

淺談數位式電驛

盧光常

亞東工專電機工程科

一、緒論：

近十年來數位式保護電驛(簡稱數位式電驛)的技術上有相當長足的進展，且也為一般使用者所接受，除了精確的保護功能之外，其所具備的諸如可調整設定、定選定之動作時間特性、通訊、控制、故障資料儲存與重現、以及隨系統運轉條件主動適應調整設定的功能等等，已使得傳統的保護觀念為之改變。就傳統的動鐵式(Electron-mechanical)保護電驛而言，有一些準則是必須考慮的：可靠度、速度、選擇性、經濟性等等。上述的準則對於數位式電驛而言仍是通用且非常重要，除此之外，也因數位式電驛的功能強大，要建立保護系統時要同時考慮到其他的因素，以期在設置後能與現有系統結合或是以利日後的擴充。其中主要的因素可歸納如下：

- (1)受保護設備或系統之保護需求。
- (2)設計者的習慣及現行保護系統的規格限定。

- (3)配合廠商的支援能力。
- (4)保護電驛所提供的功能及所需的操作環境。
- (5)維護的需求。
- (6)日後系統擴展的需求。

基於上述的說明，本文中將以傳統動鐵式電驛及數位式電驛就其功能、特性、甚至於維護上的需求做個比較說明，使讀者能有一概略性的認識，以利於工作上的參考應用。

二、數位式電驛的發展

數位式電驛的觀念奠基於60年代末期，之後隨著計算機工業的發展而突飛猛進，由最先的計算機電驛、數字式電驛(或可稱之為固態電驛)、微處理機型的數位式電驛、整合型多保護功能的數位式電驛，直至今日整合量測、監控、通訊及保護功能於一身的智慧型電子裝置(IED)，目前數位式電驛在市場上已居主流位置，而且也帶動了傳統保護觀念的改變。

在最早的計算機電驛發展時期，主要是以在計算機上以軟體的方式來模擬動鐵式電驛的保護功能，以當時的條件而言，建立受限最大的是軟體的執行速度，在將連續的類比信號數位化之後，要使計算機電驛能在下一筆資料進入之前完成程式運算及故障判斷是相當困難的。在全數位化不可行的困難下，採用高速的硬體功能來輔助或是直接設計全硬體的固態式電驛為當時的驅勢之一。

隨著電子技術的發展，微處理機型的數位式電驛逐漸問世，圖一所示為一般典型的微處理機型數位式電驛的基本架構，其各部份的基本功能分述如下：

(1) 信號轉換電路：

將來自於比壓器或是比流器的電壓、電流信號轉換成類比電路有能力處理的電壓信號，一般其振幅均在正負10V以下，其中也包含了濾波器電路去除高次的諧波信號，以避免造成數位演算時的誤差。

(2) 類比對數位轉換電路(A/D)：

此一電路主要的功能係將類比的電壓信號轉換成數位信號，再傳送至中央處理單元或是微處理機來運算。其中因應多組電壓或電流信號的來源，均會有多工器的設計，同時為使擷取的信號穩定，也都有取樣保持電路的設計。

(3) 中央處理單元(CPU)：

中央處理單元為主要的資料處理、運算

及故障判斷的核心，一般為單晶片微處理機(microprocessor)，如有高速資料處理的需求，亦可能有數位信號處理器(DSP)的配置。

(4) 記憶體(Memory)：

一般可分為程式記憶體及資料記憶體兩部份，程式記憶體的部份為存放演算法程式的位置，為了日後維護上及程式版本更新的需求，通常會以EPROM來構成；資料記錄體的部份則是存放程式運算的資料、擷取信號的數位資料、以及電驛的設定值等，而依據不同的資料型式，所採用的記憶體亦有不同，例如存放運算或是擷取信號資料的記憶體可能以RAM (random-access memory) 來構成，而存放設定值的記憶體會以EEPROM (electrically erasable programmable memory) 或是其他可讀寫的記憶體來構成。

