

載波電驛

測試及其運用

◆張永榮

一、什麼是載波電驛：

電驛是用以高速而確實的清除故障區，減少系統上各種設備受損，用以確保其供電可靠，通常是利用電流、電壓、阻抗、頻率溫度等的變化，使得電驛產生動作。

在 161KV 及 345KV 各重要長距離線路上，藉高頻信息利用電力線來工作，以達到更具快速性、可靠性的一種保護方式，我們稱它為載波電驛保護。

二、載波電驛在系統保護中所佔的角色：

載波電驛在輸電線路上佔有極重要地位，它做為系統之主要

保護用。在電力系統正常運轉下，它是不會動作的，當系統遭遇到天然災害，自然劣化或人為疏忽等原因，所產生的不正常現象，電驛均能做有效的動作，將故障隔離，以減輕設備受損。這時偵測事故的尖兵就是載波，所以載波電驛是結合電子和電機的一門重要學問，載波運用於此就好比中國神話故事中所說的順風耳和千里眼，在保護範圍內，系統上有任何風吹草動，它都能一目了然，適時做出動作把它排解出來，因此載波電驛是尖端科技，新時代進步的一種產物。

在台電系統中，載波電驛使用數量由民國 47 年的 12 套，增加到目前有四百套以上，由當時 JY 型、FD 型的真空管式，進步到現在電晶體、IC、LSI 的使用，並由簡單的線路進入到複雜、精密式回路。最近幾年來由於電腦、微處理機、數位技術的進步，更達到體積小，操作簡便，經濟、快速、可靠性的要求，使今後保護、測量、自動化為一體，這種用 pilot channel 來做保護方式，其進步是永無止盡。

三、閉鎖系統與非閉鎖系統

我們想要進入載波電驛的領域，就必須對閉鎖系統和非閉鎖系統有所了解。高頻信息在電力線上工作，當接到對方事故信號，有兩種表示方式：

(一)使電驛閉鎖不動作，稱為閉鎖系統(Blocking System)。

(二)使用的電驛動作，稱為非閉鎖系統(unblocking System)。

在台電 161kV 系統由 WH、GE 公司出產的載波電驛，均使用 Blocking System，而 345kV 系統中 Blocking System 和 Unblocking System 兩者均有使用。

四、方向比較式和相位比較式：

正常信號和事故信號是如何分別？我們可採取兩種方式來說明：

(一)方向比較方式(Directional Comparison)：

(圖一)所示因故障地點的不同，故障電流方向便有所不同，對 B 變電所 D 線路而言，F1 在其保護範圍內，是屬內部故障，故障電流流向故障點，是由右往左流；另一事故發生在 F2，同樣對 B 變電所 D 線路而言，是屬外部故障，故障電流是由左向右流，剛好與前述相反，因此故障點不同，故障電流方向便不同，利用載波信號便易於分辨出。

(二)相位比較方式 (Phase Comparison)：

(如圖二)所示：它是利用故障時的電壓，每半週送到對方與對方電壓相位比較以判別之，當事故發生在外部時，由 Pilot Channel 接收到 F 信號經 RG 電路與由 Network & Squaring Amplifier 信號，一起在 AND G2 電路相比較，兩者信號相反故無輸出，所以沒有跳脫信號，(參照圖三左邊所示)，當事故發生在內部時，在 AND G2 有跳脫信號輸出，促使斷路器動作(如圖三右邊所述)。

五、載波電驛種類與分佈：

在 161KV 和 345KV 重要線路上均採用之，161KV 採用 TC、TC-10A、TC-10B、CS - 27A、CS - 27B、CS - 27C 型，345KV 採用雙重保護，因保護電驛所負責任重大，故在 EHV (超高壓系統) 均採兩套保護設備，防止其中一套故障不動作時，有另一套可及時作補償，其所司工作如下：

第一套保護：又稱主要保護 (Main Protection) 是由靜態電驛

所組成，簡稱 S/S Relay，使用載波機組種類，包括 TCF - 10、CS - 26B 型等。

第二套保護：又稱後衛保護 (Back-up Protection) 是由電磁型電驛所組成 (Electromagnetic)，簡稱 E / M Relay，使用載波機組種類，包括 TC-10、CS-27C 型等。

順便一提在 345KV 系統中，兩套設備 AC、DC 均獨立分開，以提高其供電可靠性。在台電之東西幹線，以 69KV 系統連結，在萬大、銅門、龍澗、花蓮等發變電廠所，也是使用載波電驛為其主要保護，可見載波保護之重要性。

