

臺鐵電化路線電力供應概要

臺灣鐵路管理局電務處 編印

 交通部臺灣鐵路管理局電務處

中華民國 98 年 3 月

臺鐵電氣化路線電力供應

第一章 電力供應系統概要

一、電力系統	1-1
二、69KV 輸電線	1-2
三、變電站	1-3
(一)主變壓器	1-5
(二)輔助變壓器	1-5
(三)斷路器	1-5
(四)隔離開關	1-5
(五)避雷設備	1-5
(六)保護電驛	1-6
(七)電力電纜	1-6
(八)功率因數改善設備	1-6
(九)電源設備	1-6
(十)宜蘭線變電站主要設備規格	1-6
四、25KV 電車線	1-8
(一)電車線架設方式	1-10
(二)電車線支持結構	1-10
(三)採用分群制度	1-11
(四)接地連軌系統	1-11
五、電力調配與遙控	1-13
(一)電力調配室之主要裝置設備	1-13
(二)外站之主要裝置設備	1-14
六、電力機車牽引	1-14
(一)概說	1-14
(二)電力機車電力供應	1-15

第二章 變電站饋電方式

一、台鐵 69KV 系統饋電方式	2-1
(一)雙變壓器之供電系統	2-1
(二)三變壓器之供電系統	2-1
二、變電站 601/602 開關連鎖	2-2
(一)連鎖條件二項	2-2
(二)連鎖條件三項	2-3
三、鐵苗/鐵後 69KV 輸電系統饋電方式	2-4
(一)輸電系統(1)	2-4
(二)輸電系統(2)	2-6
四、25KV 電車線饋電系統	2-7
(一)彰化 S/S 山/海線 25KV 電車線之饋電方式	2-7

(二)樹林變電站 25KV 電車線饋電系統	2-8
第三章 電化變電站設備	
一、概說	3-1
二、比壓器	3-1
(一)比壓器功能	3-1
(二)台鐵比壓器	3-2
三、比流器	3-4
四、油斷路器與 SF6 瓦斯斷路器	3-6
(一)油斷路器特性	3-6
(二)油斷路器構造	3-6
(三)油斷路之動作	3-6
(四)維修注意事項	3-6
(五)SF6 瓦斯斷路器簡介	3-8
(六)瓦斯斷路器特性	3-8
(七)瓦斯斷路器構造及動作	3-8
五、主變壓器	3-11
(一)概說	3-11
(二)Scott(T 型)聯接	3-11
(三)Le Blanc 聯接	3-13
(四)Le Blanc 聯接與 Scott 聯接方式之比較	3-15
(五)主變壓器之規格及特性	3-16
(六)變壓器噪音	3-17
六、開關操作連鎖設備	3-18
(一)概說	3-18
(二)開關種類	3-19
(三)操作規則	3-19
(四)連鎖關係	3-19
(五)開關配置圖	3-20
七、接地系統	3-21
(一)接地系統功用	3-21
(二)外部接地系統	3-21
(三)接地電阻	3-21
(四)接地安裝方法	3-22
(五)避雷鐵架	3-22
八、真空斷路器	3-23
(一)真空斷路器之優點	3-23
(二)真空斷路器構造	3-23
(三)真空斷路器特性	3-23
(四)操作機構	3-24

九、保護電驛	3-25
(一)保護電驛應具備之條件	3-25
(二)台鐵保護電驛	3-26
十、變電站警告設備	3-30
(一)概說	3-30
(二)變電站內之警告內容	3-30
(三)電力調配室之警告內容	3-31
(四)警告狀況說明	3-31
十一、低壓配電盤	3-32
(一)概說	3-32
(二)供電用途	3-32
(三)電源供應	3-33
十二、功率因數改善設備	3-34
(一)概說	3-34
(二)電容器	3-35
(三)電抗器	3-36
十三、SF6 氣體絕緣開關設備	3-38
(一)主要器材及配備	3-38
(二)GIS 與 C-GIS 之比較	3-40

第四章 電力調配與開關操作

一、概說	4-1
(一)變電站系統	4-1
(二)電車線系統	4-1
二、電力調配	4-2
(一)電力調配之原則	4-2
(二)電力調配員之任務	4-2
(三)異常供電及故障處理	4-3
三、開關作業	4-4
(一)開關作業之原則	4-4
(二)69/25KV 變電站開關作業	4-8
(三)25KV 電車線開關作業	4-14

第五章 變電站開關操作

一、概說	5-1
二、開關電路說明	5-1
(一)油斷路器	5-1
(二)真空斷路器	5-4
(三)隔離開關	5-6

(四)電車線饋電開關	5-9
(五)電車線隔離開關	5-11
三、開關操作法	5-12
(一)變電站開關操作程序表	5-12
(二)變電站開關操作	5-12
(三)電車線饋電開關操作	5-20
(四)遙控設備箱內 S2 開關操作	5-20
(五)開關操作員注意事項	5-21

第六章 變電站遙控設備

一、概說	6-1
(一)控制系統	6-1
(二)現況	6-1
(三)功能簡介	6-1
二、中央處理單元	6-2
(一)概述	6-2
(二)規範概要	6-3
(三)工作原理	6-4
三、資料傳送設備—外站	6-5
(一)簡介	6-5
(二)系統說明	6-6
(三)系統方塊圖	6-6
四、模擬控制盤	6-7
(一)塑膠小方塊	6-7
(二)開關	6-7
(三)警報	6-7
(四)燈泡測試	6-8
(五)共同控制按鈕	6-8
(六)模擬控制開關	6-8
(七)站名燈	6-8
(八)類比電錶	6-8
(九)電話插頭	6-8
(十)音響停止按鈕	6-8
(十一)警報確認按鈕	6-8
(十二)警報取消按鈕	6-8
五、其他附屬設備	6-9
(一)資料傳送系統試驗器	6-9
(二)錄音機	6-10
六、系統功能趨勢	6-11

(一)控制	6-11
(二)顯示	6-12
(三)告警	6-12
(四)遙測	6-12
(五)事件記錄	6-12
(六)掃描方式及時間	6-13
(七)訊號傳輸	6-13

第七章 電力系統保護協調

一、概說	7-1
(一)台鐵電力系統之特性	7-1
(二)保護協調之重要性	7-1
二、台鐵變電站保護設備	7-4
(一)開關設備	7-4
(二)保護電驛	7-4
(三)避雷設備	7-6
(四)檢漏與警告裝置	7-6
三、故障電流之計算	7-10
(一)故障電流計算之目的	7-10
(二)引用資料及數據	7-10
(三)故障電流計算實例	7-13
(四)電車線故障電流與電力調配	7-22
四、電力系統保護協調	7-22
(一)保護電驛之選擇與標置之原則	7-22
(二)台鐵變電站保護電驛之選擇	7-24
(三)台鐵變電站保護電驛之標置	7-30

第八章 電車線系統

一、概說	8-1
二、電車線性能	8-1
三、電車線結構	8-1
(一)架設方式	8-1
(二)電車線之架設長度	8-2
(三)電車線之高度	8-2
(四)電車線之支架裝置	8-2
(五)電車線之重疊區間	8-3
(六)電車線自動平衡裝置	8-4
(七)電車線中點錨	8-4
(八)站內岔道之電車線安排	8-5

(九)平交道上電車線之架設	8-5
(十)天橋及陸橋下電車線安排	8-6
(十一)隧道內電車線之安排	8-7
(十二)接地安排	8-8
(十三)中性區間	8-9
(十四)吸流變壓器原理	8-9
(十五)站內電車線饋電回路	8-10

第九章 電力車輛概要

一、鐵路動力車之演進	9-1
(一)機車動力之傳動	9-1
(二)柴油化	9-1
(三)鐵路電氣化之原因	9-2
二、電力動力車之型式	9-3

第十章 電力列車用電設備

一、電力列車饋電電壓	10-1
二、電力動力車主要設備	10-1
(一)主要機件設置位置及電路	10-1
(二)電力機車主要設備機件	10-5
(三)列車運轉控制設備	10-29

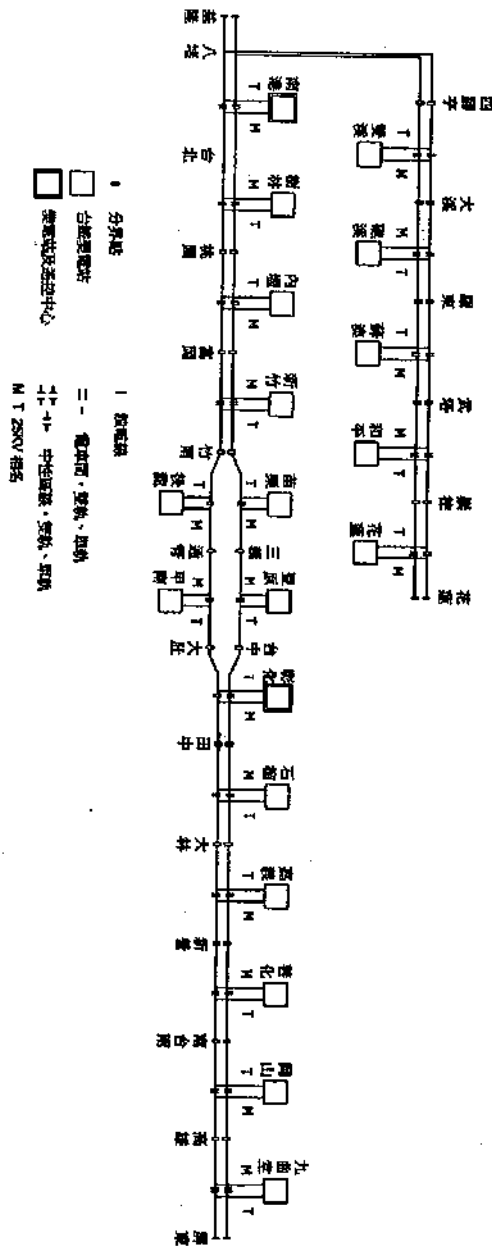
第十一章 電力列車運轉

一、列車運轉曲線圖	11-1
(一)運轉曲線圖之意義	11-1
(二)運轉曲線圖之一例	11-1
(三)運轉曲線圖之用途	11-3
二、電力列車運轉比較	11-4
(一)列車牽引種別	11-4
(二)電力列車加速運轉	11-4
(三)電力列車減速制機處理	11-9
三、電力列車用電量	11-16
(一)用電計算關係式	11-16
(二)實測列車用電量	11-17
(三)使用成績統計表	11-18