(5) 控制信號介面：

控制信號介面的任務係將中央處理單元的數位信號轉換成接點控制信號，以提供斷路器跳脫及其他的控制需求。

(6) 人機介面與監視器：

此二部份為提供操作人員觀察或設定電驛設定值的操作環境，而監視器的另一個功能為提供量測的需求，例如電壓表或電流表。

(7) 通訊介面：

通訊能力為數位式電驛所具備的強大功

能之一，由遠端控制中心利用通訊可以遙控電驛，諸如讀取或更改電驛的設定值、讀取電驛的記錄資料、遙控電驛發出控制信號使斷路器閉合等等，均可由通訊介面來完成。

初期微處理機的運算能力仍不甚強大，在程式設計上尚無法全面的滿足保護程式的設計需求，在當時的發展以模擬動鐵式電驛之功能為主，而整體的保護系統架構仍未有改變。

隨著微處理機的發展及電子電路技術的提升，微處理機強大的運算能力已能滿足傳統保護功能的需求，甚至於行有餘力可組合更多的保護功能在一體之內，因此多功能的保護電驛亦逐步地開發出來，而且在觀念上也逐漸的突破傳統保護觀念的束縛，諸如更具有更多組時間動作曲線的電驛可供保護協調的需求、更靈敏且高速的保護電驛以利特殊的需求、更寬廣的保護區間、新保護功能的電驛開發、多組設定值且具主動適應功能的電驛均不斷的問世。

直至今日，整合了保護、監控、量測及通訊的數位式電驛，再稱其為保護電驛似乎不太合宜，新的名稱或許可為其功能下一個較佳的註腳：智慧型電子裝置(IED)。今日的IED不再與傳統電驛一般是一單純的任務執行者，搖身一變，變成了電力系統的監控者，其強大的資料擷取、記錄、分析及判斷的能力，已使排除故障

的時間大為縮減；其控制及通訊的能力，可以使IED隨著運轉條件的改變或主動或被動的改變其設定，以期做到最佳化的保護，而且可選定的多保護功能電驛以及愈來愈小的積體電路技術，均使在實際應用上可大大的降低裝置的空間需求。除此之外，今日的微處理機型數位式電驛及技術及能力又有大幅的進步，也使得傳統保護電驛無法完成的保護功能可以在數位式電驛中實現出來。如今，電力系統控制與運轉中所需更多的系統資訊、更強大的控制能力、更嚴格的空間限制、更長的維護週期及更低的維護成本等等的要求，均使得傳統的動鐵式電驛顯得力有未逮，但是對於多功能IED而言，上述的要求條件是極容易達成的。

三、動鐵式電驛與數位式電驛的比較

動鐵式電驛之性能特性是非常明確的，而數位式電驛除了能完全模擬出傳統式電驛的所有功能之外，而且具備了更大的工作溫度範圍、更縮短保護協調所需的時間間隔、更強大的計時功能、更廣泛且可調整的始動值設定、更佳的頻率響應特性、極低的電驛負擔以及可選擇的參數設定功能。不過動鐵式電驛仍有目前數位式電驛無法達成的優點：對電磁干擾及雷擊有較低的靈敏度，甚至於對於系統中不可預測的暫態條件亦有較佳的抵抗力。以上

所述的任一條，件對於電力系統保護設備的選用而言均是需慎重考慮的，以下分項說明兩者之間的差異。

(1)保護協調的能力

從保護協調的觀點出發，當故障發生時，那一個保護電驛會先動作？那一個斷路器應該先動作以隔離最小的故障區域？是保護系統在設計時的重要考慮因素之一，此一部份為保護系統選擇性所要求的功能。以配電線路為例，在同一迴路的前後衛保護電驛之間，適當的時間間隔是必要的，此一時間間隔主要的是考慮電驛的容許誤差、變比器的性能誤差以及斷路器跳脫所需要的動作時間等等，而且在應用動鐵式電驛的場合中，特別是使用感應圓盤式過電流電驛的場合，受故障電流驅動的感應圓盤，並不會因故障電流的消失而立刻停止動作，而仍會依其慣性而再上前衝一段距離，此一現象稱之為慣性轉動(over-travel)。數位式電驛不會有慣性轉動的問題，因為電驛的動作時間特性，系由演算法的運算結果來決定，所以在前後級保護電驛的時間間隔要求即可降低，在完全使用數位式電驛的場合中，其前後級的時間間隔甚至於降低至0.01秒（視斷路器跳脫時間而定）。此一結果不但可提供更佳的保护條件，亦可使電力系統有更好的運轉性能。而且數位式電驛的多組設定值的功能亦能做到不需增加額外的組件或電驛