六、載波系統組成：

輸電線路標準四區間電驛保護方式 (如圖四) 所示。載波電驛保護是屬主要保護，其系統組成包括：

(一) 電驛組群：

(1) 使用設備

(a) 50-1：過電流偵測電驛，

KC-4。

(b)21Zp/2：載波相間測距電驛，KD-4。

(c)21Zs：載波啓動測距電驛，KD-41。

(d)85：載波補助電驛，KA-4包括元件如下：

瞬間過電流元件 I_{os} ，接收電驛RR，警報電驛AL，補助元件CSP CSP。

(e)85N載波接地電驛，KRD-4包括元件如下：

方向性元件D，瞬間過電流元件 I_o 。

(f)2：延時電驛，TD-2,RPM。

(g)附屬設備包括：

Aux Relay 補助電驛。

載波閉鎖開關，85-CO(Carrier Lock Switch)。

載波測試開關，85-TS(Carrier Test Switch)。

(二)、動作原理：

(a)相間故障保護(50+21Zp/2)

。在保護區間內發生相間事故時，測距電驛KD-4動作

，經載波補助電驛KA-4檢定，確認故障發生在本線段內，立刻使斷路器跳脫，將其故障隔離。如故障發生在次一線段50%內，KA-4不動作，KD-4在故障延續20 Cycle後，仍可使斷路器動作跳脫。所以載波電驛保護範圍為本線段全部，並兼做次一線段50%之後衛保護，又為避免PT電壓瞬間不良引起誤動作現象，故在KD-4前串接一只過流偵測電驛KC-4。

(b)接地故障保護85N。在本線段保護範圍內，發生接地故障時，方向性載波接地電驛kRD-4動作，並經載波補助電驛KA-4之檢定確認，後即刻於將斷路器跳脫，使其故障隔離。

(三)、載波組群：

(1)使用設備：

(b)線路調階器(Line Tuner)為載波機組與輸電線路間，當載波信號經過得以匹配。

(c)洩放線圈(Drain Coil)主要對60Hz，產生 Bypass 作用。

(d)耦合電容器(Coupling Copacitor)因為電壓高頻率高，以電容做為連結。

(e)陷波器(Line Trap)為一並聯諧振，使低頻暢通無阻，高頻不易通過。

(f)同軸電纜(Coaxial Cable)做為信號傳遞用。

(2)動作原理：

(a)外部事故—在保護線段範圍外發生事故，則本線段之 21S 載波啟動電驛動作發出信號，使對方 KA-4 載波補助電驛之 RRH 被 Holding，因此當接收到對方事故信號，使電驛閉鎖不動作，是為閉鎖系統。

(b)內部事故—在保護線段範圍內發生事故，被本線段相間測距電驛和接地電驛測得，加上 KA-4 載波補助電驛之

確認，動作 RRT 達成跳脫作用，使故障隔離。

七、載波控制回路

(一)、載波停止(Carrier Stop)

。參考(圖六)所示，其動作回路如下：

$$\begin{aligned} N1 &\rightarrow \frac{21S}{4} \rightarrow \frac{21S}{2\phi} \rightarrow \frac{21S}{3\phi} \rightarrow \frac{21S}{5} \\ &\rightarrow \frac{85}{18} \rightarrow \frac{85}{19} \rightarrow \frac{85Co}{C.ON} \rightarrow \frac{85}{C.TS} \rightarrow \\ &\rightarrow \frac{85}{8} \rightarrow \frac{85}{9} \rightarrow Z8, \end{aligned}$$

進到載波機組為一"N"電壓，故載波信號是在停止不動作狀態。

(二)載波啟動(Carrier Start)

當前述停止回路中，有任何一個串聯接點被開啓，則"N"電壓無法到達“Z8”點，而"P"電壓會從P1

$$\rightarrow \frac{85}{6} \rightarrow \frac{85}{9} \rightarrow Z8, \text{ 進到}$$

載波機組使得載波發射信號，一方面經 Z1與Z2 將信號經同軸電纜傳遞到對方。

另一方面

$$Z9 \rightarrow mA \rightarrow AL \rightarrow RRH \rightarrow \frac{85}{5} \rightarrow N1$$

構成回路，使得mA有電流指示，AL動作，使 $\frac{SG}{L}$ 去動作

Bell，及圖六右邊所示之 $\frac{SG}{L}$ ，

這時L動作(Lamp發亮)。RRH Coil動作，使得跳脫回路被閉鎖，這就是Blocking System。

(三)載波跳脫(Carrier Tripping)

在內部事故時，載波機沒有接收到信號，KA-4載波補助電驛之RRH沒有電流通過，其動作回路如下：(參看圖七)。

相間故障：

$$\frac{50-1}{10} \rightarrow \frac{50-1}{2} \rightarrow \frac{21Zp/2}{10} \rightarrow A1 \rightarrow \frac{85Co}{ON} \rightarrow \frac{85}{20} \rightarrow CSP \rightarrow \frac{85}{3} \rightarrow NA。$$