第一章電力供應概要

一、電力系統

台鐵西部幹線電化，北起基隆南至屏東里程共約 427 公里。其電力之供應係由台電一次變電所 (Primary Substation) 69KV 匯流排增設出口端，並架設或埋設 69KV 輸電線兩迴路，以輸送 69KV 三相 60HZ 交流電至台鐵變電站，再由站內變壓器降壓為 25KV 兩單相 (M 相及 T 相) 60HZ 之高電壓，送至電車線以供應電力機車及電聯車所需之動力。概括而言，台鐵之電力系統可分為五大部份——69KV 輸電線、變電站、25KV 電車線、電力調配與遙控及電力機車牽引，分別於下節中——介紹，其電力系統圖如圖 1-1。



二、69KV 輸電線

爲了提高供電的可靠性，台鐵每一變電站皆由台電一次變電所架設兩迴路69KV 輸電線經常供電【區分爲 Line 1 (紅線) 與 Line 2 (白線)】，每路輸電線皆有能力的供應變電站之全部負載，以防任一輸電線路故障或維修時影響台鐵之行車動力。69KV 輸電線導線材料爲 477MCM 全鋁絞線或鋼心鋁絞線，其架設長度視台電一次變電所至台鐵變電站間之距離而定，原則上愈短愈有利。有關台鐵各電化變電站之 69KV 輸電線資料如表 1-1。

線別	輸電線距離		Line 1 (紅線)	Line 2 (白線)	導線材料	輸電線路 引供方式	線路別
	變電站						
西 幹 線	南港	0.34km	0.364km	ACSR 477MCM 26/7	架空	專線	
	樹林	2.200km	2.200km	XLPE 500mm ²	地下電纜	專線	
	內壢	3.202km	3.202km	ACSR	架空	專線	
	新竹	3.727km 0.337km	3.727km 0.337km	AAC 477MCM19 ACSR	架空	專線	
	苗栗	0.307km	0.291km	AAC	架空	專線	
	豐原	0.400km	0.400km	ACSR	架空	專線	
	後龍	0.650km 4.891km	0.650km 4.891km	XLPE 200mm ² ACSR	架空	專線	
	甲南	2.200km	2.200km	XLPE 500mm ²	地下電纜	專線	
	彰化	3.192km	3.192km	AAC	架空	專線	
	石榴	7.592km	7.316km	AAC	架空	專線	
	嘉義	13.235km	13.313km	ACSR	架空	專線	
	善化	9.798km	9.799km	ACSR	架空	專線	
	岡山	2.557km	2.557km	ACSR	架空	專線	
	九曲堂	2.380km	2.340km	XLPE 500mm ²	地下電纜	非專線	
宜 關 線	雙溪	2.029km	2.020km	ACSR	架空	非專線	
	礁溪	9.744km	9.744km	XLPE 500mm ²	地下電纜	非專線	
	蘇新	1.5km	1.5km	XLPE 500mm ²	地下電纜	非專線	
北 迴 線	和平	2.450km	2.450km	XLPE 500mm ²	地下電纜	非專線	
	花蓮	2.000km	2.000km	XLPE 500mm ²	地下電纜	非專線	

表 1-1 台鐵 69KV 輸電線距離及有關資料

三、變電站

台鐵現有十四處電化變電站宜蘭線及北迴線電化完成將增設五處，相鄰兩變電站間相距約 40 公里，中途設分界點（即每變電站分別向南北兩方向電車線各饋電約 20 公里）。變電站之容量視需要分別設置 10MVA 或 15MVA 電力變壓器二台或三台。如圖 1-2、1-3。

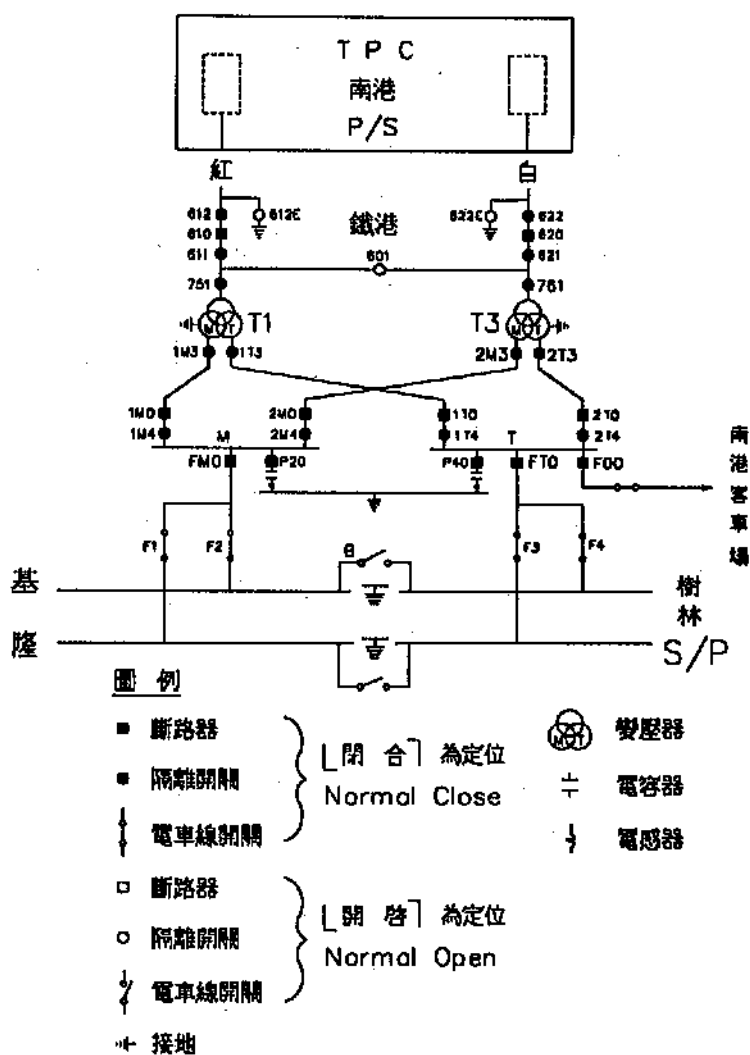
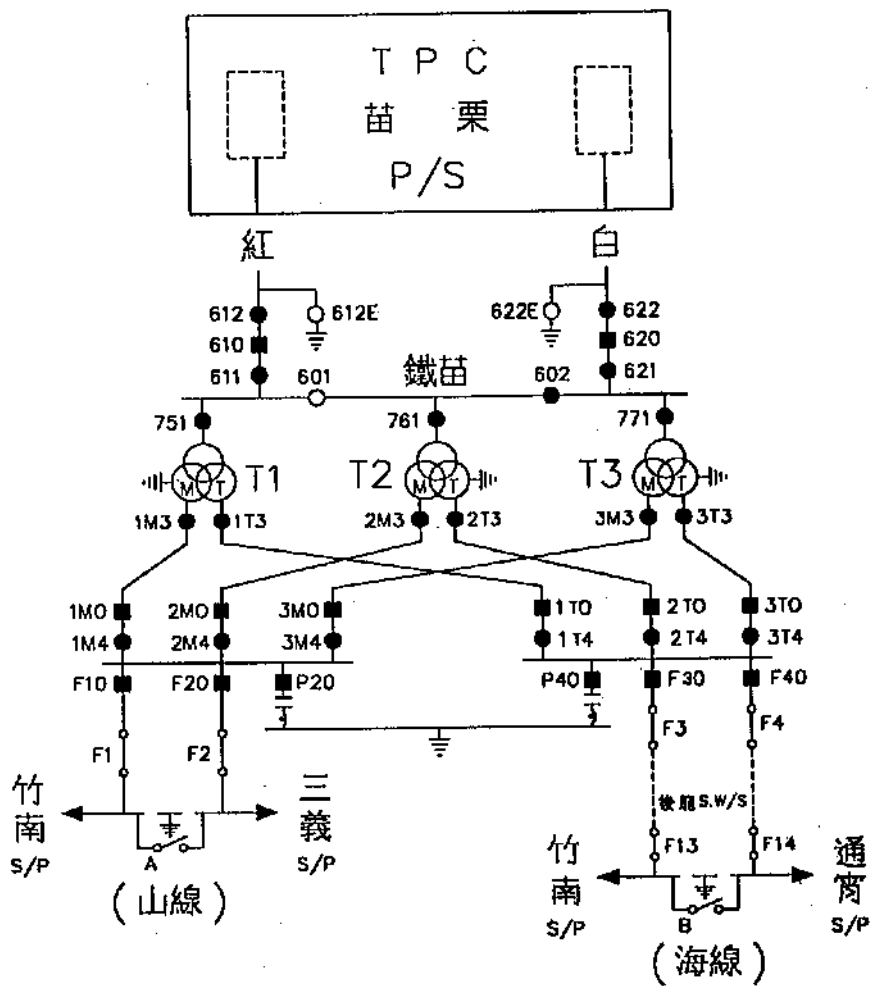


圖 1-2 台鐵雙變壓器變電站單線圖



圖例

■ 斷路器

● 隔離開關

⊕ 電車線開關

□ 斷路器

○ 隔離開關

⊕ 電車線開關

⊕ 接地

┌ 閉合 ┐ 為定位

Normal Close

┌ 開啓 ┐ 為定位

Normal Open



變壓器



電容器



電感器

圖 1-3 台鐵三變壓器變電站單線圖

因台鐵變電站之輸入電壓，為三相 69KV(或161KV)，而其負載為單相之電力機車，如欲在 69KV(或161KV) 線路上使用單相變壓器，其不平衡之單相負載對台電輸電系統將有影響，經研究比較決定採用三相變二相特殊連接方式之變壓器。此種三相變二相變壓器之常用連接方法有二種，一為 Scott 連接，另一為 Le Blanc 連接，台鐵係採用後者。台鐵變電站西部幹線主要設備規格如下：