來達到瞬跳的功能，而且也可使電驛工作在最佳的動作時間特性區間內。

(2)工作環境需求

首先就工作溫度而言，一般標準的動鐵式電驛的工作溫度範圍是在攝氏-40度至55度之間，而數位式電驛則可工作在攝氏-40度至+70度之間的溫度範圍內，甚至於可以更高。此一特性對於惡劣的工作環境而言是相當有利的，相對的也是數位式電驛的優勢，更進一步的，若是擔心因環境溫度的激烈變動，數位式電驛亦容易採用環境溫度控制的技術，以使其具備最佳的操作環境，當然這也是動鐵式電驛不易做到的。

其次考慮工作環境的需求，一般電驛均安裝在變電站或發電廠的控制室之內，現場工作環境大都是比較惡劣的，諸如灰塵、噪音、濕氣、震動、電磁干擾等等。而不同的現場因素，對動鐵式電驛及數位式電驛會有不同的影響，以動鐵式電驛而言，灰塵、濕氣、震動等會有較大的影響，可能造成電驛的特性改變、接點接觸不良或是腐蝕、甚至於無法正常的動作。因此動鐵式電驛對於定期檢測的依賴度很高；相對的，數位式電驛因構造上的特性，對於上述的因素較不受影響，但是卻對電磁干擾的抵抗力較低，若無適當的管制，可能造成數位式電驛的誤動作。不過此一問題也獲得普遍性的共識及適當的因

應方法，所以影響不大。

上述的說明，可以獲得一個初步的結論：對工作環境的條件要求而言，數位式電驛優於動鐵式電驛。

(3)多樣化的動作特性

時間動作特性對動鐵式電驛而言是依其設計之鐵心電磁特性而定，動鐵式電驛會使用一組或多組可變的線圈以及可調整的鐵心來產生動鐵式電驛所需的電磁力矩以及動作時間特性，因此動鐵式電驛的動作特性一般來說是固定的，當面對不同電力設備的保護需求或是保護協調的需求，同一保護功能的電驛，需要有多種不同動作特性的電驛來提供選擇。對數位式電驛而言，電驛的動作時間特性則取決於程式演算法的計算結果，這提供了更高的精確性以及動作時間曲線的多樣性，如此在實用上可以簡化同一保護功能電驛的型式，且可提供更多的動作特性以因應不同的保護需求。

(4)可靠度

保護系統的可靠性一般的要求是當故障發生時，保護電驛需適時適地的動作以清除故障，但是不該動作的電驛則亦不可因故障訊號而誤動作。動鐵式電驛在可靠度方面的評價是很高的；對數位式電驛的演算法程式而言，如果程式設計良好，當不會有誤動作的情形發生，因為其基本的

保護功能與動鐵式電驛相同，不過在程式設計時難免會產生一些“臭蟲”，如果在測試時未能及時發現，則電驛的保護功能將會受到不可預測的影響，一般的數位式電驛在設計時會以EPROM來儲存程式，一旦日後有所需要時可以立即更新。此一補救之道也提供了另一種優勢：保護演算法則可以隨著科技的發展而隨時更新。

(5)變比器的負擔

在設計保護系統時，變比器的負擔是考慮的重要因素之一，特別是比流器。傳統動鐵式電驛的負擔對數位式電驛而言是相當高的，而且還會隨著電驛設定的改變而改變，再遇上電壓或是電流信號需要提供給多個動鐵式電驛使用時，更要仔細地計算負擔值以選用合適的變比器，若是負擔超出變比器的額定值時，就需要再裝置第二組的變比器了。因此在動鐵式電驛的應用場合，不但電驛的阻抗值需斤斤計較，其與變比器之間的連接導線也受到了嚴格的限制。

數位式電驛因其具有輔助電源之故，故負擔是極低的，一般在1VA以下。因此，此優勢對於使用在低精度的變比器場合是相當有利的，而且也同時降低了變比器數量上及經費上的需求，在此一方面極具有經濟性。

除上述的比較之外，數位式電驛尚有其他動鐵式電驛所沒有的功能：

(1) 量測能力

精確的量測能力為數位式電驛的基本能力之一，所以數位式電驛能同時整合量測儀表於一體。

(2) 故障記錄

數位式電驛在平時是執行監視的任務，受保護設備在正常運轉的情狀下，數位式電驛仍不斷的擷取電壓或是電流信號；當故障發生時，電驛可立即偵測到故障發生，並儲存斷路器跳脫前適當時間內的所有資料。相較於動鐵式電驛只能顯示動作的電驛，此一功能對於故障原因的分析與判斷是極為寶貴的。