接地故障：

$$\frac{85N}{10} \rightarrow Do \rightarrow \frac{85N}{3} \rightarrow \frac{85Co}{ON} \rightarrow \frac{85}{2} \rightarrow CSP \rightarrow \frac{85}{3} \rightarrow NA。$$

因故障動作載波補助電驛 CSP 及 CSG 激磁，使得 CSP 和 CSG 接點閉合(參看圖六)，其回路如下：

$$\frac{85}{6} \rightarrow RRT \rightarrow CSP \text{ 或 } CSG \rightarrow \frac{85}{5} \rightarrow N1$$

，故 RRT 激磁後使 RRP 與 RRG 接點閉合，正式完成其跳脫回路如下，(參看圖七)。

相間故障

$$1P \rightarrow \frac{50-1}{10} \rightarrow \phi、1\phi2、\phi3$$

$$\rightarrow \frac{50-1}{2} \rightarrow \frac{21\frac{9}{2}}{10} \rightarrow \phi-\phi \text{ 或 } 3\phi \rightarrow A1$$

$$\rightarrow \frac{85Co}{ON} \rightarrow \frac{85}{20} \rightarrow OI \rightarrow \frac{KA-4}{RRP} \rightarrow \frac{85}{10}$$

$$\frac{52}{a} \rightarrow \frac{52}{Tc} \rightarrow 1N。$$

接地故障

$$1P \rightarrow \frac{85N}{10} \rightarrow Do \rightarrow Io \rightarrow \frac{85}{1} \rightarrow \frac{85}{4}$$

$$\rightarrow RRG \rightarrow \frac{85}{10} \rightarrow \frac{52}{a} \rightarrow \frac{52}{Tc} \rightarrow 1N。$$

KA-4 電驛是用載波來判別是否要跳脫，其中 RR 接收電驛元件它是用直流來極化，由 RRH 和 RRT 兩線圈組成。如 RRH 通電、其接點 RRP 與 RRG 保持開啓，如果 RRT 通電，則 RRP 與 RRG 接點閉

合，允許跳脫動作，如果 RRH 與 RRT 同時通電，則 RRP 與 RRG 仍是被開啓狀態，主要目的 RR 元件之動作以 RRH 為主，這點是非常重要的。

八、載波機組介紹：

目前使用在系統上的機型很多、很複雜、也很進步，載波機組是載波電驛保護的主角，圖八為常用 TC 型內部接線圖，其主要部份由電源、發射、接收三部份組成，其動作功能介紹如下：

(一)、電源部份：由 125V 直流輸入，PL1 指示燈做為輸入電源的監視，經一只串聯型態的電晶体 Q1 來提供直流電壓整流器，在 TP1 與 TP2 轉換成 45V DC 輸出，供給收發機各部份電源用，當沒有輸出電流要求時，平常只有一非常低的 standby 電流，在 Z1 保持一定量基極負電壓，Q1 和串聯電阻 R1 與 R2 的直流壓降，維持在 45V 的輸出，Z2 做為 Q1 集極與基極的介面保護，以防止突波電壓，而 C1 跨接於直流輸出電

壓上，做為低頻率載波的阻抗，C2 與 C3 為旁路電容器，將 RF 或態電壓由此到地，避免危害到電晶体電路。

(二)、發射部份：它是由振盪級、緩衝放大級、驅動級、功率放大級組成，另有二個濾波器，晶体振盪器接在 Q101 的集級和 Q102 的基級，為一串聯諧振，Q102 的輸出經電容器 C102、C103 和 C112 回授到 Q101 的基級，因此提供晶体用振盪頻率。

振盪器輸出經由 R112 激發緩衝放大級電晶体 Q103，它可改變 Q103 射極電路的直流準位，控制發射機 key 的輸出，當一直流電壓加到載波啓動端 104 之 6 或 7 腳時，直流 45v 正電壓經過 R117，然後到發射板之 Z101，在 Z101 上有 20VDC 加到電晶体 Q103，致使載波信號發射，載波測試開關 SW101 亦同樣可提供信號傳遞。

當內部故障產生，載波被迫停止傳送停止信號，從保護電驛

RR 構造觀察，停止信號較載波啟動信號優先，直流電壓加到 J104 端之 8 或 9 腳，將會使 G3Keying 一端呈負 DC 電壓，使得載波停止發射。

緩衝輸出，到驅動級經濾波器 FL101，再到 T104 輸入變壓器，由 Q107 和 Q108 提供 B 類推挽放大器，功率放大器經 T105 到輸出濾波 FL102，再利用 50 OHMS 的同軸電纜及相關設備將信號傳送到對方。

