各有 4 顆衛星繞行地球運轉，讓地面使用者不論在任何地點、任何時間，至少有 4 顆以上的 GPS 衛星出現在上空中供使用者使用。每顆衛星都對地表發射涵蓋本身載軌道面的座標、運行時間的無線電訊號，地面的接收單位可依據這些資料做為定位、定時、導航、地標等精密測量。這些衛星的軌道在南緯的北方 60 度角及南方 60 度角之間。所以在地球上任何的角落上，任何的時分都可接收到 GPS 衛星的訊號。

GPS 衛星以兩種 L-Band 載波 L1(1575.42MHz)與 L2(1227.60MHz)調制 PRN 電碼，傳送其導航訊息。電碼中又分兩種，一為 P 電碼(Precise Code,10.23MHz)，另一為 C/A 電碼(Coarse/Acquisition Code,1.023MHz)。P 電碼因頻率較高，不易被干擾，定位精度高，但受美國軍方管制，民間多使用 C/A 電碼。

當衛星不斷的傳送軌道運行資料和由所載原子鐘產生的精確時間資料，在地表上我們就可利用專門接收 GPS 無線電訊號的接收器來獲得衛星所發射出的資訊。

V. GPS 接收器與同步觸發之工作原理

目前製造 GPS 接收器的廠牌眾多，其中以 Motorola 的穩定性較佳，在此試驗中便選用了 Motorola 型號為 M887D 的 GPS 接收器，圖 5 為 GPS 接收器方塊圖。

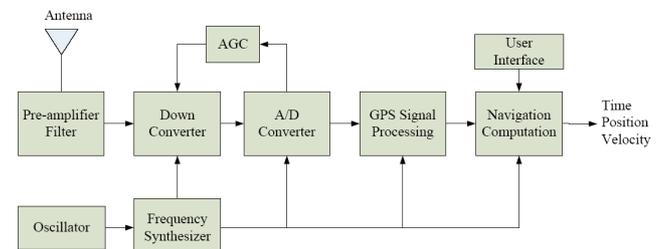


圖 5 GPS 接收器方塊圖

首先 GPS 接收器接收到衛星所發射的電碼後，GPS 接收器會將此電碼解碼，產生出時間、速度等資訊。而此時僅需利用此時間資訊作為基準，定時的產生脈衝信號來做為觸發源。當同時在不同的地方，利用上述方式擷取到的時間都是同步的，故產生的觸發信號亦可稱為同步觸發信號。

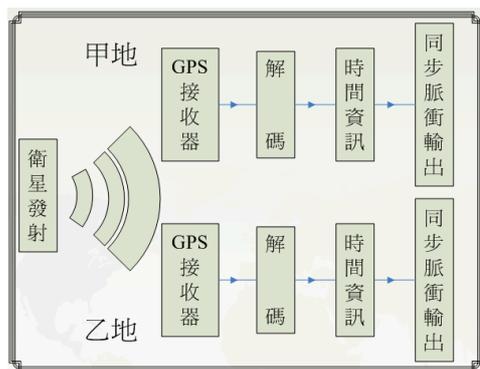


圖 6 GPS 接收至同步脈衝輸出流程圖

GPS 其實早已廣泛的應用在人類的日常生活中，例如車用的定位系統、地形地物量測系統…等等。且 GPS 的信號就如同無線電台的信號一樣，無形的散佈在空氣中，所以有取得容易且精確度又高的優點，故應用 GPS 進行對相測試是最方便、快速及準確的方式。

VI. 時間誤差的判讀

時間誤差對整個試驗來說是非常關鍵的一環。以對相試驗來說，當待測電壓或電流為固定 60Hz 的頻率，若同步脈衝產生 1ms 的誤差，就會產生約 21.6 度角的相對誤差，如此一來就會造成測試人員對於相位的誤判。

可能發生誤差的原因：(1)衛星信號的誤差 (2)GPS 接收器的誤差 (3)同步脈衝產生器的誤差。其中衛星信號所產生的最大時間誤差為 10 億分之 200 秒，也就是 20ns。[4]因為誤差量非常小，可忽略不計，但本文中仍針對完整的衛星信號、GPS 接收器與同步脈衝產生器的誤差來做量測，利用示波器來觀測最後的脈衝波形，以判讀時間誤差。

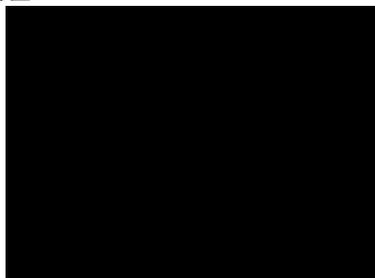


圖 7 同步脈衝波形圖(1)