(一)主變壓器

型 式：3 ϕ /2 ϕ ，屋外用，油自然冷卻。

容 量：10MVA。

頻 率：60HZ。

阻 抗：10%。

一次側：69KV， Δ 連接。

二次側：27.5KV \pm 5%，Le Blanc 連接。

超 載：50%，二小時；100%，二分鐘。

(二)輔助變壓器——供應變電站內低壓用電

型 式：屋內用、單相、油浸自冷式。

容 量：30MVA。

頻 率：60HZ。

一次側：25KV。

二次側：220/110V。

(三)斷路器

1. 69KV 側採用油斷路器 (Oil Circuit Breaker)。

型式：屋外用，大油量三相單槽式，油壓式動作。

遮斷容量：2500MVA。

額定電壓：72.5KV。

額定電流：1250A。

斷弧時間：2 cycles。

2. 25KV 側採用真空斷路器 (Vacuum Circuit Breaker)。

型式：屋內開關箱用，曳出型 (Drawout Type)，電動彈簧操作。

遮斷容量：300MVA。

額定電壓：25KV。

額定電流：800A。

斷弧時間：2 cycles。

(四)隔離開關

1. 一次側：69KV、三相、630A、雙斷型，電動或手動操作。

2. 二次側：25KV、三相、800A、單斷型，電動或手動操作。

(五)避雷設備

1. 避雷器

(1)69KV 側：額定電壓 73KV，突波電流 10KV

(2)25KV 側：額定電壓 40KV，突波電流 10KA。

2. 避雷鐵架

架設於變電站中央處，遮蔽角度為 45° ，遮蔽範圍可包括變電站屋外各重要設備，如主變壓器、隔離開關、斷路器、25KV 電纜及接頭等。

(六)保護電驛

1. 69KV 側保護電驛：

過載電驛、低壓電驛、過壓電驛、復閉電驛。

2. 變壓器保護電驛：

過載電驛、布氏電驛、熱偶電驛。

3. 25KV 側保護電驛：

過載電驛、方向性過載電驛、過壓電驛、低壓電驛、復閉電驛。

(七)電力電纜

25/43KV，紙絕緣和鉛皮被覆。

(八)功率因數改善設備

各變電站分別設置功率因數改善設備二套，每套視負載需求裝置 600 KVAR 或 900KVAR 電力電容器組，另為了抑制高諧波電流，於每組電力電容器上再串聯 105/157KVAR 電感器。

(九)電源設備使用 43Amp—Hr 鎳鎘蓄電池組 (Nickel—Cadmium

Alkaline Battery) 為控制用電源，平時由台電市電充電，台電停電時可以自動切換，改由站內之輔助變壓器供電。

(十)宜蘭線變電站主要設備規格如下：

1. 主變壓器

型式： $3\phi / 2\phi$ ，屋外用，油浸自冷式。

容量：15/18.75MVA OA/FA。

頻率：60HZ。

阻抗：10%。

一次側：69KV， Δ 連接。

二次側：27.5KV $\pm 5\%$ ，Le Blanc 連接。

超載：50%，二小時；100%，二分鐘。

2. 輔助變壓器——供應變電站內低壓用電

型式：屋內用、單相、樹脂模塑型。

容量：100MVA(連續額定)。

頻率：60HZ。

一次側：27.5KV(附無載分接頭 28.8 28.2 27.5 26.1 25KV裝置)。

二次側：220/110V。

3. 斷路器

a. 69KV

短路電流：31.5KA。

額定電壓：69KV。

額定電流：1200A。

b. 25KV 側採用真空斷路器 (Vacuum Circuit Breaker)。

型式：屋內開關箱用，馬達操作式具有機械手動操作之裝置。

遮斷容量：300MVA(於 25KV 時)以上。

額定電壓：27.5KV 以上(含)。

額定電流：1200Amp 以上(含)。

4. 隔離開關

a. 一次側：69KV、三相、1200A、雙斷型，電動或手動操作。

b. 二次側：25KV、單相、1200A、水平單點切離形式，電動或手動操作。

5. 電力電纜

69KV級，XLPE 或 EPR 電力電纜。

6. 諧波濾波器設備

各變電站分別設置諧波濾波器合功率因數改善設備二套，每套視負載需求裝置 4.81MVAR 或3.76MVAR 電力電容器組。

7. 變電站內使用 120Amp—Hr 鎳鎘蓄電池組 (Nickel—Cadmium Alkaline Battery)。

因主變壓器二次側兩單相電壓 (M 相及 T 相) 相位不同 (相差 90°)，故需在變電站出口端附近設置「無電區間」將此兩不相同相位隔離。此無電區間稱之為「中性區間」(Neutral Section)，其上裝有開關，平常均在「開路」位置。又台鐵變電站因屬台電電力系統之二次變電所 (Secondary Substation)，依台電規定，二次變電所之電源不可相連，故在台鐵兩變電站供電交界處仍須設置另一「無電區間」，稱之為「分界點」(Section Post)，其上亦裝有開關，平常均在「開路」位置，只有在鄰近變電站轄區內之電車線系統供電中斷時才得「閉合」。有關「無電區間」電車線結構圖如圖 1-4。

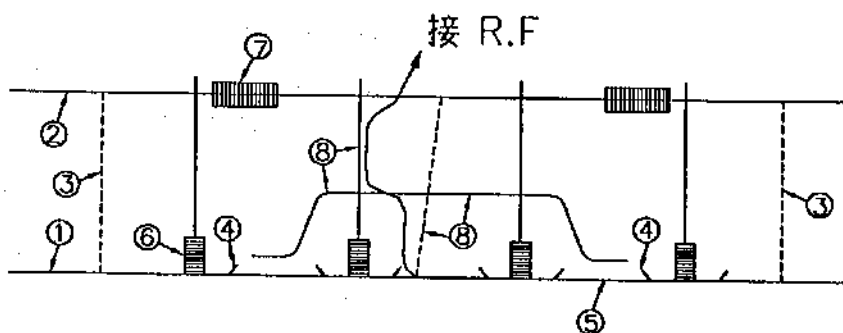


圖 1-4 無電區間電車線結構圖

- | | |
|--------|----------------|
| (1)接觸處 | (5)玻璃纖維 (絕緣材料) |
| (2)主吊線 | (6)橡膠絕緣套 |
| (3)吊掛線 | (7)絕緣礙子 |
| (4)消弧角 | (8)鋼管 |

目前除了十四處電化變電站外，台鐵另備有二台 10MVA 移動變壓器，分別裝置於拖車上，每台另配置只有二只真空斷路器、保護電驛及配電箱等設備，以應緊急之

需及加強機動馳援之功能。

四、25KV 電車線

台鐵電車線系統包括了架空電車線路、饋電線路、回饋線路、警告標誌及保護設備等（如表 1-2 及圖 1-5）。

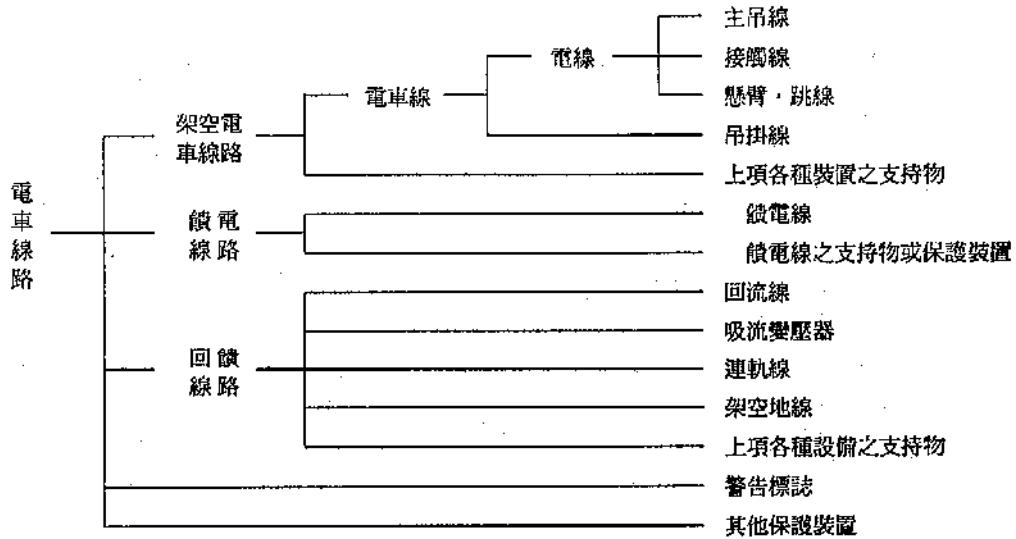


表 1-2

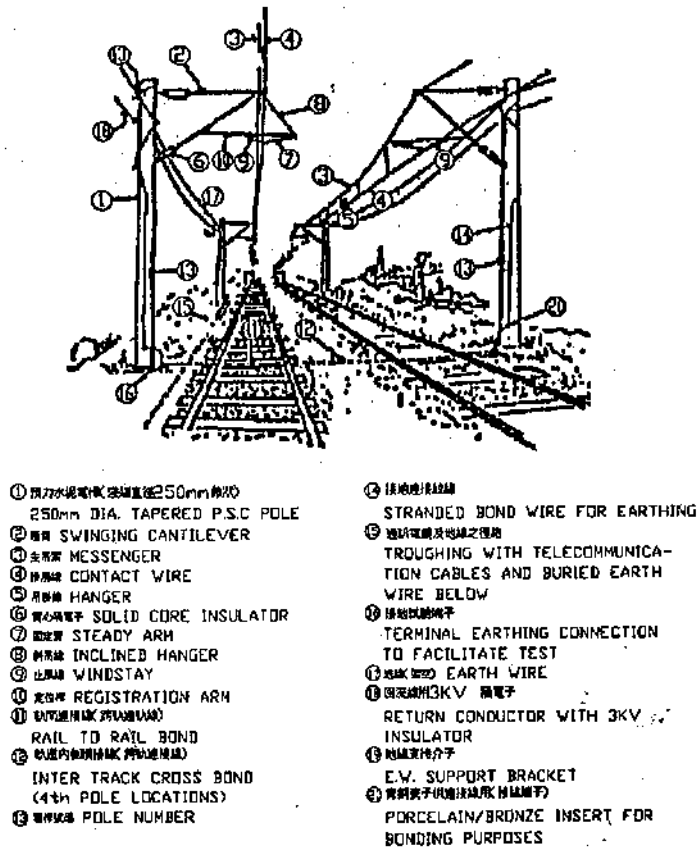


圖 1-5 台鐵電車線系統圖

架線型式	架線示意圖	備註
單純懸垂式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 可容許行車速度至120Km/H 2. 最各種電車總架設方式中,因構造簡單 3. 在需用支持電桿長短
單純垂懸式 (接觸線具弛線)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 可容許形車速度至160Km/H 2. 其他與上項同
變節型單純懸垂式 變型單純懸垂式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 可容許行車速度至130Km/H 2. 在集電弓通過硬點時所產生接觸線彈動率 3. 所需電桿必須加高
雙接觸單純懸垂式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 可容許行車速度至120Km/H 2. 使用兩條接觸線,電流容量大,適用停車 3. 由於電桿重量加重,需用粗大之支持電桿
合成單純懸垂式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 可容許行車速度至130Km/H 2. 量於左右兩邊之吊掛線,如裝制振器以減少集電弓通過硬點時之振動 3. 所用電桿必須加高
複合懸垂式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 可容許行車速度至150Km/H 2. 除吊線一條以外,求集電弓之平穩 3. 須用較高電桿
雙單純懸垂式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 可容許行車速度至160Km/H 2. 由於設備增加,管集電弓之滑輪極為不穩 3. 須用較高電桿 4. 設備費用較高
合成複合懸垂式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 可容許行車速度至200Km/H 2. 在集電弓通過硬點時,其平穩 3. 須用較高電桿 4. 設備費用較高