(三)、接收部份：它是由輸入濾波器，衰減器(增益控制)、本地振盪器、混波器、三級中頻放大器及其濾波器、二極檢波器、直流放大器、直流功率輸出器等組成。

固定的輸入濾波器，只允許特定頻濾通過，排除不想要的信號，接收器的靈敏度可由 R207 調整，接收器的振盪基本上和發射機的振盪相同，此振盪頻率高於進來信號頻率 20KHZ，利用超外差原理處理。

20KHZ 中頻信號經三級放大，到 D201 和 D202 整流，此直流輸出經電晶 Q207 和 Q208 放大，提供 200MA 接收輸出電流到 J104 之 2 腳電驛控制電路，用以動作 AL 和 RRH 及補助電驛(Aux Relay)等。(可參考圖六及其說明)

(四)、機組之規範:

- (1)電源為 125VDC 在正常狀態有 0.25Amp 消耗，在發射時有 1.1Amp 消耗。
- (2)發射機頻率範圍從 30KHz 到 200KHz 間。
- (3)輸出功率達 10Watt、40dB (負載電阻 50Ω~70Ω)。
- (4)輸入功率 125mv 即可得到最小輸出電流 180ma，電壓值為 25VAC。
- (5)選擇度 3dB 為 1500Hz，80dB 為 6000HM 時。
- (6)信號輸入可變電阻之調整範圍為 0 到 15dB±15%。
- (7)溫度範圍從 -20°C 到 45°C 間。

(8)濕度範圍在40°C為95%
以下。

(9)起動方式有二方面：

(a)以載波機阻之試驗
開關 SW101 送正電
壓起動。

(b)以保護電驛 21ZS 或
85 之接點啓斷負電
壓起動。

九、載波電驛測試：

(一)載波機和電驛盤面間的接
線如(圖九)所示。

(二)靜態測試：

(a)利用500V直流之Megger表
做同軸電纜的絕緣試驗，在
環路電阻每100公尺應低於
1歐姆，絕緣電阻其心線對
地需在5MΩ以上，遮蔽線對
地需在1MΩ值以上，才算合
格。

(b)以三用表測試電驛盤之Z5
與Z6之電阻值，約為7400
歐姆。

(c)各點對地之絕緣值應在20
MΩ以上。

(三)動態測試：

(a)測試Z3、Z4、Z5與Z6各為輸
入與經開關後之輸出電壓1
25VDC值。

(b)測試TP1與TP2間有45VD
C機組電源用。

(c)TP102與TP104為載波啓
動電壓20VDC。

(d)TP201與TP202為本身振
盪電壓0.3VAC。

(e)發射輸出為射頻。

(四)保護線路兩端互測，收送信號
應為直流220ma為標準。

(五)必須做閉鎖跳脫試驗。
(Blocking Trip Test)以確
保載波信號與電驛跳脫相
配合。

(六)附錄表一為發射機與接收
機各部份之標準直流電壓
值，提供參考。

十、載波電驛運用及其應注 意事項：

(一)載波電驛運用

參考圖十，當 B 與 C 變電所間發生故障，線路斷路器(Circuit Breaker)動作之情況如下：

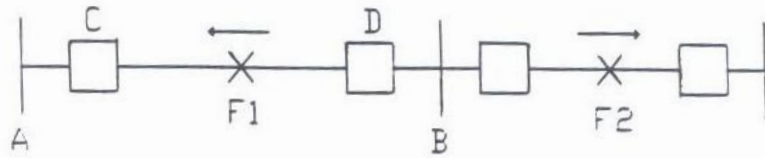
- (a)對CB3與CB4而言屬內部事故，CB3與CB4間之載波電驛收發射機均不動作，故兩端保護電驛均動作，適時將CB跳脫。
- (b)但對CB2與CB5而言屬外部事故，被其21ZS (載波啓動測距電驛)偵測到，分別發射信號(Blocking)閉鎖，給對CB1與CB6告知將其電驛閉鎖不跳脫。