圖 7 與圖 8 是於公司之實驗室進行測試。同時測量二個同步脈衝產生器經由 GPS 接收同步衛星信號所產生的同步脈衝的信號，以時間軸每格 2.5ms 來觀看，其脈衝寬為 10ms，且二個波形可說是完全重疊，沒有任何的時間誤差，如圖 7 所示。接下來放大時間軸，放大每格為 250ns，並觀測波形上升時間的位置。經過 20 次測量比對，發現 20 次中所產生的最大誤差值約為 180ns，如圖 8 所示。

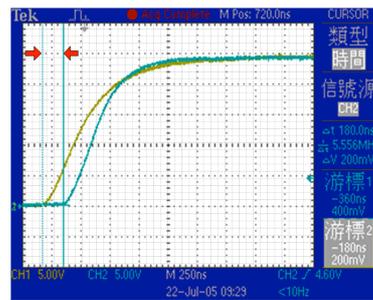


圖 8 同步脈衝波形圖(2)

以 60Hz 為基準，誤差 180ns 換算後相位約誤差不到 0.01 度角。經過上述的試驗後，可瞭解此方式用於高壓竣工前的對相測試是非常精準的。

7. 首次測試成果

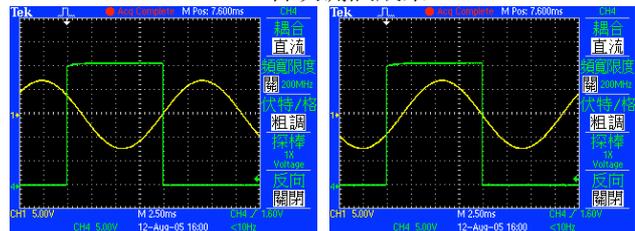


圖 9 二端所擷取之同步脈衝與電流信號波形圖

圖 9 是於竹科某半導體廠變電站與相連之台電端實際利用 GPS 同步信號與二台同廠牌同型號之示波器來進行首次測試，擷取二端之電流信號，其中綠色為同步脈衝信號；黃色為 60Hz 的電流信號。經觀察可看出二端相位差 180°，但其實二端是有些許的誤差存在，但利用示波器所儲存的波形圖是無法合成進行比對。而且僅利用示波器測量時二端的人員必須利用電話或是手機進行通訊以了解二端的相位變化，但當現場並無電話或是位於地下室內造成手機無法正常通訊時，就會變成測試時的一項困擾。所以量身訂做符合對相測試之信號擷取裝置是有其必要性的。

VII. 電壓或電流的信號擷取裝置研製

當擁有了精準的同步觸發信號，接下來就需要一個完美的信號擷取設備來進行同步的壓或電流信號的擷取。以圖 10 的信號擷取流程為設計基礎，利用軟硬體的搭配來製作信號擷取裝置。

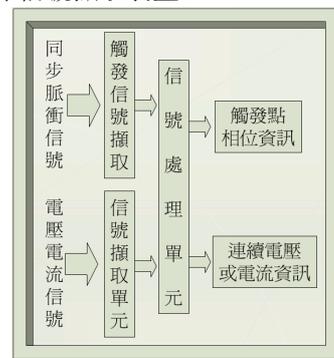


圖 10 信號擷取流程圖

如圖 10 所示，信號擷取單元連續不斷的擷取線路上的電壓或電流信號，並交由信號處理單元進行數據處

抑制區間

理，最後顯示連續的電壓或電流資訊(波形、振幅、頻率、相位)，以使用者觀看。另一端觸發信號擷取單元持續的等待同步脈衝信號的產生，當擷取到同步觸發信號，觸發信號會告知信號處理單動作區間得此時時間點上的電壓或電流的資訊(振幅、頻率、相位)。

在信號擷取的硬體裝置部份，選用了廠牌為 NI 型號為 DAQPad-6015 的信號擷取卡，軟體的撰寫則使用了 NI 的 Labview 7.1。

最後的程式流程如圖 11 所示，其中程式加入了網路即時通訊的部份，讓近端的測試人員可直接從所操作之電腦中獲得即時的遠端相位資訊。如此一來便可解決二端的測試人員需利用電話或手機通訊來確認對方相位的困擾。

