

RFL9745 音頻機組搭配保護電驛之應用

陳順斌

一.前言:

輸電線路由於大多暴露在外，因此發生故障的機率遠高於其他電力設備，若不及時隔離故障，則可能對設備、人員造成損傷，甚至影響系統穩定度，造成整個系統的崩潰。因此對於輸電線路的保護，顯得格外的重要。

一般而言，輸電線路依其電壓等級、供電方式、重要性...等之不同而有不同之保護方式，如：較高電壓等級(161KV 以上)之輸電線路大多採用較快速之保護電驛，常用的有測距電驛、副線電驛、差流電驛...等，但測距電驛因需考量比壓器、比流器、線路常數、測試儀器...等之誤差，及故障時可能產生之暫態超越(Transient overreach)問題，而無法設定其第一區間(快速跳脫保護區間;無時間延遲)含蓋被保護線路的全部，而僅能設定為被保護線路的阻抗值乘以一安全係數 CRZ1(Reach factor on primary line for distance relay zone 1)，其值介於 0.8~0.9，因此主保護線路的兩端將各有 10%~20%的範圍被排除在快速跳脫保護的範圍之外，而需藉由第二區間經時間延遲來保護。為了達到被保護線路能擁有全區段快速保護之目的，可使用所謂的"載波電驛系統"(Pilot relaying system)，其因所使用之通信媒介及保護方式之不同，可大致區分為方向比較閉鎖系統(Directional comparison blocking system)、方向比較非閉鎖系統(Directional comparison unblocking system)、允許越區轉移跳脫系統(Permissive overreach transfer trip system : POTT)、允許欠區轉移跳脫系統(Permissive underreach transfer trip system : PUTT)，其原理可參閱第九期會刊"線路保護方式-方向比較 POTT"及第二期會刊"輸電線路之方向比較保護系統"，在此不再重述。

較常用之通信媒介有電力線載波(Power line carrier)、微波(Microwave)、光纖(Fiber optic)...等，而在此通信媒介的兩端需分別有適當的通信機組，以控制被保護輸電線路保護電驛間訊息之傳遞，方能達到更完整快速之保護。RFL9745 即為目前較常用之通信機組，其可應用音頻通訊(Audio communication)、數位通訊(Digital communication)及光纖通訊(Fiber optic

communication)三種方式，目前台電僅使用其中的音頻通訊方式，故本文將僅就其應用作一介紹。

二. RFL9745 機組規格:

- 1.輸入電源: $125V_{dc}$: ($105\sim140V_{dc}$)
- 2.模組:共有 CPU module、Driver module、Communications module、SWC I/O module、Front panel module、Power supply module 六塊模組
- 3.傳輸介面:IRIG-B
RS-232(前面板及機組後方各一個)
- 4.傳輸速率:300,1200,2400,9600,19200 bps
- 5.傳輸參數:
資料位元: 8
停止位元: 1
同 步: 無
通信協定: XON/XOFF
- 6.輸出/入介面:
輸入: 4 個光耦合輸入點($125V_{dc}$ 系統之電壓輸入範圍為 $75\sim150V_{dc}$ ，電流為 $4.6mA$ (最大 $10mA$))
輸出: a. 3 個獨立" C "型式(Form C)輸出點(最大可通過 1A 連續電流， $125V_{dc}$ 可啟斷之最大電流 1A，最大開路電壓 $280V_{dc}$)
b.若 RFL9745 之 I/O 型式為靜態式 I/O，則具有 4 組靜態輸出接點，若為繼電器/靜態式 I/O，則具有 1 組靜態輸出接點、3 組繼電器式輸出接點。
其中:
靜態輸出接點:可通過 1A 連續電流，2A 兩分鐘，最大開路電壓 $280V_{dc}$
繼電器式輸出接點:可由跳線設定為常開或常閉型式，接點閉合時間 7ms，可通過 5A 連續電流，30A 200ms
- 7.通信輸出/入阻抗: 600Ω
- 8.音頻設定範圍:300~4000Hz

解析度:1Hz

9.發射功率: -40~+10dBm 可調

精確度: ± 1 dBm

10.接收靈敏度: 最小輸入功率 -40 dBm

最大輸入功率 0 dBm

三.RFL9745 面板操作:

RFL9745 之面板及背面端子，如圖一、二所示，其中面板共有 8 個功能指示燈(Function LED: 4 個發射(Tx)、4 個接收(Rx))、1 個 RS-232 通信埠、1 個 LCD 顯示幕(LCD Display)、2 個"上/下"選擇鍵(Up/Down)、4 個功能選擇鍵(Select:輸出/入(I/O)、狀態(Status)、位準(Level)及測試(Test))、1 個輸入確認鍵(Enter)及 1 個警報指示燈(Alarm)，其功能分別說明如下:

- 1.功能指示燈: 依 Alarm 及 I/O 名稱 160~168 參數之設定，顯示通信狀態(如: 送收 Trip/Guard 信號時 LED 燈亮/熄)。
- 2.LCD 顯示幕: 顯示系統運作訊息及警報指示，亦可顯示由功能選擇鍵選擇之參數內容。
- 3.上/下選擇鍵: 向上/下選擇功能鍵所選擇之參數，或在"Enter"鍵按下後改變所選擇之參數值，亦可調整 LCD 顯示幕之明亮。
- 4.功能選擇鍵: 選擇 LCD 顯示幕之顯示功能。
- 5.輸入確認鍵: a.使所選之參數進入編輯模式(即可更改其設定值)。
b.按住後配合上/下選擇鍵調整 LCD 顯示幕之明亮。
- 6.警報指示燈: a.舊版: 系統正常時不亮，異常時亮紅燈。
b.新版: 系統正常時亮綠燈，異常時亮紅燈。

其中功能選擇鍵共分 I/O、Status、Levels、LOG 及 Test 5 個按鍵，其主要功能說明如下:

- 1.I/O: 顯示輸出/入及警報接點之狀態。(I:不動作、A:動作)
- 2.Status: 顯示 4 個通信頻道及警報狀態，如: 顯示接收頻率(H:高、L:低)、發射頻率(H:高、L:低、SQ:無)、FM 雜訊及 SNR 警報、傳輸匯流排或 RS-232 之動作狀態、電源供應模組狀態、電池狀態及輸出接點之狀態警報。(I:不動作、A:動作)

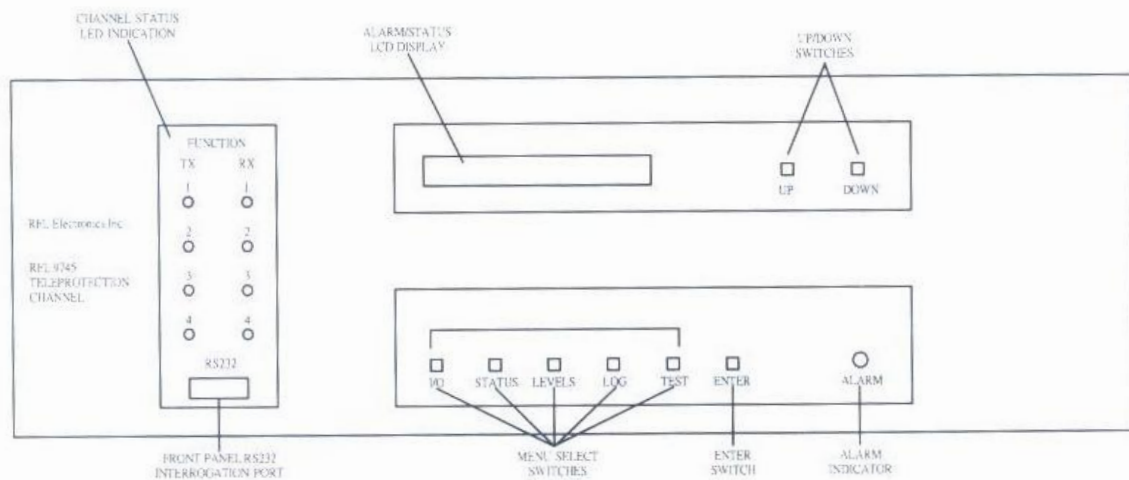
3.Level: 顯示發射/接收功率大小(其中發射功率大小可藉由按下"Enter"鍵後,配合 Up/Down 鍵改變)、發射/接收之頻道延遲時間及傳輸速率...等。