圖 1-6 交流電化區間之電車線架設方式

(一)電車線架線方式

1. 採用單純懸垂式 (Simple Catenary System) 接觸線具弛度之電車線架設方式。

有鑑於台鐵所處的特殊情況，如軌距 1067 公釐之窄軌，地形彎道多且彎曲率大等，容許列車最高行駛速度為 120KM/H。為適應此種情況，經研究比較決定採用「單純懸垂式且接觸線具弛度之電車線系統」，該系統不但構造簡單性能佳，在各種系統中最經濟，且可容許列車行駛速度至 160KM/H，不但符合台鐵目前之需求，且可因應將來提高行車速度之業務需要。有關世界各國交流電化區間採用之電車線架線方式如圖 1-6 所示，僅供參考。

2. 台鐵電車線架設長度共約 1175 公里，接觸線距軌面高度，在站間通常為 4.75 公尺，站內為 5 公尺，但在橋隧附近最低為 4.42 公尺。鐵路不交道一般高度為 5.4 公尺，惟不供汽車通行或有特殊情事者不在此限。為使集電弓碳精棒能平均磨耗，故在架設接觸線時，使其距軌道中心左右交互成一鋸齒狀，其左右偏位以 20 公分為原則。
3. 每一桿距 (Span Length) 在海線區段最高為 50 公尺，其他區段不得超過 56 公尺，每一分段張力長度 (Tension Length) 在海線區段最多為 32 桿距，其他區段則為 28 桿距，亦即每一分段之長度最長為 1600 公尺。
4. 為使電車線不受溫度變化影響，能經常保持一定高度，在每一分段前後兩端之重疊區間，均安裝自動拉力調整裝置，利用平衡錘方式自動調整 1600 公尺之拉力。但在站內如分段之長度不及 800 公尺，可簡化為一端固定一端自動調整方式。
5. 為預防電車線發生故障時能迅速偵測出故障地點，於雙軌地段之站內均裝設有比流器 ⊙CT。該比流器一次側兩端分別連接於東、西正線之獨立電車線群，二次側則利用電纜連接於故障指示器，當電車線發生短路故障時，離故障地點較近之 ⊙CT 勢將流通極大之故障電流，超出 ⊙CT 之設定值 (600A)，而使故障警報器動作並產生蜂鳴警報。

(二)電車線支持結構

1. 基礎之抗旋轉力須大於電車線設備遇到風速每秒 60 公尺之風力所產生總和力矩轉荷於基礎之應力。
2. 為求電車線支持桿之穩定，一切基礎均為水泥基礎。
3. 基礎用混凝土經 28 天保養後，須具有 22N/mm² 之抗壓力。
4. 基礎須具有 1.5 以上之安全係數。
5. 水泥電桿依負載荷重之大小，分為直徑 250mm、300mm、500mm 三種。
6. 在站內或特殊地點無充分空間容許建立水泥桿，或在橋樑上因載量超過水泥桿承力之極限，則改用鐵桿。
7. 在站內因軌道分布密集，缺少足夠空間，須採跨軌門型架以達成目的。在水溝、堤壩或建築物等特殊地點無法建桿之地，須利用對方立桿支持延伸臂架構成獨腳臂架。

(三)採用分群制度

為便於保養與維修，電車線通常分成若干區間或分區間稱之為電車線群，群與群之間利用高速或低速區分絕緣器加以隔離（電力列車速度在 65km/Hr 以上區間使用高速區分絕緣器，65km/Hr 以下之站內側線及裝卸線上使用低速區分絕緣器，如圖 1-7 所示），站內與站外以絕緣重疊（Over Lap）之架設方式並依運轉之需要分設開關，管制不同電車線群之通電或斷電。

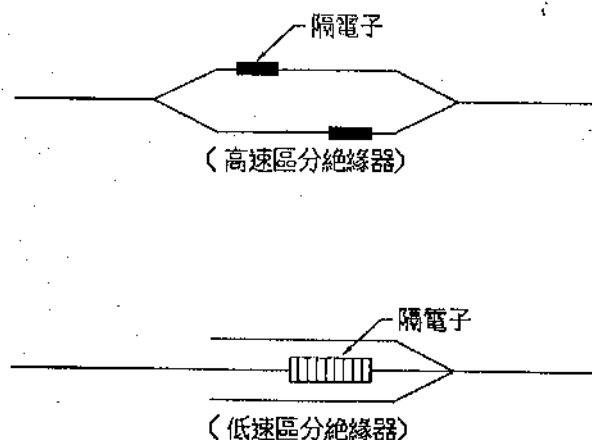


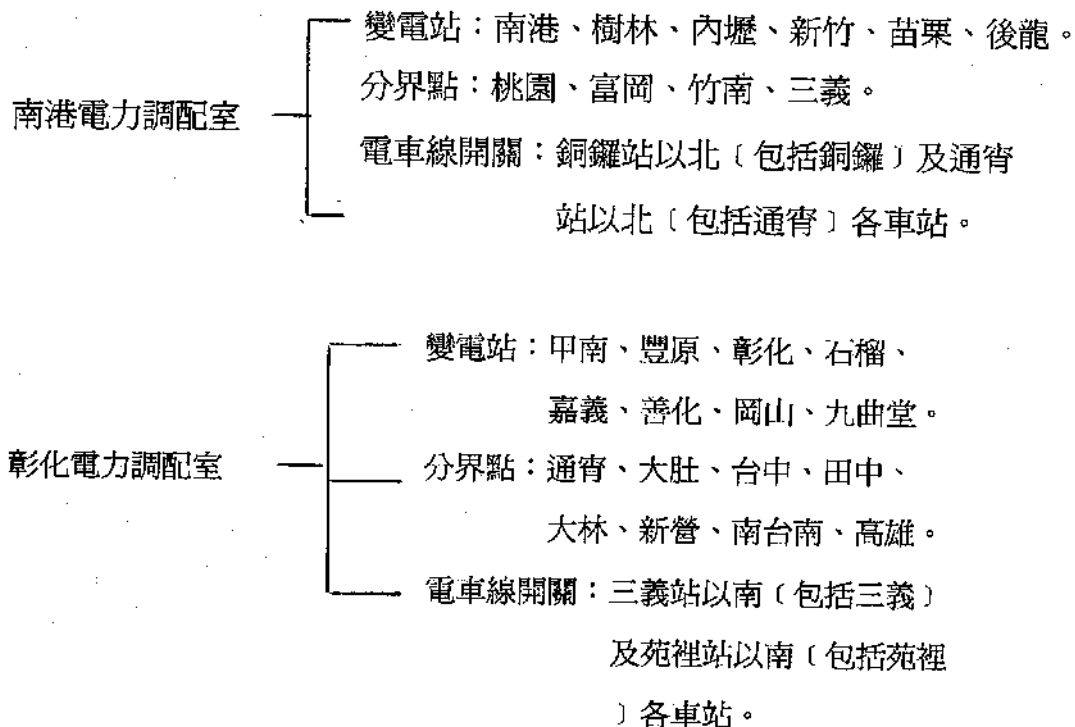
圖 1-7

(四)接地聯軌系統

台鐵電車線系統採用以鋼軌為回流電路方式，同時為確保牽引電流之連續不斷，減輕電訊干擾，並在短路或正常運轉情況下減低接觸電壓、跨步電壓及電位昇高。電車線回饋系統加設雙回饋線或部份特殊區段加裝吸流變壓器（Booster Transformer）及回流線，另於軌道旁沿電訊地下電纜埋設鍍鋅鋼絞線一條，以收輔接地之效。電車線回饋系統圖如圖 1-8 所示。

五、電力調配與遙控

台鐵西部幹線共設置二個電力調配室（遙控中心），控制及監視沿線十四處變電站及十二處分界點，並負責台鐵電化線路 69KV 及 25KV 之電力供應及調度作業。各變電站及分界點之開關操作均採遙控方式，由電力調配員於調配室直接以遙控操作。各車站之電車線開關係由值班站長接受電力調配員之開關操作指令，以電動或手動方式執行操作。各電力調配室所管轄之範圍如下：



(一)電力調配室之主要裝置設備如下：

1. 模擬控制盤(Mimic Diagram)

各變電站、分界點之控制開關，狀態表示燈、電車線系統及遙測電表等，均設於模擬控制盤上。兩遙控中心之重疊區段，分別展示於兩遙控中心之模擬盤上，但該區段只接受其所屬遙控中心之控制。

2. 遙控主機(Teledac Central Processor)

與電子計算機之 CPU 相似，將資料儲存、處理、以作控制及監察之用，是遙控中心之中樞。

3. 遙控外站(Telepace Equipment)

(1)用以接收遙控主機編碼、調變後傳送到外站的音頻訊息。

(2)將外站解碼、解調後的訊息傳回主站。

4. 電源設備

(1)整流器：交流 220V、60HZ 轉換為直流 24V。

(2)電池：鹼性鎳鎘蓄電池 24V。

(二)外站之主要裝置設備如下：

1. 輸入單元(Telepace Input)