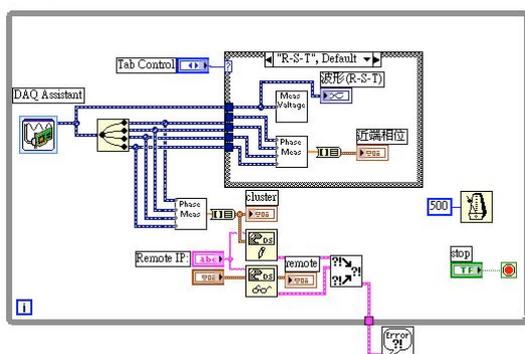


圖 11 信號擷取程式圖

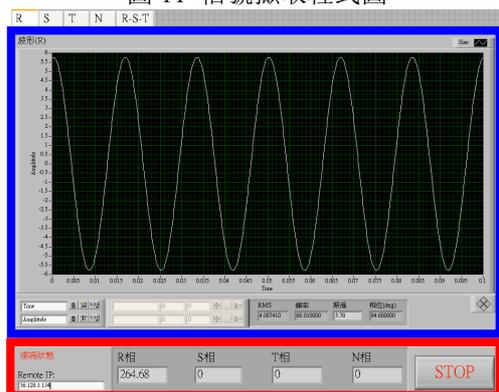


圖 12 軟體測試畫面

在完成整個裝置的研製後，又至首次測試的相同地點進行一次試驗，測試結果如圖 12 所示，在畫面中藍色的框框表示近端的波形以及相關的數據資訊，紅色的框框表示遠端的數據資訊。在測試時信號擷取裝置當接收到同步脈衝信號，軟體會立即暫停在此瞬間並進行數據儲存的動作，而測試人員也會立即在軟體的畫面中看到當時的各項波形及數據資訊。以此次的試驗來看，近端的相位顯示數據為 84.6°，遠端則為 264.68°，相差了 180.08°。

VIII. 差流電驛動作特性試驗

運用 GPS 同步的原理，此時將信號擷取裝置換成電驛測試器。利用二台相同廠牌型號之電驛測試器進行測試，當電驛測試器接收到 GPS 所產生之同步脈衝信號時，電驛測試器就會自動執行相同程序的故障測試。二端電驛測試器因同步信號觸發的關係，就可同時對二端的線路差流電驛輸出故障電流，正確的模擬線路上的故

障電流。

利用二台線路差流電驛於本公司實驗室進行測試，最後將測試結果數據用 EXCEL 製成圖 13，與差流電驛原廠的資料[5](圖 14)比對。

傳統測試差流電驛的方式僅能測試出單機的動作是否正確，而此種測試方式就能真正的模擬產生出線路上有可能的故障情形，無論是內部故障、外部故障、接地故障或相間故障都可進行模擬，最終就能確認完整的差流電驛保護動作特性。

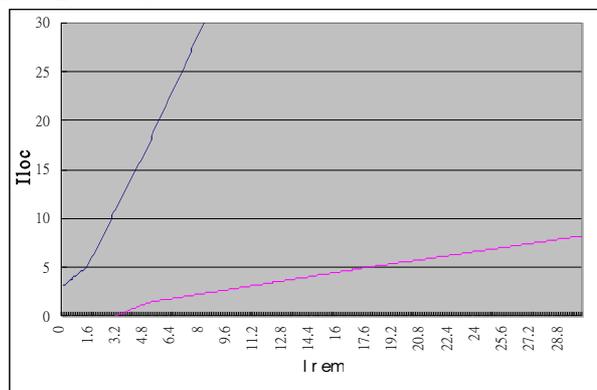


圖 13 差流電驛實測結果圖

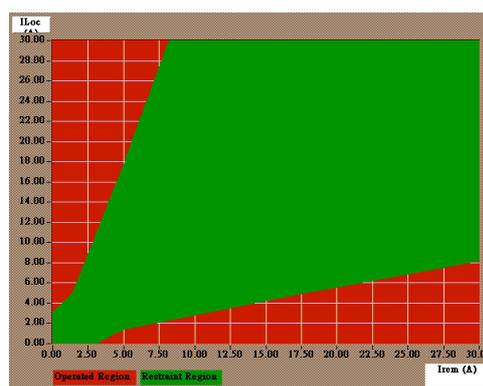


圖 14 差流電驛動作特性實際圖

X. 結論

如以原理來說，無論是高壓對相試驗或是差流電驛測試，應用 GPS 的同步時間來進行測試，與傳統的測試方式相比更為實用、精確、便利且快速。且經由本文中所敘述之實際測試驗證，確定這樣的方式已能完全取代傳統的測試方法。

IX. 誌謝

感謝在各項試驗期間，震江機電技術顧問股份有限公司的全體同仁熱情的支持。另外也謝謝顏世雄老師的協助與輔導。

參考文獻

- [1] A. T. Johns and S. K. Salman: 'Digital protection for power system' (United Kingdom, 1995.)
- [2] M. G. Adamiak G. E. Alexander and Dr. W. Premerlani: 'A New Approach to Current Differential Protection for Transmission Lines'(New Hampshire, USA, 1998)
- [3] B. W. Parkinson and J. J. Spilker: 'Global positioning system: theory and applications' (AAAI, USA, 1996.)

- [4] E. D. Kaplan: 'Understanding GPS: principle and Application' (Artech House, London, 1996.)
- [5] GE Multilin: 'L90 Line Differential Relay UR Series Instruction Manual' (Canada, 2005.)