4.LOG: 顯示事件動作次數,如:輸出/入接點動作次數、警報接點動作次數...等。

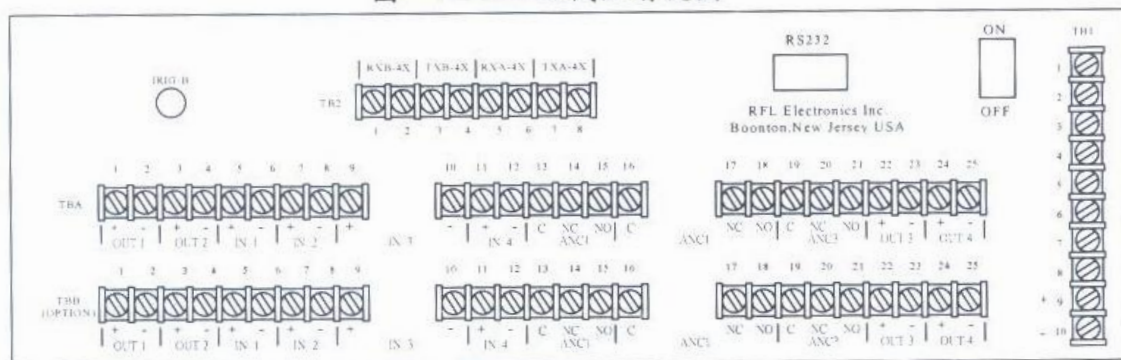
5.Test: 包含 RFL9745 之基本測試功能及狀態。如: 所執行之自動測試次數、自動測試時間間隔、自動測試成功/失敗次數、下次自動測試時間及頻率偏移測試...等。

(頻率偏移測試步驟: 按下"Test"鍵後,按"Up/Down"鍵選擇要測試之頻道,再按下"Enter"鍵,即可按"Up/Down"鍵使頻率在 Guard /Trip 間變化,測試完後按"Enter"鍵復原)

*操作完後可同時按下任意 2 個功能選擇鍵使 RFL9745 之 LCD 顯示幕回復到正常狀態。



圖一 RFL9745 機組前視圖



圖二 RFL9745 機組後視圖

四.以電腦連線操作 RFL9745:

可利用 RS-232 連接器(9 pin 直通)連接電腦與 RFL9745，連接後執行 RFL9745 廠商提供之軟體程式 APRIL(Asynchronous Programming and Remote Interrogation Language)與機組連線(亦可以電腦之"終端機"模式連線)，可做下列測試:

- 1.讀取參數設定值。
- 2.更改參數設定值。
- 3.監視機組之動作狀態。
- 4.讀取警報之動作狀態。
- 5.讀取事件動作紀錄。

由於 APRIL 為"目錄化" (menu-based)，因此不需記憶操作指令，只要按下 "H" (Help)鍵，即可在螢幕上顯示當時正確適用之指令，如下所示為 RFL9745 階梯式指令功能表。

主目錄	次目錄	第二次目錄
H: 顯示主目錄		
A: 顯示警報狀態		
V: 顯示參數數值		
P: 進入規劃模式		
	H: 顯示規劃模式指令	
	Q: 離開規劃模式	
	SV: 儲存新設定值	
	C: 更改密碼	
	D: 顯示目前設定及參數號碼	
	##: 更改此參數號碼之設定	
D: 進入讀取設定模式		
F: 顯示系統需求及軟體版本		

K: 進入邏輯規劃模式

H: 顯示規劃模式指令

A: 進入警報及輸出/入名稱目錄

C: 更改密碼

D: 顯示計時器參數設定

E: 下載系統或表格軟體

F: 回復機組預設邏輯值

G: 顯示主要邏輯

主目錄

次目錄

第二次目錄

M: 顯示警報邏輯

Q: 離開邏輯規劃模式

R: 顯示機組預設邏輯

S: 進入編輯邏輯模式

Q: 離開編輯邏輯模式

V: 顯示邏輯表

H: 顯示指令

##: 更改此參數號碼之設定

SV: 儲存新編輯設定值

T: 編輯警報邏輯

Q: 離開編輯邏輯模式

V: 顯示邏輯表

H: 顯示指令

##: 更改此參數號碼之設定

SV: 儲存新編輯設定值

##: 更改此參數號碼之設定

SV: 儲存新設定值及紀錄此邏輯檔

N: 下載邏輯檔

O: 讀取邏輯檔

T: 進入測試模式

H: 顯示測試模式指令

Q: 離開測試模式

C: 更改密碼

T: 重新顯示測試功能

##: 執行該參數之測試功能

U: 進入更新模式

X: 離開更新模式

S: 進入事件順序紀錄目錄

H: 顯示指令

A: 為顯示之事件紀錄命名(目前為預設值)