用以監視及遙測開關位置、繼電器接點狀態及電壓、電流。

2. 輸出單元(Telepace Output)

接收遙控信號，經解調、驛碼後，動作輔助繼電器以操作開關。

3. 電源設備

(1)整流器：交流 220V·60HZ 轉換為直流 12V。

(2)電池：鎳鎘蓄電池 12V。

有關台鐵遙控系統如圖 1-9 所示。

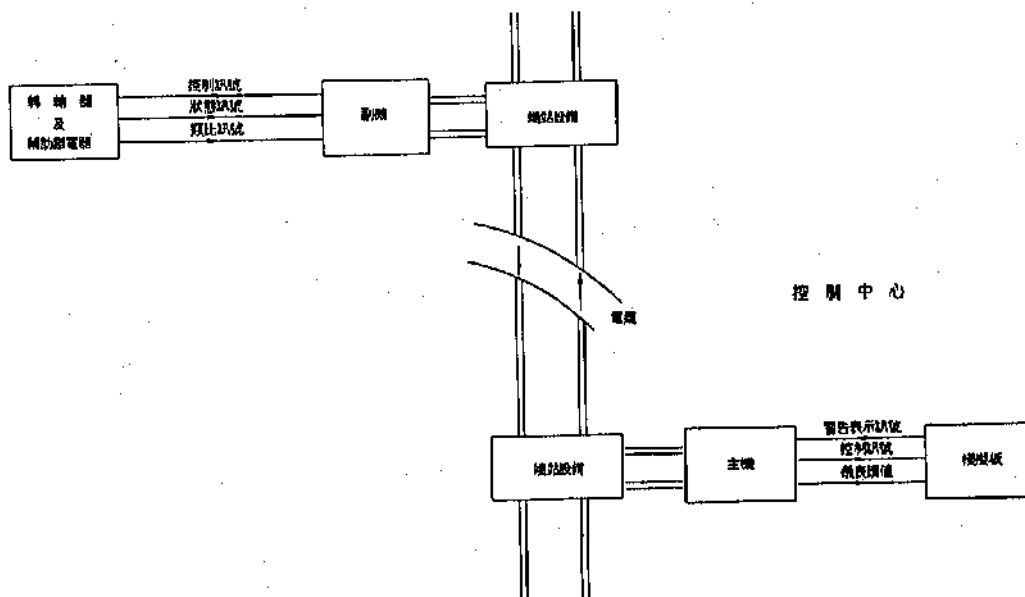


圖 1-9 圖 台鐵遙控系統圖

六、電力機車牽引

(一)概說

電力機車之優點簡述如下：

- (1)以發電之熱效率言，電氣鐵路之熱效率約為30%，亦較柴油化，蒸汽者為高。
- (2)電力機車不需攜帶任何燃料，及上水，可節省時間及勞力。
- (3)電力機車最高時速 120 公里，電車組最高時速 120 公里，均較柴電機車及柴客之 110 公里為高。
- (4)電力運轉之動力費用可較柴油者省 1/3，較蒸汽者省 2/3。
- (5)電力運轉之維修費用遠較蒸汽，柴油者為節省，因配件甚少磨擦。
- (6)電力機車毫無黑煙，無空氣污染。
- (7)電力機車、電車組起動，加速迅速，操縱方便省力。
- (8)牽引能量大，茲比較如下：

①旅客列車在 10‰ 上坡及 $r = 400m$ 之彎道上，均衡速度為 50 km/hr 時，其可牽引重量為：

蒸汽機車	340 噸
柴電機車	400 噸
電力機車	1,060 噸

如在上述線路上，牽引客車 15 輛 525 噸時，其均衡速度為：

蒸汽機車	36 km/hr
柴電機車	41 km/hr
電力機車	81 km/hr

如在上述線路上，牽引貨車 1,200 噸時，其速度為：

柴電機車	19 km/hr
電力機車	44 km/hr

②旅客列車在 25‰ 上坡及 $r = 300m$ 時之均衡速度：

牽引客車 13 輛 455 噸時：

柴電機車	21 km/hr
電力機車	51 km/hr

(蒸汽機車僅能拉 360 噸速度為 10 km/hr)

牽引客車 15 輛 525 噸時：

柴電機車	18 km/hr
電力機車	46 km/hr
電車組	66 km/hr

由上述可知電力機車或電車組在同樣路線上可以拉得重，跑得快，遠較蒸汽、柴電機車為優。

(二) 電力機車電力供應

1. 電力機車電力供應請參考圖 1-10 及圖 1-11。

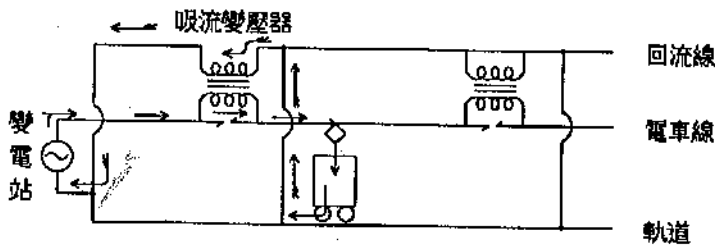


圖 1-10

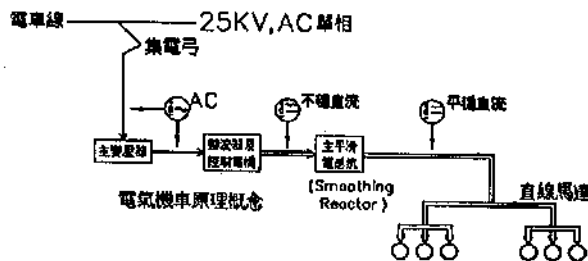


圖 1-11

2. 電力機車構造

- ①首先自集電弓(Pantograph)將電車線上 25KV 之高壓交流電引入機車，經由真空斷路器入於變壓器之一次側，再經由車軸流至回流軌道流回至變電所構成一回路。
- ②在變壓器之二次線圈側則感應而生電流較大，電壓較低之交流電(一次線圈電壓高電流小)，此交流電經由矽整流器及閘流電晶體之整流及電壓之控制後，變成直流電流入直流馬達發生牽引作用，閘流電晶體能將電壓作無火花、無接觸、無階段之控制，使電力機車之運轉十分圓滑，速度低時電壓低電流大，速度高時則電壓高電流小，其作用原理有似柴電機車，(馬達亦為直流馬達)，所不同的是車速高，電壓要求高時，變壓器可以足夠供應(二次線圈最高電壓可獲 1,908 V 左右)，所以不需馬達連結方式之變更以配合電壓之需求。這點是交流電力機車方便之處。(請參考圖 1-12)

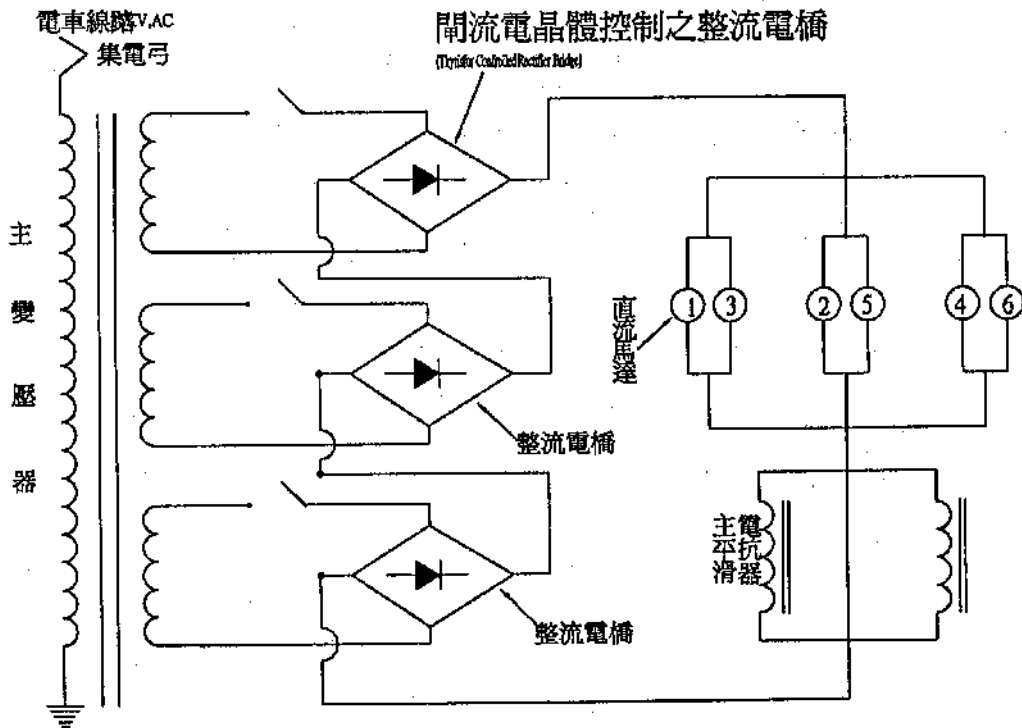


圖 1-12 電氣機車電路概要(GE製機車)

