

無線電波

對保護電驛干擾之探討

張永榮
台電電力調度處



一、前言

無線電通信(Radio Communication)發展至今已有百年歷史，它是藉由收發射機設備，利用電磁波信號作為傳遞，自天線經空間路徑的大氣鏈(包括地波、對流層波和電離層波)來完成。

首先追溯到西元 1864 年蘇格蘭數學家、馬克斯威爾(J. C. Maxwell)，所提出的電磁波傳送理論。西元 1887 年德國物理學家赫芝(H. Hertz)，利用快速振動的火花加以實驗證明。到西元 1897 年馬可尼(G. Marconi)橫跨大西洋兩岸，完成了無線電通信工作，開啓了二十世紀無線電時代的來臨。

銀行電匯作業，電話會談，家庭中電腦內變動的股市行情，傳呼機、行動電話，其它在軍事、太空、商業上的應用，再次

說明今日社會已進入到資訊(Information)時代，人們每天生活在資訊的浩瀚中。無線電科技發展一日千里，我們無法想像在這個社會裡，假若沒有了無線電通信，會是個怎麼樣的情況。

二、事故實例

無線電通信帶給世人的便捷是值得大家肯定，他改變了人們生活環境，提高了人們生活水準，但無線電干擾對人們的影響，確是值得大家一起來重視，俗語說：『水能載舟、亦能覆舟』就是這個道理。今提供事故實例說明如下，希望對保護電驛有興趣的朋友們，能有更深一層的體認和了解。

1、安南事故

民國 80 年 7 月 8 日安南變電所發生 DLS 型差流電驛動作，引起 1510 CB(Circuit Breaker)跳脫事故。當時僅頻道故障指示器(Channel Failure)有警報指示，但事故自動記錄示波器並未動作，這顯示被保護線路並未真正發生故障，極有可能是 DLS 型電驛誤動作。本人偕同仁銜命前往現場調查真相，我們模擬電驛各項功能試驗，結果均屬正常，並切換光纖頻道，亦不致引起電驛誤動作。

同年 9 月電力研究所、通信中心和電驛專家們會同到現場再次進行會診，在調查過程中發現，當靠近電驛盤面附近使用無線電手機，會引起電驛誤動作現象。這真是『踏破鐵鞋無覓處、得來全不費功夫』的最大收穫。事後據廠商來文回覆，在國外保護電驛室裝有監控系統，嚴防任何閒雜人等進入，並絕對禁止在距離靜態電驛(Solid State Relay)盤面三公尺以內使用無線電手機。

2、小北事故

民國 86 年 6 月 5 日，小北變電所在做例行性直流電源充電機切換時，發生 DLS 型差流電驛動作，引起 1520 CB 跳脫事故。隔天 6 月 6 日又受到午后雷擊，同樣引起 1520 CB 連續三次動作事故。目前改善方法

是在 DLS 型電驛前，另加裝瞬時過電流電驛，做為故障前置偵測用，以防止類似事故的再度發生。

民國 86 年 12 月 23 日小北變電所，由於 1 號主變壓器二次側電纜頭髮熱，欲將負載切換至停電中的 2 號主變壓器時，在操作瞬間引起 1510 CB 之 DLS 型差流電驛動作。

三、事故分析

你知道無線電通信因嚴重的雜訊干擾，使得效果大打折扣，常被人解嘲為(HAM)，即為“火腿族”一辭的來源。「火腿傳知音、天涯若比鄰」，可知在天空各個角落存在無數的干擾源。

86 年起類似的干擾事件，年年增加，日日嚴重，已影響到用戶電力品質，在此分析事故原由，以提供大家參考防範。

- 1.無線電波頻率與保護電驛用之頻率，使用時過於接近。
- 2.無線電波產生的信號強度，遠大於保護電驛所使用的信號強度。
- 3.直流電源漣波比(Ripple Ratio)過高，較容易引起直流電壓輸出的異常現象。
- 4.直流電源供給器的瞬間切換，容易造成雜訊干擾。
- 5.天候狀況不良(雷雨交加時)，對保護電

驛易產生重大干擾影響。

- 6.操作 CB 時，易引起開關突波，經過地網進入保護電驛，促使接地電位的上升，如地網接地不良，後果更嚴重。

四、無線電頻譜

無線電波無遠弗屆，其所使用的頻譜被視為國家一項重要資源。由於目前通訊頻率尚未正常化、合法化，故一般超高功率的發射機，其所發射出來的無線電波信號，易產生干擾，造成空中大塞車現象，影響層面包括警政、航空、廣播，甚而使得電力系統中的保護電驛也受到嚴重干擾，這是一項值得大家共同來探討的問題，為應付年年增加的通信量，有兩個最有效的方法。