(3) 系統監控能力

如前所述，數位式電驛具備了通訊介面，而通訊能力使得遠端的控制站可以讀取或更改電驛的設定值，配合系統運轉條件的改變而改變保護電驛的設定。舉例來說(以轉供為例)，當系統的運轉條件改變時，此時電驛的設定值應隨運轉條件的改變而變，如果是動鐵式電驛的話就需要派員至現場進行電驛設定的更改，如果是使用數位式電驛的話，則此一動作即可由控制站的資料傳遞來完成，可以快速的完成變更設定值的動作，而且也可以大大的節省人力的需求。

(4) 主動適應能力

如果數位式電驛的核心為資料處理及保護邏輯演算法，那麼注入數位式電驛靈魂的是電驛設計工程師。如果數位式電驛能依設計之程式穩定的運作，是否可以要求其隨時偵測系統的運轉條件，而主動的調整其本身的設定值或是保護的範圍，以達到隨系統運轉條件在因故障、擾動或是其他因素改變時而自動調整？對於系統運轉條件的改變而言，上述所提到的轉供尚是單純的例子，假設有一輸電網路因故障至使一條輸電線跳脫，此時原先分配在此一輸電線的負載電流會重新分配到網路的其他線路上，如果此網路的過電流保護設計未將分攤負載的因素考慮進來，而單純地以滿載條件來設定過電流電驛的話，則上述的情形極易造成其他線路的電驛因過載而誤動作，如果再失去一條因誤動作而跳脫的輸電線，其他輸電線的供電壓力定會更顯沈重，如果再帶起連鎖反應的話，則系統全黑的情形就可能不可避免了，而且整個過程可能僅是短短的數秒鐘之內就完成了。上述的情形在保護設計時應當同時與輸電線的供電極限一併考慮進來，但是如果不幸發生的話，即使值班人員及時發現，也很難有足夠的時間能夠反應，大都只有眼睜睜的看它發生了。

上述假設的情形如果保護電驛具備主動適應的能力，可以因應輸電網路條件的改變，在輸電網路的安全範圍內自動調整其設定值，則可以避開系統崩潰的情形，

此種觀念已被廣泛的提出，而且以數位式電驛的能力而言，要實現之並非難事，較困難的是要如何辨別系統的變動且安排合適的設定值。此一方向目前已成爲業界及學界努力的目標，相信在不久的未來就會有相當不錯的成果被提出來。屆時也可能再帶動起一波新的保護觀念。

(5)自我診斷能力

爲了確保保護電驛在使用期間的正確功能，適當的維護是絕對必要的，而電驛的維護週期則依使用者的需求而定，大部份的電驛製造商對於電驛的定期維護會提供少許指導性的方法，一般傳統電驛每年均會對其所設計的功能進行一次的測試以確認其功能，但近幾年來爲了降低人力的需求以及維護的成本，電驛的維護週期也面臨到檢討的時機了。

動鐵式電驛在使用上是有極高的可靠度，標準的損壞率大約是一年1%左右。當數位式電驛出現之後，更多的使用者希望能增長定期維護的時間週期以降低成本，而逐漸的採用數位式電驛，主要的原因是數位式電驛因具有自我監視及自我診斷的功能，因此數位式電驛並不需要定期檢測，而一旦數位式電驛出現故障的情形，其電驛本身亦會出現警告訊號以通知值班者更換其受損的零組件即可。

四、結論

中華民國八十八年十二月

上一節中說明了數位式電驛與動鐵式電驛之間差異並比較兩者之間的優缺點，均在在的突顯出數位式電驛在使用上的優勢，所以在目前的電驛市場中，數位式電驛已居於主流的地位，傳統動鐵式電驛雖在使用上仍爲多數，數位式電驛的使用者卻快速的增加當中，也就是說國內在電力系統的保護、監控上即將邁入數位化的階段了。

數位式電驛沒有一絲的缺點嗎？相信此一問題的答案不會是完全肯定的。因爲數位式電驛的內部主要硬體結構爲積體電路，而積體電路與電磁結構的動鐵式電驛而言肯定是相對的脆弱，而且對雷擊的抵抗力亦是極差。不過電子的技術目前是一日千里，相信在不久的將來，一定可以解決此一強健性的問題。

五、參考文獻

1. D. L. Rosen, R. E. Cosse, J. Bowen, N. T. Stringer, T. R. Malone and B. Wood, "Do You Want to Put All Your Relay Eggs in One Basket?," Petroleum and Chemical Industry conference, 1998. Industry Applications Society 45th Annual, pp.195-205.
2. Computer Relaying, M. S. Sachdev (Coordinator), IEEE Tutorial Course Text.