D: 將所有之事件紀錄傳送至連接埠

E: 查閱事件紀錄之路徑

L: 註記觸發階級(目前為 2)

R: 歸零事件紀錄

主目錄

次目錄

第二次目錄

Q: 離開事件順序紀錄

V: 檢視該參數之事件順序紀錄

B: 由檔案載入參數

C: 將目前參數儲存成檔案

N: 輸入檔案名稱

Q: 返回 DOS 模式

目前台電使用中之音頻式 RFL9745 其系統參數，如下所示(以觀二-鳳林線為例):

999	System Label	S00366PA SN1471		
1	Channel 1	Not defined		
16	Channel 2	Not defined		
31	Channel 3	Single		
32	Tone 3 Tx Freq	2220 Hz	2370Hz	
33	Transmit Level	-15dBm		34 Boost Level 0 dBm
35	Tone 3 Rx Freq	2220 Hz	2370Hz	
36	Rx Bandwidth	225 Hz		37 Rx Level -15 dBm
38	Rx Alarm	-33 dBm		39 AM Noise (SNR) 5 dBm
40	FM Noise	30%		
46	Channel 4	Single		
47	Tone 4 Tx Freq	2560 Hz	2710Hz	
48	Transmit Level	-15 dBm		49 Boost Level 0 dBm
50	Tone 4 Rx Freq	2560 Hz	2710Hz	
51	Rx Bandwidth	225 Hz		52 Rx Level -15 dBm
53	Rx Alarm	-33 dBm		54 AM Noise (SNR) 5dBm
55	FM Noise	30%		
60	Opt Status Board	No		61 EE Pot J10 B
62	Chan delay alarm	8 ms	.	63 Year 2000
64	Date	12/10		65 Time 13:47:06
66	Hour Adjust	0		67 Local Address 456
68	Remote Address	888		69 Reset Log No

相關參數說明如下：

參數號碼				參數功能說明
CH1	CH2	CH3	CH4	
001	016	031	046	選擇頻道使用方式(Single,Modem,6750 Modem, Pass,None)(僅 CH1 可選 Modem)
002	017	032	047	發射頻率，由(較低頻率,較高頻率)組成，頻率範圍: 300~4000Hz
003	018	033	048	發射功率大小，範圍: -40~+10dBm (預設值-15 dBm)
004	019	034	049	發射功率增大數，範圍: 0~+12dBm (預設值 0 dBm)
005	020	035	050	接收頻率，由(較低頻率,較高頻率)組成，頻率範圍: 300~4000Hz
006	021	036	051	接收頻寬，範圍: 50~1000Hz，應小於中心頻率的一半
007	022	037	052	接收功率大小，範圍: -40~0dBm (預設值-15 dBm)
008	023	038	053	接收警報，若接收功率小於此值，則接收警報將動作，範圍: -70~0dBm (預設值-33 dBm)
009	024	039	054	AM 雜訊(SNR)，範圍: -20~+20dB
010	025	040	055	FM 雜訊值，範圍: 0~100%
060				需與音頻通訊模組之 J10 匹配(同為 A 或 B)
061				若有選用"Status output board"則設"Yes"，否則設"No"
062				頻道延遲時間，範圍: 5~50ms(預設值 8ms)
063/064/065				分別設定機組年/月、日/時、分、秒
066				調整由 IRIG-B 傳送之時間，範圍: -23~+23 小時
067/068				分別設定本端/遠端機組之位址，範圍: 1~4095
069				可將事件紀錄暫存器歸零(Yes: 歸零;No: 保留)

五.一般維護測試:

通常 RFL9745 與所搭配之保護電驛在採購時，廠商即會應線路所採用之保護方式，將機組內部之設定與軟體程式(含邏輯程式檔 *.MHX 及參數程式檔 *.BAT)安裝完成，在進行機組測試時，除非機組之動作異常，否則並不需要重新安裝軟體，僅需對其機組功能作一測試。(因其軟體需與保護方式、機組配線...等配合，若安裝錯誤，將導致保護電驛之動作、功能異常)

一般維護測試步驟如下：

- 1.檢查機組外觀是否有碰撞污損現象，打開前面板確認機組內部各卡片模組是否完整、跳線是否正確、與插槽是否有鬆動現象。抽出 CPU 模組電池上"Pull To Activate"的絕緣標籤，電池方能紀錄時間及各暫存器之運作。