第二章台鐵變電站饋電方式

一、台鐵 69KV 系統饋電方式

(一)雙變壓器之供電系統請參考圖 2-1

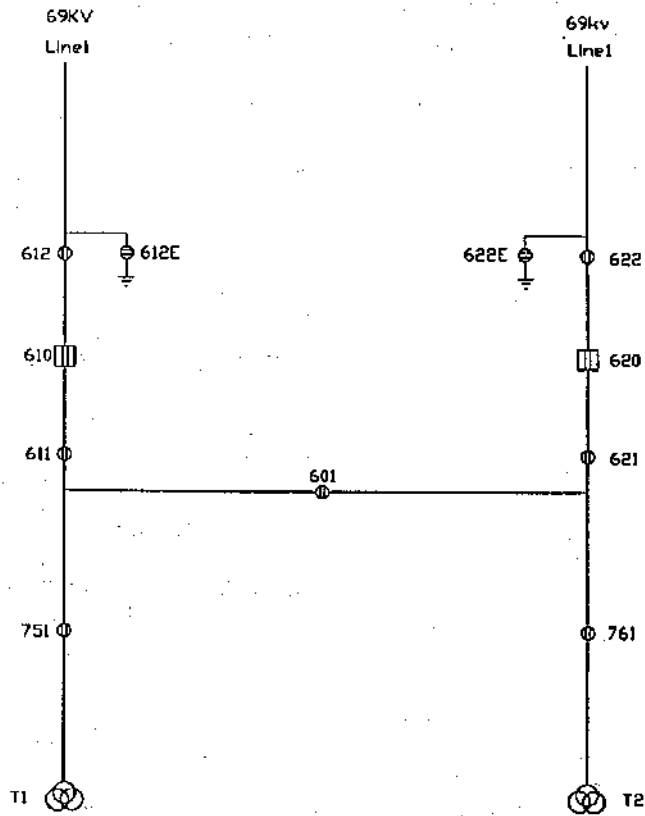


圖 2-1 69KV 雙變壓器供電系統

(二)三變壓器供電系統請參考圖 2-2

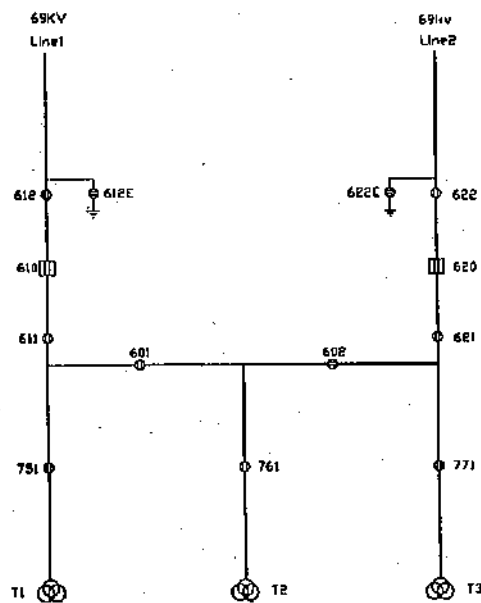


圖 2-2 69KV 三變壓器供電系統

FMO 一斷 FTO 一斷
 (或 1MO 一斷 2MO 一斷 1TO 一斷 2TO 一斷)

②620一通

③601一斷

④閉合負載端斷路器：

FMO 一通 FTO 一通
 (或 1MO 一通 2MO 一通 1TO 一通 2TO 一通)

如此，增加一項連鎖條件後，可減少 69KV 斷路器之操作次數，有下列之優點：

①縮短變電站暫時停止供電之時間，提高供電品質，確保列車準點。

②延長斷路器之使用年限。

三、鐵苗/鐵後 69KV 輸電系統饋電方式

(一)輸電系統(1)

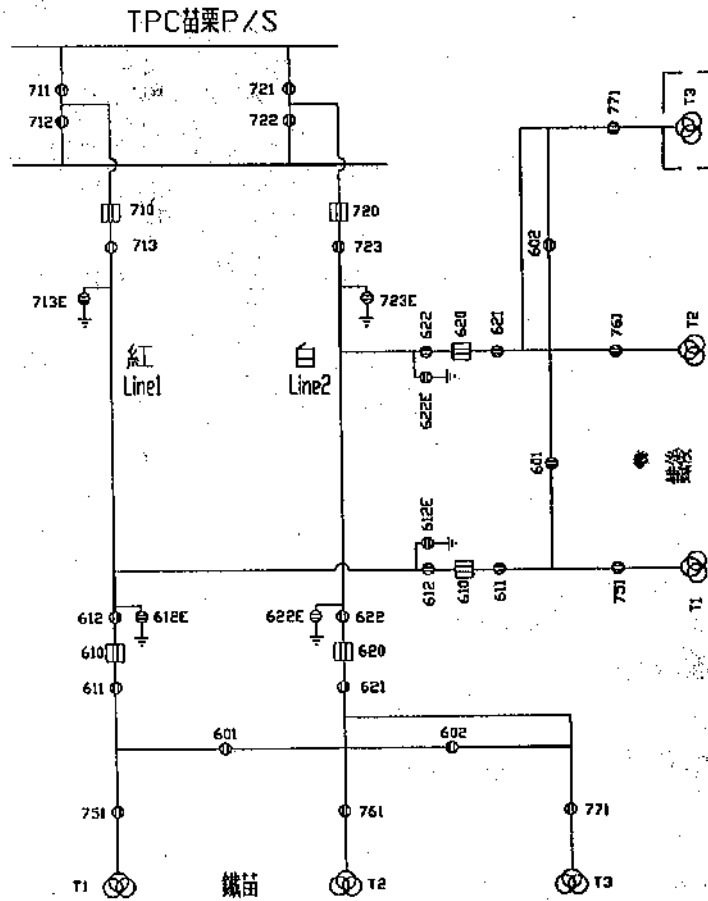


圖 2-3 鐵苗/鐵後 69KV 輸電系統(1)

鐵苗、鐵後變電站係由台電公司苗栗一次變電所以共線方式饋電(如圖 2-3)。鐵苗第一只主變壓器及鐵後第一只主變壓器均由苗栗 P/S 69KV 輸電線第一回路

(Line 1)供電，鐵苗第二、三只主變壓器及鐵後第二只主變壓器則由苗栗 P/S 69kv 輸電線第二回路(Line 2)供電。兩變電站 601 隔離開關均以「啓斷」爲定

位(Normal Open) 602 隔離開關均以「接通」爲定位(Normal-Close)。

當申請其中一輸電線路斷電工作時，須涉及兩變電站之開關操作，例如 Line 1 停電時，其操作程序爲：(苗栗 P/S 及接地開關之操作略)

- ①鐵苗 610—斷
611—斷
612—斷
- ②鐵後 610—斷
611—斷
612—斷
- ③啓斷鐵苗二次負載端斷路器後
- ④鐵苗 620—斷
601—通
620—通
- ⑤閉合鐵苗二次負載端斷路器
- ⑥啓斷鐵後二次負載端斷路器
- ⑦鐵後 620—斷
601—通
620—通
- ⑧閉合鐵後二之負載端斷路器

復電時：(苗栗 P/S 及接地開關之操作略)

- ①鐵苗 612—通
611—通
- ②啓斷鐵苗二次負載端斷路器後
- ③鐵苗 620—斷
601—斷
620—通
610—通
- ④閉合鐵苗二次負載端斷路器
- ⑤鐵後 612—通
611—通
- ⑥啓斷鐵後二次負載端斷路器後
- ⑦鐵後 620—斷
601—斷
620—通
610—通
- ⑧閉合鐵後二次負載端斷路器

(二)輸電系統(2)

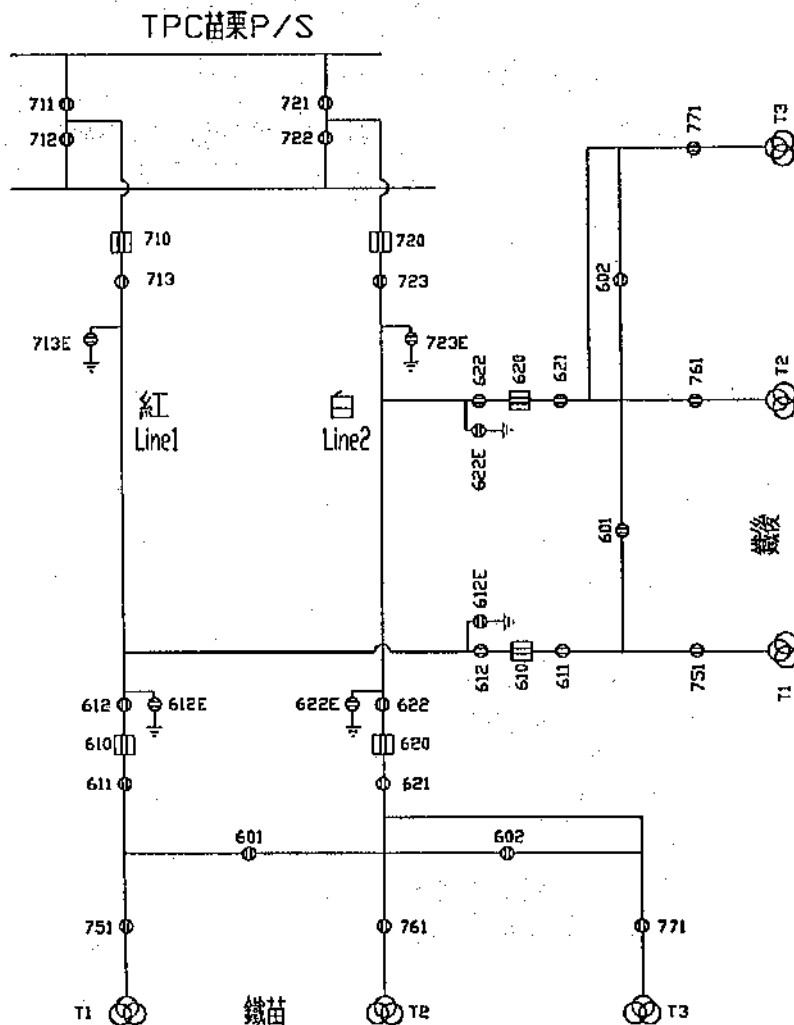


圖 2-4 鐵苗/鐵後 69KV 輸電系統(2)

若鐵苗/鐵後 69KV 輸電系統之饋電方式改為以一輸電回路供給一變電站為原則 (另一輸電線回路為備用)如圖 2-4。

1. 鐵苗由苗栗 P/S 69KV 輸電線第一回路(Line 1)供電：
 - 620 斷路器及 621 隔離開關以「啓斷」為定位(Normal Open)。
 - 610、611、612、601、602、751、761 以「接通」為定位(Normal Close)。
 - 622 為就地操作開關以「接通」為定位。
2. 鐵後由苗栗 P/S 69KV 輸電線第二回路(Line 2)供電：
 - 610斷路器及 611 隔離開關以「啓斷」為定位。
 - 620、621、622、601、602、751、761 以「接通」為定位。
 - 612 為就地操作開關以「接通」為定位。

如此，申請其中一線停電工作時僅需操作一變電站之開關，例如 Line 1 停電時

其操作程序為：(苗栗 P/S 及接地開關之操作略)