(二)注意事項：

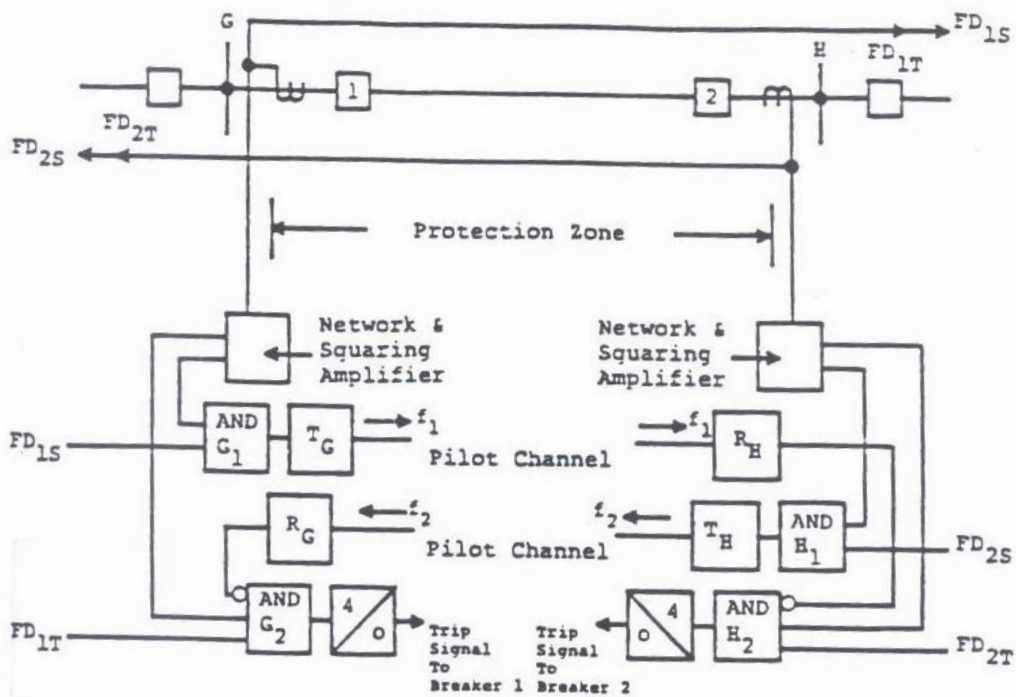
- (1)載波接收電流不能低於140mA(標準值為220ma)，信號過低會造成電驛閉鎖不良而誤動作。
- (2)載波機組使用同軸電纜RG-8U 作為信號傳遞，其遮蔽線(Shield)僅在機組端一點接地。
- (3)Line Tuner BOX(線路

調諧器)，外殼必須確實與大地相接，以防止感電事故發生。

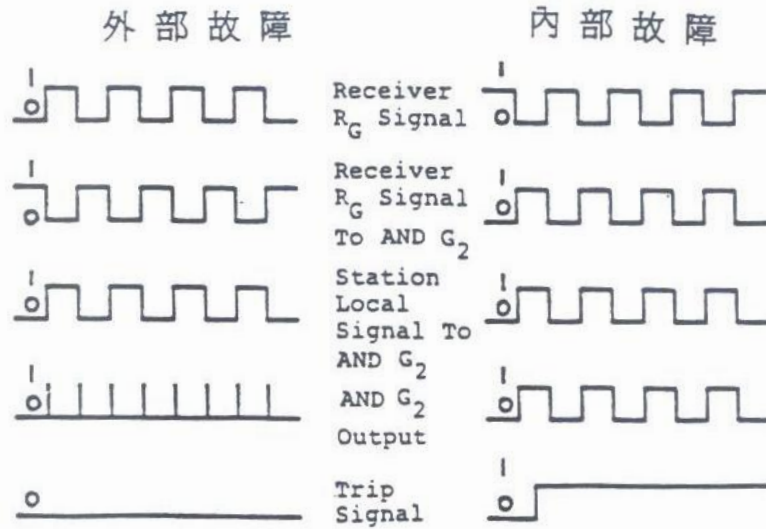
- (4)使用載波電驛閉鎖方式，如信號收發不良時，事故雖然發生在保護線段外，易引起電驛誤動作。
- (5)信號若連續發射不停，則將85-LOCK，觀察是否接點或機組不良所引起。
- (6)維護人員對載波設備必須做好定期檢查，包括如下：
 - (a)陷波器內部是否有雜物，避雷器、電容器是否燒損或變質，接點是否鬆脫。
 - (b)調諧器箱殼 (BOX)是否生鏽、破洞，電容器是否漏油，線圈是否斷線，接地線是否鬆脫。
 - (c)同軸電纜須定期以直流500伏高阻計做絕緣測試。