Publication No. 79 EH0148-7-PWR, July 1979.

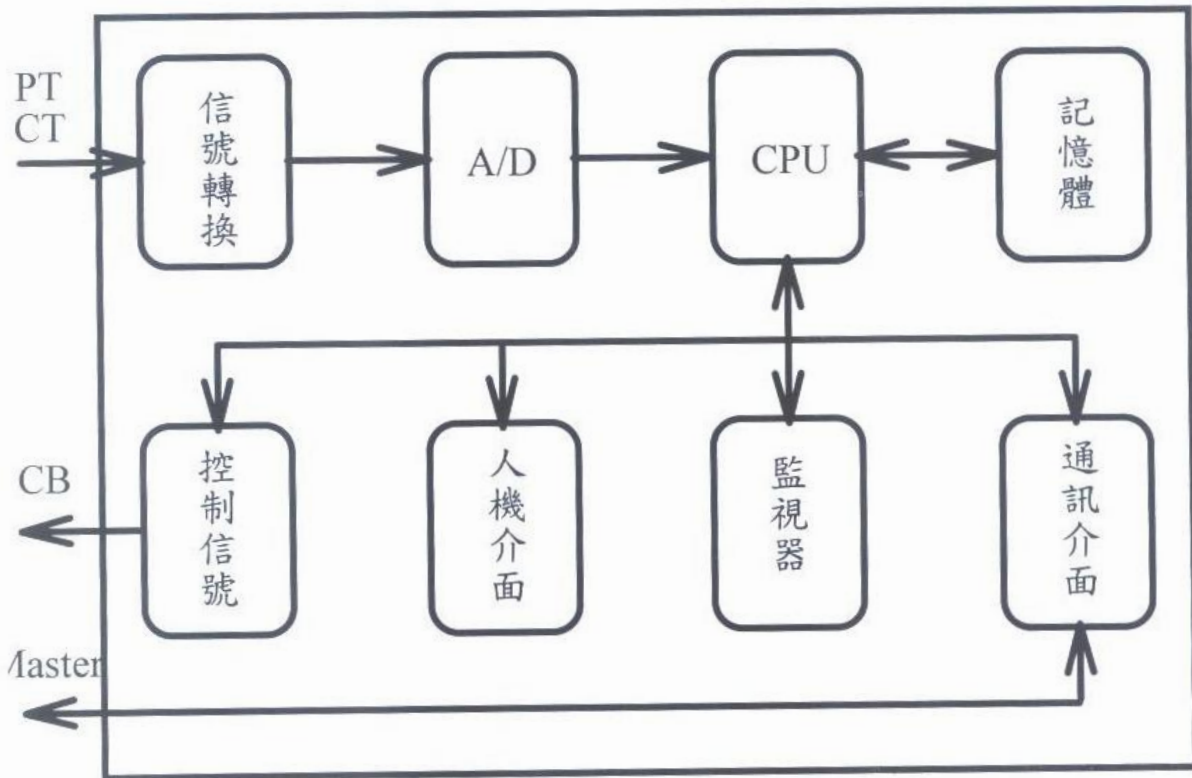
- 3. Microprocessor Relays and Protection Systems, M. S. Sachdev (Co-ordinator), IEEE Tutorial Course Text. Publication No. 88 EH0269-1-PWR, July 1988.

4.陳金印，何兆榮，”智慧型電子裝置簡

介，” 中華民國電驛協會會刊第八期，頁45~52。

5.李河樟，”談保護電驛維護週期，”中華民國電驛協會會刊第八期，頁53~62。

6.工業配電，譚旦旭，曾國雄，高立圖書有限公司，中華民國87年第四版。



圖一 微處理機型數位電驛之硬體架構