1. 啓斷鐵苗二次負載端斷路器。
2. 鐵苗 610—斷
612—斷
611—斷
3. 鐵苗 621—通
620—通
4. 閉合鐵苗二次負載端斷路器。

復電時：(苗栗 P/S 及接地開關之操作略)

1. 啓斷鐵苗二次負載端斷路器
2. 鐵苗 620—斷
621—斷
3. 鐵苗 612—通
611—通
610—通
4. 閉合鐵苗二次負載端斷路器

因此，鐵苗/鐵後 69KV 輸電系統若改為如圖 2-4 之饋電方式有下列之優點：

1. 停電作業時，開關操作次數大為減少，可提高供電品質，延長設備壽命。
2. 簡化供電系統，遇其中一輸電線路故障僅影響一變電站之供電。且開關作業簡化，易於調配，減少人為之疏忽。

四、25KV 電車線饋電系統

(一)彰化 S/S 山/海線 25KV 電車線之饋電方式：

1. 原饋電系統：

彰化變電站 25KV 饋電系統如圖 2-5 所示。往北之饋電係由 T 相匯流排 (Bus Bar) 分別由：

- (1) FTO 饋電真空斷路器經 F1、F2 饋電開關至彰化站。
 - (2) F110 饋電真空斷路器經 F11、F21 饋電開關送海線至大肚分界點。
 - (3) F120 饋電真空斷路器經 F12、F22 饋電開關送山線至台中分界點。
- 彰化站①、②及成功站③開關以「啓斷」為定位。

2. 新饋電系統：

為配合豐原—成功間雙軌及大肚溪橋重建工程，彰化變電站 25KV 饋電系統往北之饋電方式擬改為如圖 2-6 所示。此系統之饋電方式為：

- (1) 由 FTO 饋電真空斷路器經 F1、F2 饋電開關送彰化站至山線台中 S/P。彰化站及山線各站均裝有 ©C.T(故障監視器)，為一標準型複線區間之供電方式。
- (2) 由 F120 經饋電開關 F12、F22 送海線至大肚 S/P。且海線區段與彰化站及山線(成功、追分間)間以中性區間設備隔離，使單獨成立一系統，易於調配作業。

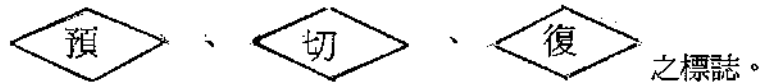
3. 新系統(圖 2-6)與原系統(圖 2-5)饋電方式之比較：

(1)取消彰化站之單獨饋電區間：

彰化站之電車線配置包含有機、檢段使用之保養線及洗車線等。電化初期，為避免機、檢段內因電力機車保養作業引起之短路跳脫事故影響正常系統之運轉，故予以單獨饋電。惟經多年來機、檢單位工作人員對電力系統之認識與保養作業之熟練，因工作不當引起電力系統之短路跳脫事故已不再所聞，故將彰化站與山線併為一饋電區間，簡化供電系統，使成為一標準型複線區間之供電方式。

(2)海線區段與彰化站及山線(成功~追分)間改以中性區間設備隔離。

如圖 2-5 所示，原系統之饋電，在山—海線及彰化站間電車線，相互之隔離方式係採以空氣絕緣重疊(Over Lap)並附設開關設備之方式隔離。彰化①、②開關及成功③開關係以「啓斷」為定位(Normal Open)。此系統之缺點在於兩絕緣重疊之電車線分屬兩不同之饋電區間，當兩不同饋電區間因列車密度相差太大時，兩絕緣重疊電車線之電位差異頗大，故當機車集電弓橫跨此絕緣重疊處(Over Lap)時，易生火花(Spark)而燒傷設備。且當申請電車線斷電作業，欲改變供電方式時，必須特別留意，否則易發生以電車線絕緣重疊處(Over Lap)作為兩不同變電站供電區間之隔離，而使集電弓橫跨絕緣重疊處(Over Lap)時，將兩不同變電站之電源相短接之慮。新系統(圖 2-6)之饋電方式則採用中性區間設備作為隔離，可絕對避免上述缺點。惟對駕駛電力機車之司機員而言，多了一處



(3)開關作業應注意事項：

①彰化 S/S 全停時：

以彰化 S/P 及追分 S/P 為界：

(A)山線部份台中 S/P~彰化 S/S 區間改由豐原 S/S 越區供電。

(B)海線部份大肚 S/P~追分區間改由甲南 S/S 越區供電。

②豐原 S/S 全停時：

由彰化 S/S FTO 經台中 S/P K1、K2 越區供電。

③甲南 S/S 全停時：

由彰化 S/S F120 經大肚 S/P K1 越區供電。

(二)樹林變電站 25KV 電車線饋電系統：

為應台北站鐵路地下化工程，列車密度及牽引力增加，地鐵處於樹林新設一電站(15MVA×2)，其饋電系統如圖 2-7。

1. 由台電公司樹德一次變電所供電，69KV 兩回路以電纜埋設。

2. 變壓器乃採 Le Blanc 接線方式，將 69KV 三相變為 25KV 兩單相。每只變壓器容量為 15MVA。

3. 25KV 之饋電系統：

- (1)由 T 相匯流排以 FTO 饋電真空斷路器經 F3、F4 饋電開關往南送至鶯歌~桃園間之分界點(桃園 S/P)。供電區間各站之⊙開關以「閉合」為定位，與台鐵現行複線區間之供電方式一樣。
- (2)由 M 相匯流排往北送之饋電方式，則以 FM10 饋電真空斷路器經 F1 饋電開關送西正線；以 FM20 饋電真空斷路器經 F2 饋電開關送東正線。

研討由 M 相匯流排往北送之饋電方式可分為：

1. 東、西正線獨立饋電：

(1)開關位置(如圖 2-8)

- (A) FM10、F1 以「接通」為定位，向西正線饋電。
- (B) FM20、F2 以「接通」為定位，向東正線饋電。
- (C) 板橋⊙萬華⊙台北⊙、(512)、(207) 以「啓斷」為定位，餘各開關均以「接通」為定位。

(2)特性：

樹林 S/S ~台北 S/P 間東、西正線各為獨立之饋電系統。饋電範圍縮小，遇其中一正線發生故障跳脫時，即可由跳脫之斷路器判定，且另一正線仍可繼續供電運轉不受其影響。

(3)缺點：

- (A) 不利於故障地點之判斷。
連結東、西正線之⊙開關以「啓斷」為定位，裝設之故障監視器無法動作監視，不利於故障地點之判斷。
- (B) 申請電車線斷電時開關作業牽涉較多。
例如申請萬華第 1 群斷電時，其開關作業程序為：
 - (a) 須先啓斷樹林 S/S FM10
 - (b) 啓斷萬華⊙、⊙開關
 - (c) 接通台北⊙開關(或(512)開關)
 - (d) 接通樹林 S/S FM10而於一般複線供電區間，申請第 1 群斷電時，僅需啓斷第 1 群有關之⊙⊙⊙號開關。
- (C) 不適於雙單線之列車運轉
因東、西正線各為獨立饋電系統，負載(電力車)容量不同，當列車實施雙單線運轉，電力車集電弓橫跨連結東西正線之區分絕緣器時，由於兩端之電位不等，若負載極端不平衡，電位差異很大時，會產生極大之火花而損傷電力設備。

2. 東、西正線並聯饋電：

(1)開關位置(如圖 4-9)

- (A) FM10、F1 以「接通」為定位。
FM20、F2 以「啓斷」為定位。

或(A)FM10、F1 以『啓斷』爲定位。

FM20、F2 以『接通』爲定位。

(B) 台北以(512)、(207)「啓斷」爲定位。

餘各站之開關均以「接通」爲定位。

(2)特性：

(A) 適用於列車雙單線運轉：

各站連接東、西正線之⊙開關以「接通」爲定位，東、西正線之電位相同，故當電力車之集電弓橫跨連結東、西正線之區分絕緣器時，不會產生異常火花損傷設備。

(B) 易於判斷故障地點：

各站連結東、西正線之⊙開關以「接通」爲定位，遇接地故障跳脫時，裝設於故障點鄰近站之故障監視器會發出警告，使調配員易於判斷發生故障之地點。

(C) 申請電車線斷電時開關作業較簡明：

申請電車線群或區間斷電時，僅需操作該電車線群或區間之電車線開關。例如：萬華第 1 群或欲斷電時，僅需啓斷萬華①③⑤號開關。

(3) 缺點：

此東、西正線並聯饋電方式之缺點乃在於過饋電短路跳脫時，無法及時判斷故障點屬於那一正線(東正線或西正線)，且不論那一正線故障，另一正線之供電均會受其影響。惟此缺點，電力調配員可利用故障監示器之警告，判斷故障區段，在短時間內予以分區試送電，隔離故障之電車線群或區間，使其他區段恢復正常供電。