2. 檢查機組背面之配線，是否與接線圖一致(包含 DC 迴路、警報迴路、通信電纜、與保護電驛連接之跳脫控制迴路...等)。
3. 量測 TB1-9 與 TB1-10 間之 DC 電源是否為 $+125V_{dc}$ ，正確後打開機組背面電源開關，此時 Power supply module 之綠燈應亮，且 Driver module 之 TP6-TP1 應為 $+15V_{dc}$ ($14.25\sim 15.75V_{dc}$)、TP2-TP1 應為 $+5V_{dc}$ ($4.75\sim 5.75V_{dc}$)。
4. 按"Level"鍵後再按"Up/Down"鍵確認傳輸 Baud rate 是否為 9600bps，若不是，則可在按"Enter"鍵後，再按"Up/Down"鍵更改為 9600bps。
5. 以 RS-232 與 RFL9745 連線：
 - 5.1 以 9 Pin 直通 RS-232 連接線連接電腦與 RFL9745 機組。
 - 5.2 執行"PC_APRIL/C1"程式(假設電腦使用 Communication port 1)。
 - 5.3 輸入"W"後按兩次"Enter"。
 - 5.4 此時電腦螢幕上應出現


```
Enter APRIL remote window
Type DDD to exit
!9745>
```
 - 5.5 當看到"!9745>"提示符號，即表示電腦已與機組連線成功，可進行對機組之資料存取。
 - 5.6 將鍵盤置於大寫字母模式(Caps lock on)。
 - 5.7 查看或更改機組之參數設定。

如:更改機組系統參數，其步驟如下:

 - 5.7.1 鍵入"P"進入"規劃模式"(Programming)。
 - 5.7.2 依要求輸入密碼(需大寫，且若連續輸入 3 次錯誤，機組將"閉鎖"住(Lockout)，時間約 5 分鐘)。
 - 5.7.3 鍵入"D"顯示系統參數值。
 - 5.7.4 確認所有參數值是否正確，若有需更改者，則可在輸入欲更改參數之參數號碼後，更改其參數值(若需更改頻率、頻寬、頻寬偏移值、FM 及 AM 雜訊比...等，則需參考說明書相關設定準則)。
 - 5.7.5 所有參數設定均正確後，分別鍵入參數號碼 063/064/065，分別更改為目前之年/月、日/時、分、秒。

5.7.6 分別鍵入參數號碼 067/068 設定本端/對方端機組位址(local/remote address)，且本端機組之 local address 需與對方端之 remote address 匹配，反之，本端機組之 remote address 需與對方端之 local address 匹配。

5.7.7 鍵入參數號碼 069 將機組所有暫存器歸零，以利日後參考分析用。

5.7.8 鍵入指令"SV"將所有變更後之參數上傳至機組。

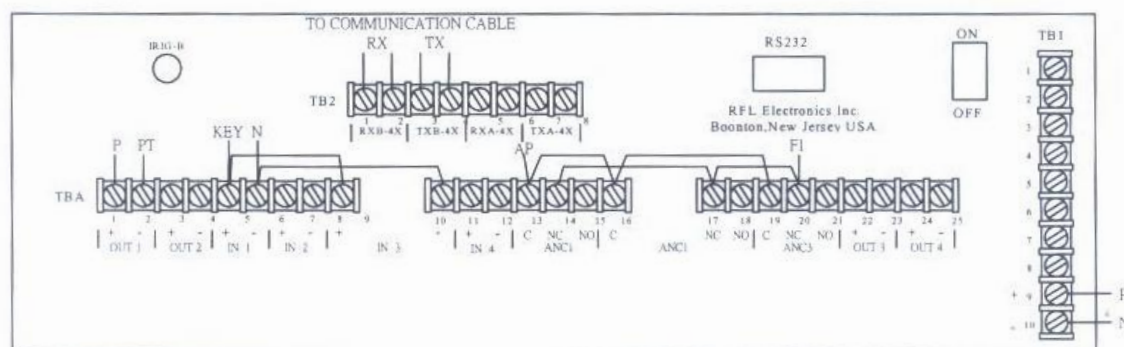
5.7.9 鍵入指令"Q"後，即可離開此模式。

5.7.10 其餘相關參數或機組狀態操作方式大致同上，可依操作需要自行操作。

6.機組功能測試:

台電目前 RFL9745 機組之使用方式，主要分為 DCB(Directional comparison blocking scheme)及 POTT(Permissive overreach transfer trip)兩種，現依其保護方式之不同，將其測試步驟分別說明如下:

a. POTT Scheme(機組背面配線如圖三所示):



圖三 POTT Scheme 機組配線圖

假設以觀二-鳳林線為例，其使用頻道及頻率如下:

	Center frequency	Guard frequency	Trip frequency
CH3	2295Hz	2220Hz	2370Hz
CH4	2635Hz	2710Hz	2560Hz

1.DC 電源及配線正確後，打開機組電源開關，此時量測通信電纜上發射/接收信號之頻率及功率大小是否正確(平常兩端均傳送監視頻率-15dBm)。

(若發射信號不正常，則需以電腦連線查看機組設定是否正確;若接收信號不正常，則需查看對方端機組是否正常使用中、通信頻道是否正常、通信電纜是否接對位置...等)。

2. 以電表量測機組背面端子 TBA-1(Rcvr"+ ")、TBA-13、16、19(AP)是否為 $+65V_{dc}$ ，TBA-6、10(Key"-")是否為 $-65V_{dc}$ ，若不正確則需查驗機組外部配線。

3. 允許跳脫接點測試:

3.1 請對方於機組 TBA-5(或 TBA-9)加 $+65V_{dc}$ (可持短路線連接 TBA-5(或 TBA-9)至 TB1-9)。

3.2 量測通信電纜上接收頻率是否變化(應由 Guard frequency 變為 Trip frequency，如: CH3 由 2220Hz 變為 2370Hz、CH4 由 2710Hz 變為 2560Hz)及面板上 CH3、CH4 Rx 燈是否亮、TBA-2(PT (Permissive trip))是否變 $+65V_{dc}$...等。

3.3 此時若配合本端之 43/85 use 及所搭配之數位電驛 pilot zone 動作，則應完成 pilot trip。

*若對方跳脫信號停止，則儘管 43/85 use 及所搭配之數位電驛 pilot zone 動作，亦不會完成 pilot trip，而會在延遲 20 週波後跳 Z_2 (假設 Z_p 與 Z_2 之設定相同，大多為 150%)。

4. 發射允許跳脫信號迴路測試:

4.1 本端之 43/85 use 及所搭配之數位電驛 pilot zone 動作，則 RFL9745 應發射允許跳脫信號至對方，此時量測通信電纜上發射頻率是否變化(應由 Guard frequency 變為 Trip frequency，如: CH3 由 2220Hz 變為 2370Hz、CH4 由 2710Hz 變為 2560Hz)及面板上 CH3、CH4 Tx 燈是否亮、TBA-5、9(Key) 是否變 $+65V_{dc}$...等。

4.2 確認對方端是否有收到本端信號之變化，並動作相關之接點輸出。

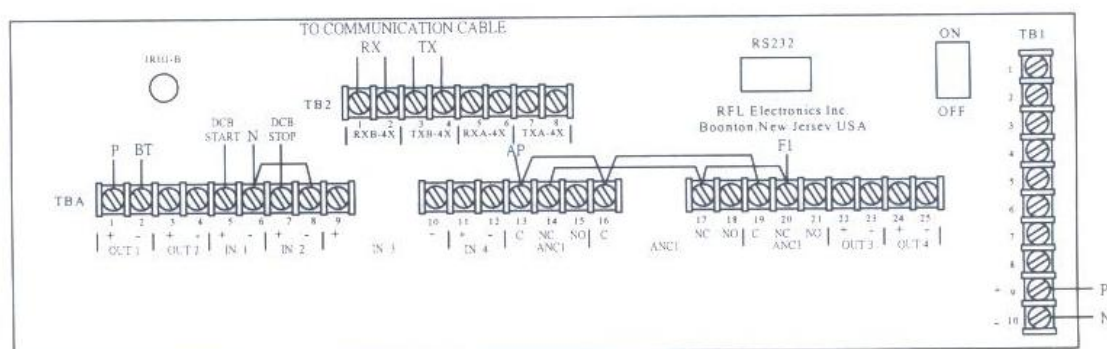
5. 警保接點測試:

5.1 將 DC off，確認 TBA-17(F1)是否變 $+65V_{dc}$ 、且警報響、警報指示正確。

5.2 將通信電纜之接收線拆除或短路，確認 TBA-14(F1)是否變 $+65V_{dc}$ 、且警報響、警報指示正確。

5.3 RFL9745 開機時將進行機組本身功能自我測試，若發現機組之模組或其他硬體有故障情形，則將動作相關警報接點，此時可確認 TBA-20 將變 +65V_{dc}，且警報響、警報指示正確。

b.DCB Scheme(機組背面配線如圖四所示):



圖四 DCB Scheme 機組配線圖

假設以深美-龍潭白線為例，其使用頻道及頻率如下:

	Center frequency	Guard frequency	Block frequency
CH3	2295Hz	2220Hz	2370Hz
CH4	2635Hz	2710Hz	2560Hz

1.DC 電源及配線正確後，打開機組電源開關，此時量測通信電纜上發射/接收信號之頻率及功率大小是否正確(平常兩端均傳送監視頻率-15dBm)。

(若發射信號不正常，則需以電腦連線查看機組設定是否正確;若接收信號不正常，則需查看對方端機組是否正常使用中、通信頻道是否正常、通信電纜是否接對位置...等)。

2.以電表量測機組背面端子 TBA-1(Rcvr"+")、TBA-13、16、19(AP)是否為 +65V_{dc}，TBA-6、10(Key"-")是否為 -65V_{dc}，若不正確則需查驗機組外部配線。

3.閉鎖跳脫接點測試:

3.1 請對方於機組 TBA-5 加 +65V_{dc}(可持短路線連接 TBA-5 至 TB1-9)。

3.2 量測通信電纜上接收頻率是否變化(由 Guard frequency 變為 Block frequency，如: CH3 由 2220Hz 變為 2370Hz、CH4 由 2710Hz 變為 2560Hz)及面板上 CH3、CH4 Rx 燈是否亮、TBA-2(BT (Block trip))是否變 +65V_{dc}...等。

3.3 此時若配合本端之 43/85 use 及所搭配之數位電驛 pilot zone 動作，則仍不應完成 pilot trip，而會在延遲 20 週波後跳 Z_2 (假設 Z_p 與 Z_2 之設定相同 (大多為 150%))。

*若對方閉鎖信號停止，則在 43/85 use 及所搭配之數位電驛 pilot zone 動作下，將完成 pilot trip。

4.發射閉鎖信號迴路測試:

4.1 本端之 43/85 use 及所搭配之數位電驛 Reverse zone(Z_s)動作，則 RFL9745 應發射閉鎖信號至對方，此時量測通信電纜上發射頻率是否變化(由 Guard frequency 變為 Block frequency，如: CH3 由 2220Hz 變為 2370Hz、CH4 由 2710Hz 變為 2560Hz)及面板上 CH3、CH4 Tx 燈是否亮、TBA-5(DCB start) 是否變+65V_{dc}...等。

4.2 確認對方端是否有收到本端信號之變化並動作相關之接點輸出。

5.停止發射閉鎖信號迴路測試:

5.1 本端之 43/85 use 及所搭配之數位電驛 pilot zone(Z_p)動作，則 TBA-9(DCB stop) 應變+65V_{dc}，此時即使 TBA-5(DCB start)加+65V_{dc}，通信電纜上發射頻率及面板上 CH3、CH4 Tx 燈亦不應有變化。

5.2 確認對方端信號並無變化且相關之接點輸出亦無動作。

6.警報接點測試方式同 POTT Scheme。

六.結論:

輸電線路之保護方式，可蓋分為非載波電驛系統、載波電驛系統及副線電驛系統三大部分，POTT 及 DCB 保護方式即屬於載波電驛系統中的一種。其中 POTT 保護方式因需收到對方端之允許跳脫信號，方能完成載波跳脫;若收不到對方端之允許跳脫信號，則無法完成載波跳脫，故其擁有較高之安全性及較低之可靠性;反之，DCB 保護方式若收到對方端之閉鎖信號，則無法完成載波跳脫;若收不到對方端之閉鎖信號，方能完成載波跳脫，故其擁有較低之安全性及較高之可靠性。現不論採用哪種載波保護電驛系統，均需有良好之通信機組及通信媒體做配合，否則電驛兩端間之通信不良，將造成電驛保護之缺失(電驛可能誤動作或誤不動作)，故平時在做保護電驛測試維護時，亦應將所配合之通信機組作一測試維護，方能確保電驛動作之正確性。