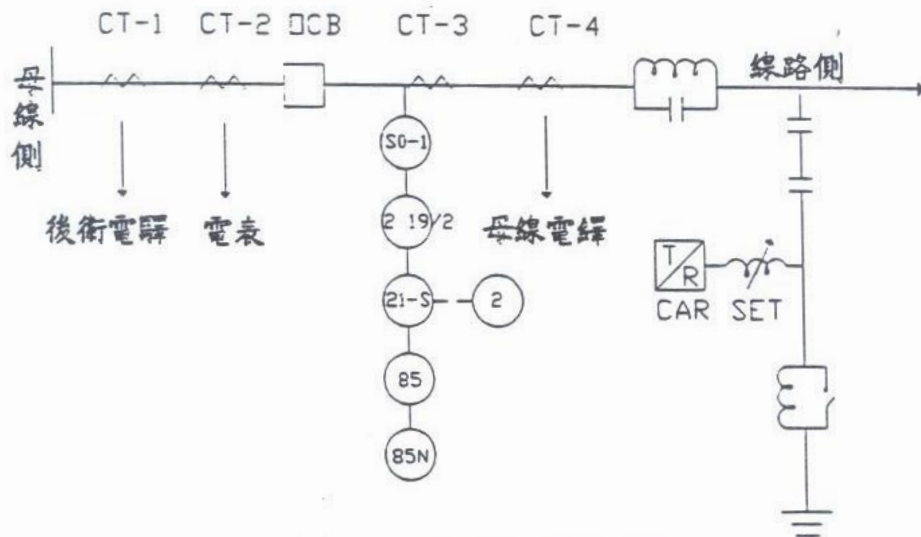
圖一、方向性比較方式



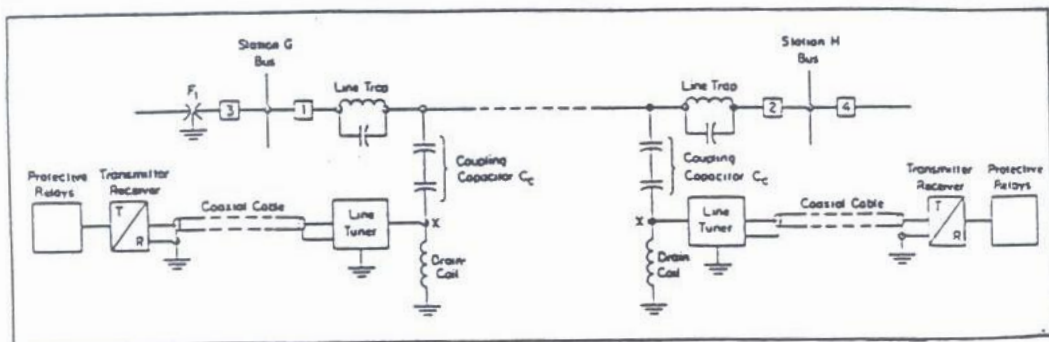
圖二、相位比較方式邏輯圖



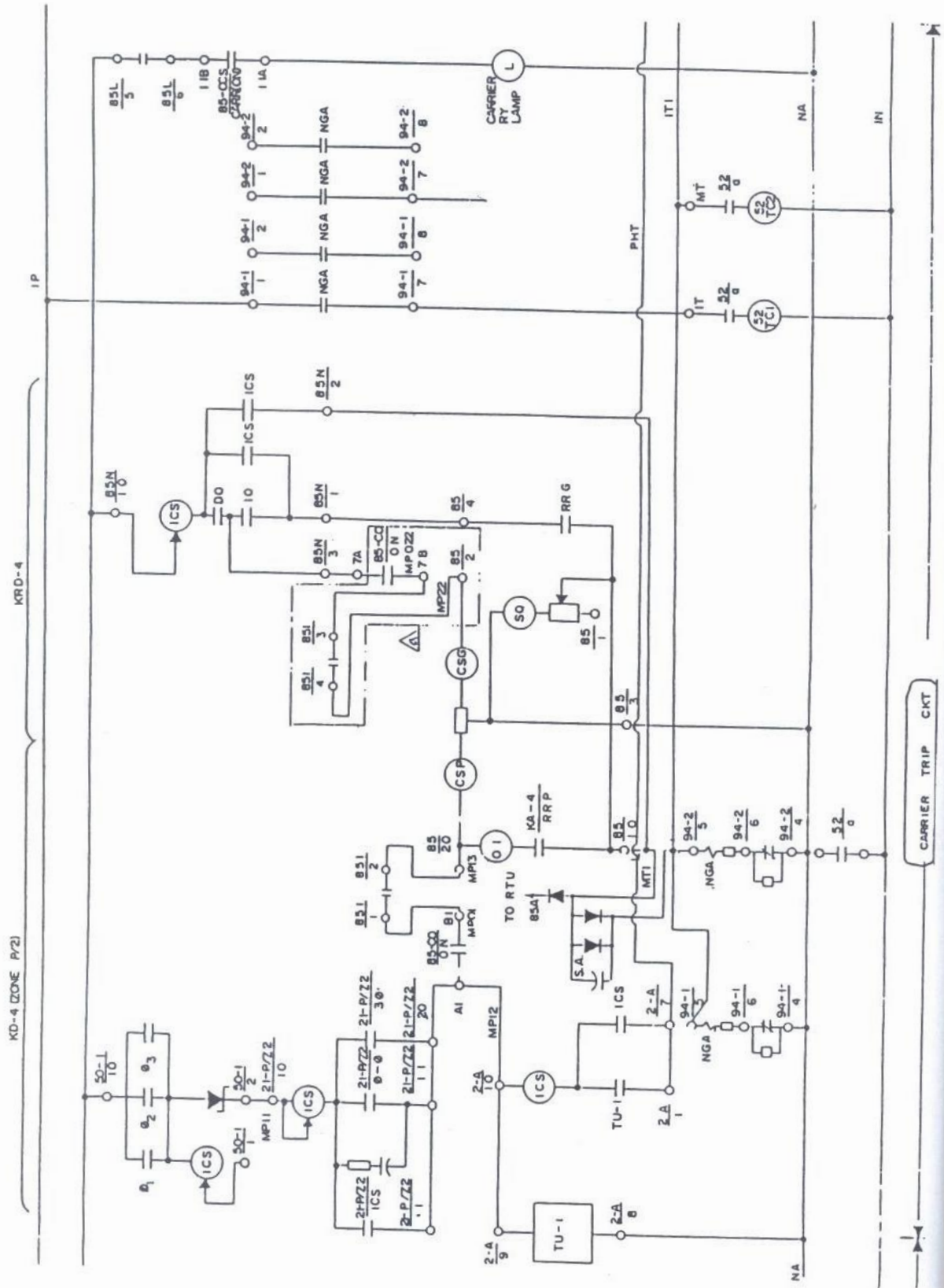
圖三、電驛工作原理

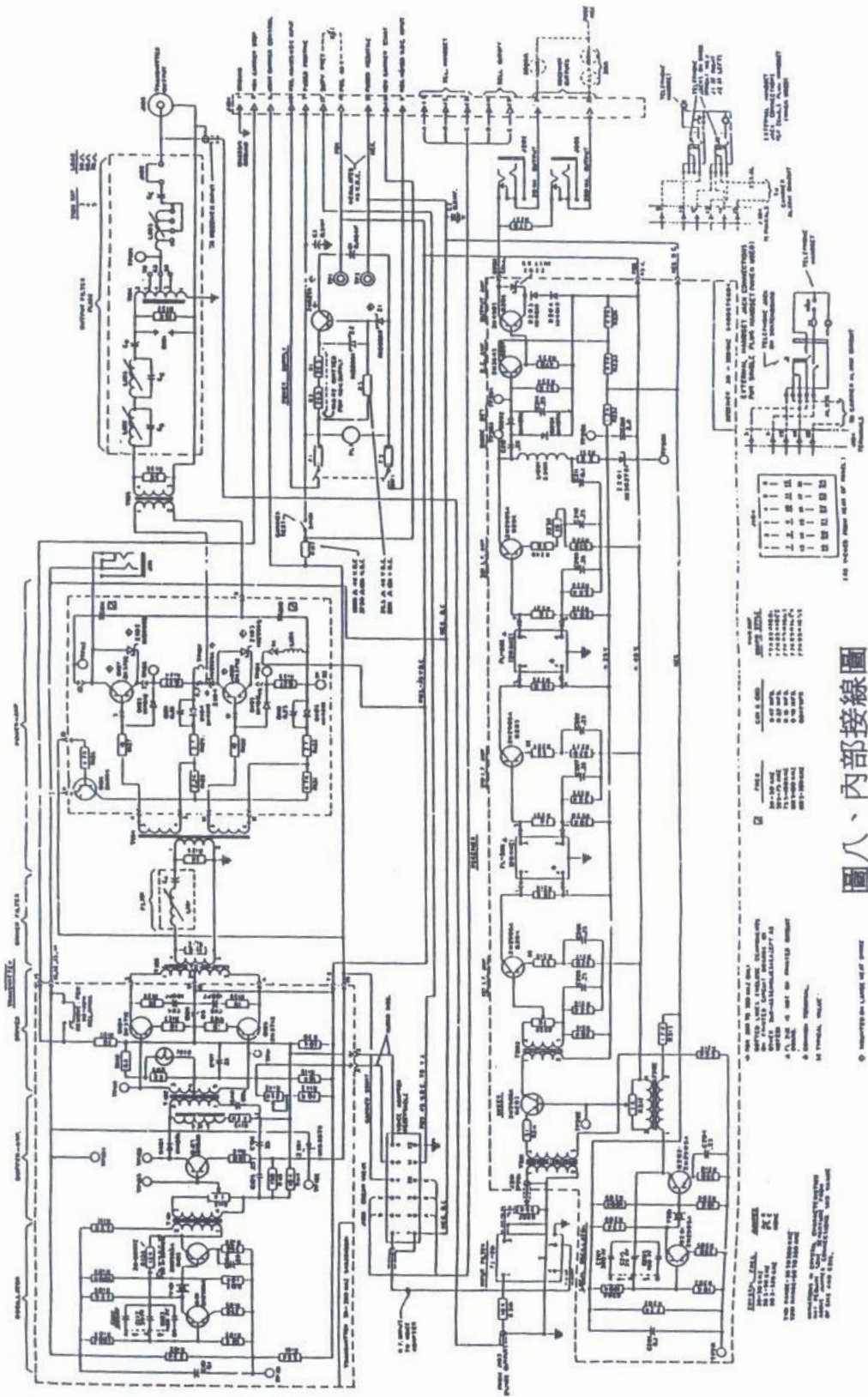


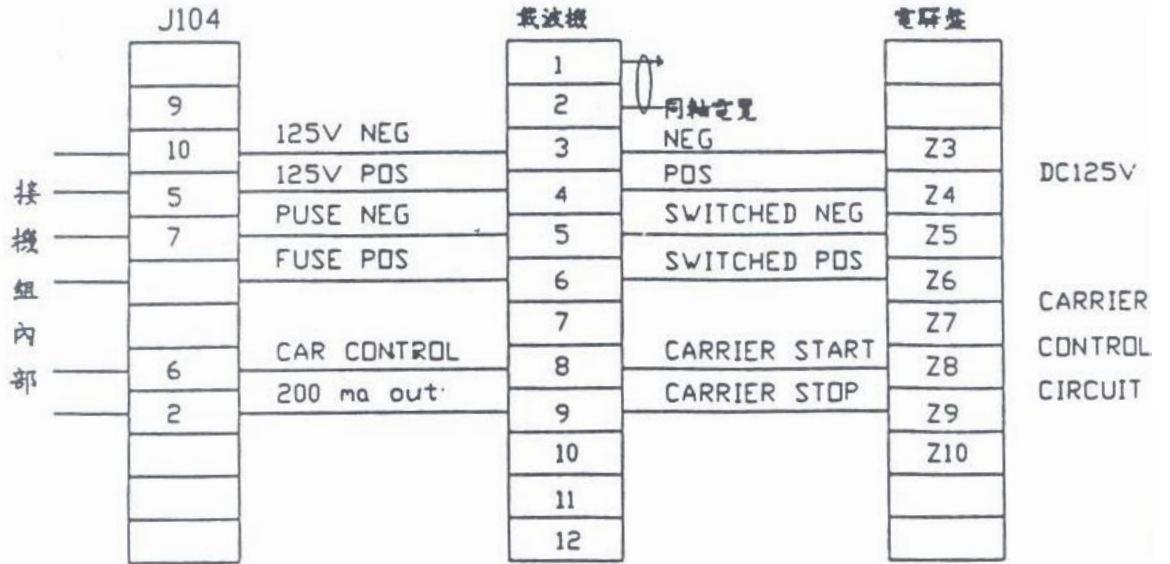
圖四、四區間保護電驛



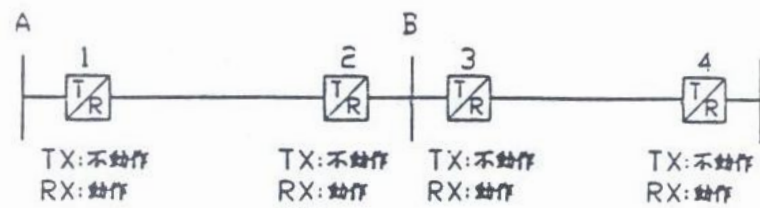
圖五、載波系統保護







圖九、載波機和電驛盤面間之接線



圖十、閉鎖系統圖

表一、二為發射機及接收機各部份直流電壓值。

一、發射機各部份之直流電壓值：

負極接至 TP104 (-45V) 點，正極接至下表各測試點，即得 VTVM 讀值

測試點	載波機組 OFF		載波機組 ON	
	標準值 V _{DC}	測試值 V _{DC}	標準值 V _{DC}	測試值 V _{DC}
TP 101	7		7	
TP 102	0		20	
TP 103	0		19.5	
TP 105	0		9	
TP 106	44		22	
TP 107	44		22.2	
TP 108	45		44.8	
TP 110	0.5		0.6	
TP 111	0.5		0.6	
TP 112	0		0	
TP 113	45		45	

二、接收機各部份之直流電壓值：

正極接至 TP206 (+45V)，負極接至下表各測試點即得 VTVM 讀值

測試點	無訊號時正常狀態		125mV 輸入時	
	標準值 V _{DC}	測試值 V _{DC}	標準值 V _{DC}	測試值 V _{DC}
TP 201	38		38	
TP 202	0		0	
TP 203	11		11	
TP 204	0.03		2.2	
TP 205	20		20	