第一、穩定頻率。限制每一頻道所佔的頻寬，使電波不會產生相互干擾。

第二、開發更高頻帶。不容許頻譜有被浪費現象。

通常無線電波頻譜，具有下面五個特性：

- 1.它是無形、無色、無味的，但卻時時存在我們四周圍。
- 2.其價值因我們使用而增漲，但它卻不能儲存。
- 3.使用方便，隨時隨地均可利用它。

- 4.使用時具有獨占性和排它性。

- 5.通信市場具有持續成長，但頻譜資源卻是有限。

所以對一個高度發展的國家，如何善用頻譜，如何管理得當，將會是一門很大的學問。你知道在本世紀結束前，我們利用衛星行動電話，將『全球無限電波均到達』的美夢呈現，使得每個人都有一只手機，有一個號碼，不管你走到天涯海角都能聯絡到你，這是『地球村』理想的實現。

五、頻率分配

為了使電波不相干擾，每一種電波都有特定用途，具有一定頻率範圍，通常分為兩類(參考表一所示)：

1.聲頻(Audio Frequency)：其範圍從 15 Hz 到 20 kHz 間。

2.射頻(Radio Frequency)：其範圍從 20 kHz 到 3,000 GHz 間。

在細分無線電頻率，可由特低頻(VLF 從 3 kHz 到 30 kHz)到絕高頻(EHF 由 30 GHz 到 3,000 GHz)，共分為七個波段。我們常聽的 AM 廣播是較適合在白天的當地通信。而 FM 廣播則較適合晚間長距離通信。電視頻率就落在 VHF 和 UHF 波段處，通信信號完整而不易衰減。

以上整體頻帶的使用和分配均經國際

認可，通常低頻、長波長無線電波的傳播沿地表行進；高頻、短波長無線電波的傳播則沿直線行進，各波段均具有其傳播特色。

六、頻道干擾

頻道(Channel)干擾問題可區分為下面三類來說明：

1.同頻道干擾(Co-channel Interference)，通常增加頻譜效益，而採用相同頻道的重覆使用情況。

2.相鄰頻道干擾(Adjacent Channel Interference)，是相鄰近的頻率過於接近，所產生的一種信號干擾現象。

3.遠近頻道干擾(Near-Far Interference)，不同遠近的基地台通信，由於傳輸信的強弱大小不同，常引起的一種干擾現象。

通常無線電波干擾可發生在任何頻率範圍，現以輻射干擾的來源和它們所影響的頻率範圍為例，以提供大家做為參考(如圖表二所示)。

七、干擾來源

隨著電子設備的不斷增加，產生一種不必要的無效電能—雜訊(Noise)干擾，通常在傳輸的過程中，『信號』是我們想要的，

而『雜訊』是我們所不需要的。一般在強弱信號區域的邊緣帶，較容易出現高雜訊的干擾源。通常影響通信系統的干擾有四種來源，即大氣干擾、太空干擾、人為干擾和內部干擾。現分別述說如下：

1.在自然界方面：

(1)大氣干擾是大氣中電的亂流所引起的，產生的變動很不規則，雷電即是最好的證明。在一天中，大氣干擾發生最低的時刻是從日出到中午這段時間內。

(2)太空干擾主要來自太陽和宇宙間的銀河星系，太陽表面溫度高達攝氏六千度。當太陽黑子活動時，其發射出來的干擾影響就會很大。

(3)自然表面的海嘯、地震脈動，也是干擾的重要來源。

2.人為方面：

(1)人為干擾是每個人都有的經驗，也都能親身體會到。例如：日光燈、吹風機的使用，都是干擾的來源。另外工廠、鋼鐵廠、電視遊樂器、電動玩具店，都是不可忽視的干擾源頭，它會影響住宅區、商業區、工廠區、大都會區的生活品質。

(2)內部干擾是本身主動和被動元件所引起，由於在物質以下的微觀粒子，做不斷擾動所形成，其現象又可分為以下兩大

類。

a.熱干擾(Thermal)。以電阻為例、電子和正離子通常均可分佈在整個電阻體積中，做不規則性的運動，因此在電阻兩端會出現電位差，我們稱它為熱電阻雜訊(Thermal Resistor Noise)，其公式表示如下：

$$V_n = 4KTR_{df}$$

b.撞擊(Shot)干擾。在半導體的結合區是由電量中的載子(Carrier)，即電子與電洞(Hole)，由結合區的一邊被加速滲透通過結合面的另一邊，這時所引起的干擾。

八、無線電波干擾的演進

作者在求學時代，曾裝置簡易型礦石收音機以自娛，並組合五燈超外差式收音機、無線電收發射機做為探討。在 50 年代的戒嚴時期，這項學習工作是被限制的，不是普通人能玩的遊戲，當時要以在校學生實習為由，向警備總部備查，所以我對五十年來無線電演進留有深刻印象。

無線電波干擾其實也有它的演變歷史過程，通常我們以每十年為一階段，在各項設備上均會呈現出新的改變，現分別述說如下：

1.第一代---寧靜時期(Peaceful Period)

我們以 1950 年前後做為干擾的初期，

所使用的電子元件是以礦石檢波器，真空管為主，並以電燈、電熨斗為簡單的電化產品，當時的電驛結構以電磁型電驛為主，所以產生的干擾機率都非常低，可以不予考慮。

2.第二代---干擾時期(Disturb Initial Stage)

是以 1950 年至 1960 年的十年間為一段落，這時電子元件是以真空管、電晶體為主，大量的家電產品問世，包括日光燈、電子鍋、冰箱、洗衣機、電視機、Hi-Fi 音響等。電驛則以電磁式為主，配合 JY 型、FD 型真空管做為電力載波的主要保護方式，因此干擾拌隨而來，這時期的干擾問題我們不得不加以重視。

3.第三代---干擾入侵期(Disturb Invade Period)

到 1970 年的十年間，這時以開發高性能的電晶體、IC 為主。電子設備產品有立體聲、卡式收音機、電化產品、電聯車、機械人等問世。我們在收聽電台廣播時，最容易遇上“雜訊”的存在，當汽機車經過時，我們的收音機總會發出與汽機車同步點火系統雜音。在觀看電視機時，一架飛機經自家上空飛過，電視常會出現忽隱忽現的影像畫面，這是“雜訊干擾”入侵的象徵。這時電驛保護方式是以方向比較

式及相位比較式出現，引起大家普遍的關注。

4.第四代---重視干擾期(Careful Disturb Period)

進入 1980 年的十年間，LSI 元件的出現，這時小型電腦、微電腦、光電通訊的數位設備不斷增加，保護電驛運用趨向於靜態型和固態型電驛，導致干擾類別和層級的提高，這時不得不對干擾格外重視。

5.第五代---干擾改善期(Improve Disturb Period)

到 1990 年十年間，超大型 LSI 出現，微電腦應用更為普及，使用在攝影機、傳真機、電話、文書處理機、伴唱機和視聽等設備中。微處理機式電驛出現，將以往類比方式轉變成數位方式，設計時已將干擾問題一併考慮，使得干擾問題得以改善和降低。

6.第六代---干擾縮小期(Reduce Disturb Period)

到本世紀 2,000 年前的十年內，大容量的記憶體問題，以 CD-ROM 為主的設備，包括動畫壓縮音響及各種媒體的重放系統，有著驚人的進步，固體化的封包媒體不斷創新，使得電腦式電驛雜訊減小，結

構簡便，並可節省功率，具有超小型化的功能。

九、保護電驛的發展

保護電驛在電力系統上扮演著重要角色，電驛是沉默的哨兵，它無怨無悔的站立在系統上，做為電力設備的保護“神”，是為現代的「千里眼」和「順風耳」。當系統上發生任何風吹草動，均能迅速偵測出問題所在，並適時將事故予以快速隔離。不過隨時代的演變，這位忠實的哨兵(保護電驛)，也要更新裝備，所佔的位置也要調整一下。

保護電驛從以往使用的電磁型電驛，進而演變成靜態型電驛及固態型電驛，由於科技的不斷進步和廣泛應用，而有今日的微處理機式電驛、電腦電驛的出現，均有著驚人的快速發展。在重要線路上，我們使用一套或兩套以上的靜態型電驛做雙重保護，並以載波(Carrier)、微波(Microwave)、光纖(Optic Fiber)做為通訊頻道的信號傳送。

你認為這些現代化的新裝備，是否更有看頭，更能保護電力系統的完善性，茲將資料整理如表三所示。假若運用上能配合通信衛星的優越條件，將會「站」得更高，「看」得更遠，「動作」也更準確，那

將是未來二十一世紀最大的科技突破，讓我們視日以待這項理想的實現。

十、干擾的防範對策

保護電驛設備和其相關周邊設備，都是由一些常用的電路元件所組成，在高頻工作下、或位處於電磁波幅射的環境中，其所產生的附加雜訊干擾是無法避免的。這種干擾當闖入到保護電驛內，將會破壞電路元件，產生與原來不同目的地的結果，影響工作的順暢性，造成動作不確實，引起判斷不可靠，會使發電機跳機，輸配電線路停電，使得設備受損，嚴重時危害人、機安全，所以我們對此不得不加以防範和抑制。(參考圖一所示)

干擾一旦由某一部位進入到設備，就會以此為根據點，向四面八方竄擾，形成禍害，造成損失。為有效防止干擾，我們首要措施在能消除干擾源，其次是減少雜訊可能傳輸的路徑，最後對受到竄入的雜訊干擾處，予以有效消除。依作著多年來的工作經驗，簡述下面五點對策做為參考，還望各位前輩不吝給予指教。

1.加裝屏蔽對策：

依據干擾源的不同，可分為磁性屏蔽和電磁屏蔽兩種，屏蔽的目的地是將幅射能

限制在一定範圍內。屏蔽材料通常是利用簡單的金屬板、條帶和網線等，加工製成所需的形狀、然後再行安裝。通常屏蔽材料效果較佳者，其反射與吸收功能就愈佳。我們將電驛的四周以屏蔽來做保護，將是解決干擾最可靠的方法。

2.採行濾波器對策：

充份利用濾波器的特性，將雜訊與所需的信號分離開。所以我們一方面阻止雜訊的侵入，另一方面信號在傳輸的過程中減少對雜訊的干擾。

3.零件對策：

盡量使用高性能特性的零件，這些零件不易產生雜訊干擾。當然適切的零組件配合佈線，也是很重要的方法。

4.地線對策：

建立一個理想接地平面是零電位、零阻抗實體，它能提供電路上所有信號的參考電位，所以一個理想接地點間是沒有電位差。近來在電器產品上均有綠色的專用接地線，具有對雜訊干擾的處理，並避免觸電情況的發生。

5.保護電驛用 CT、PT、DC、設備電纜、控制電纜及通信電纜等。請使用遮蔽型電

纜(Coaxial Cable)和光纖電纜，以取代傳統一般性電纜。

十一、結論

電力為工業之母，電力為國家的經濟櫥窗，電力對國民生計有著重大影響。通常電力要做的好，保護電驛不可少。而無線電干擾是二十一世紀最頭疼的問題，我們對此要格外重視。

無線電波就像擋不住的洪流，環繞在我們四周圍。而現在的人生活中帶“電”的比重也越來越大，如大哥大、Call 機、電子郵件…等，引進各種不同類型的雜訊干擾，無孔不入的加諸在保護電驛設備上，

縱橫千里。有來自電源線、訊號線、地線所傳導進入，也有由電場、磁場、靜電場所反應出來的輻射雜訊，這些均變成人人喊打的“討厭鬼精靈”。

88 年度起，台灣地區將陸續有多家民營發電業者加入運轉。屆時電力系統將到達空前龐大的多元化網路組成，其共通性的接點與大地發生密切關係，其暴露在廣大空間中的輸配電線路和設備，將無可避免引進(吸收)大量雜訊干擾，我們的工作和責任因此更加繁重。希望對電驛有興趣的朋友們，共同參與開發，灌溉滋潤這塊的新天地，讓保護電驛做的更好，使得我們電力系統更有保障。

無線電頻帶的區分 (表一)

中文簡稱	英文簡稱	頻 率 範 圍	波 長 範 圍
特低頻	VLF	3~30 千赫(KHz)	100~10 公里
低 頻	LF	30~300 千赫(KHz)	10~1 公里
中 頻	MF	300~3000 千赫(KHz)	1000~100 公尺
高 頻	HF	3~30 兆赫(MHz)	100~10 公尺
特高頻	VHF	30~300 兆赫(MHz)	10~1 公尺
超高頻	UHF	300~3000 兆赫(MHz)	1000~100 公分
極高頻	SHF	3~30 秭赫(GHz)	10~1 公分
絕高頻	EHF	30~300 秭赫(GHz)	1~0.1 公分
		300~3000 秭赫(GHz)	0.1~0.01 公分

雜訊干擾的傳輸路徑圖 (圖一)



輻射干擾 (表二)

來 源	頻 譜	大 小
雙穩電路 諧振產生器 電熱器的熱開關 觸點電弧	15kHz—400MHz 30MHz—1000MHz 30kHz—300kHz 20MHz—200MHz	200 μ V/m/kHz
開動器 馬達 開關電弧 凸輪	10kHz—400MHz 30MHz—200MHz 10MHz—20MHz	
DC 電源 開關電路	100kHz—30MHz	
設備的外殼 未處理的入口蓋子	10kHz—10MHz	
日光燈 電弧	100kHz—3.0MHz	1000 μ V/m/kHz
多工調制器 固態開關	300kHz—500kHz	
電力控制架 電路-斷電器凸輪觸點	10MHz—20MHz	
電力開關裝置	100kHz—300MHz	
電力控制器 電力線	50kHz—4.0MHz	
斷續器，斷電器，雙穩電路	10kHz—200MHz	

保護電驛、方式及通信頻道設備 (表三)