(4) 開關作業應注意事項：

(A) 正常供電時 FM10、F1 及 FM20、F2 不得同時饋電。

正常供電時，東、西正線並聯饋電。若以兩只斷路器同時饋電，遇饋電短路時，兩只斷路器均應跳脫，不符系統保護及經濟之原則。

(B) 啓斷板橋⊙號開關(以 FM10、F1 饋電時)或⊙號開關(以 FM20、F2 饋電時)應先啓斷斷路器(FM10 或 FM20)。

分析台鐵行車運轉之特性及上述兩種饋電方式，採東、西並聯饋電方式爲宜。

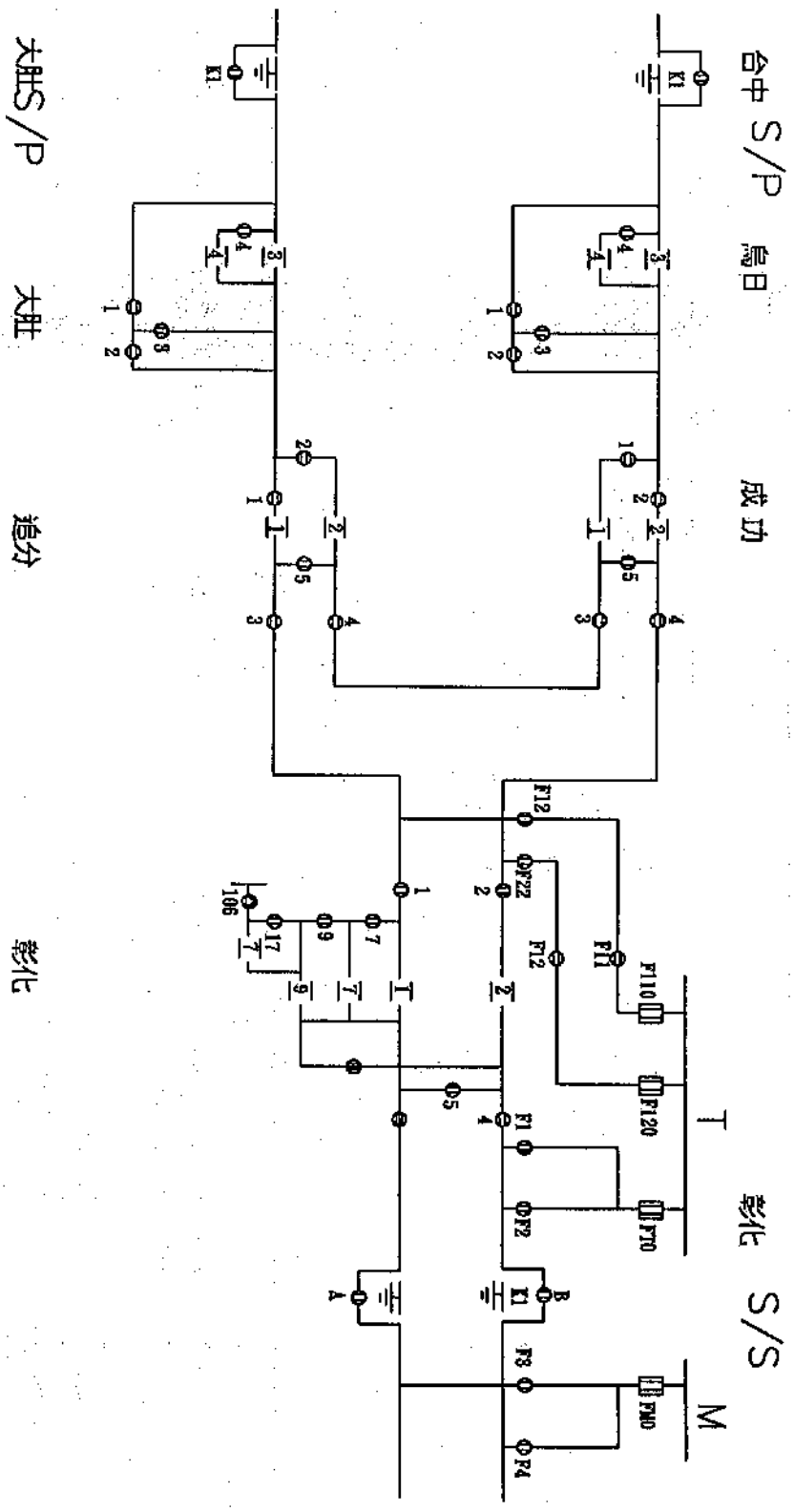


圖 2-5 彰化變電站 25KV 饋電系統圖(一)

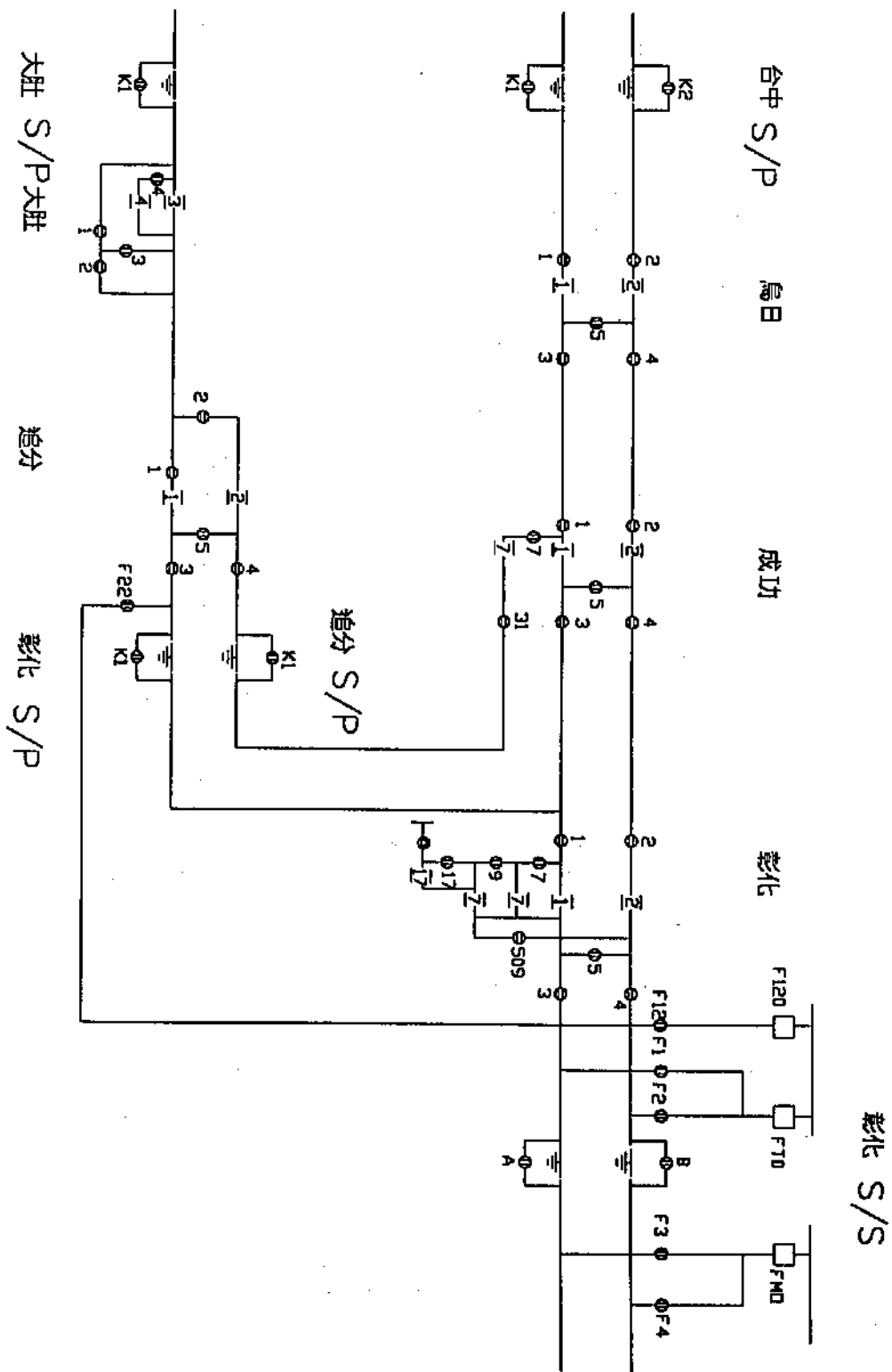


圖 2-6 彰化變電站 25KV 饋電系統圖(二)

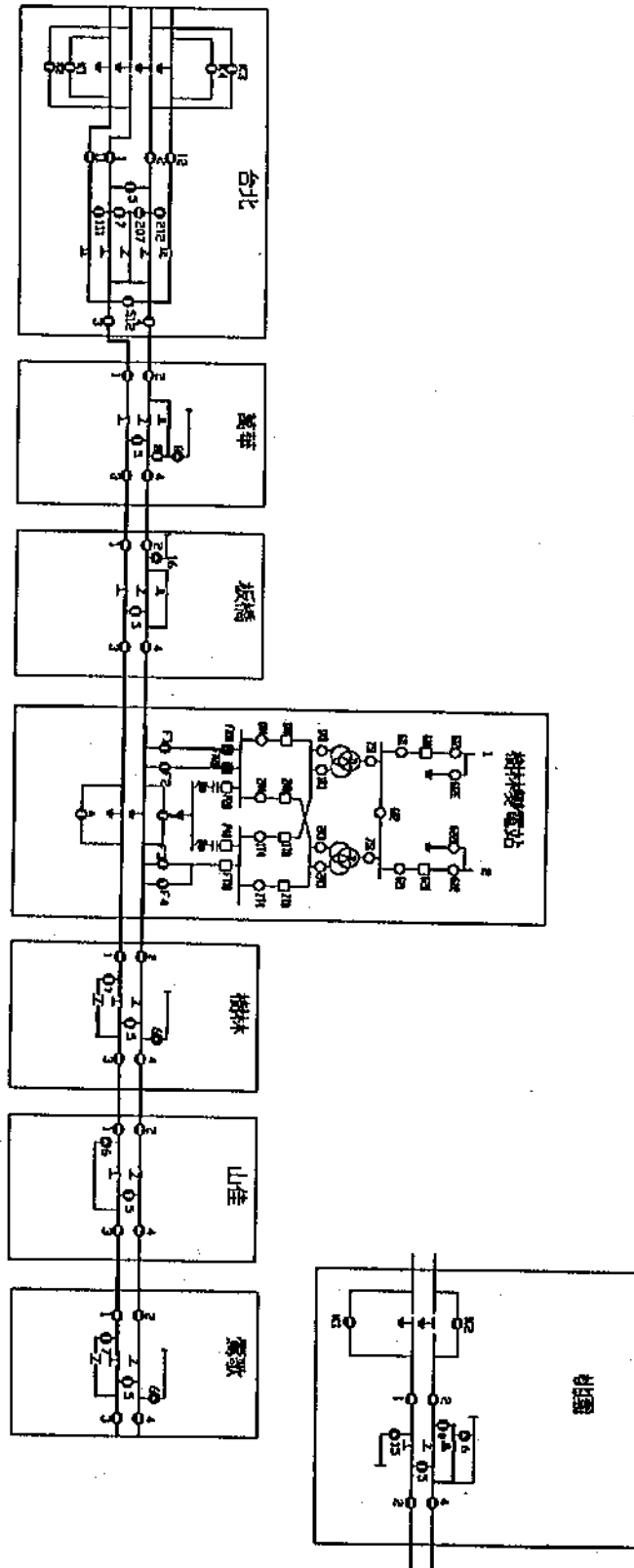


圖 2-7 樹林變電站饋電系統圖

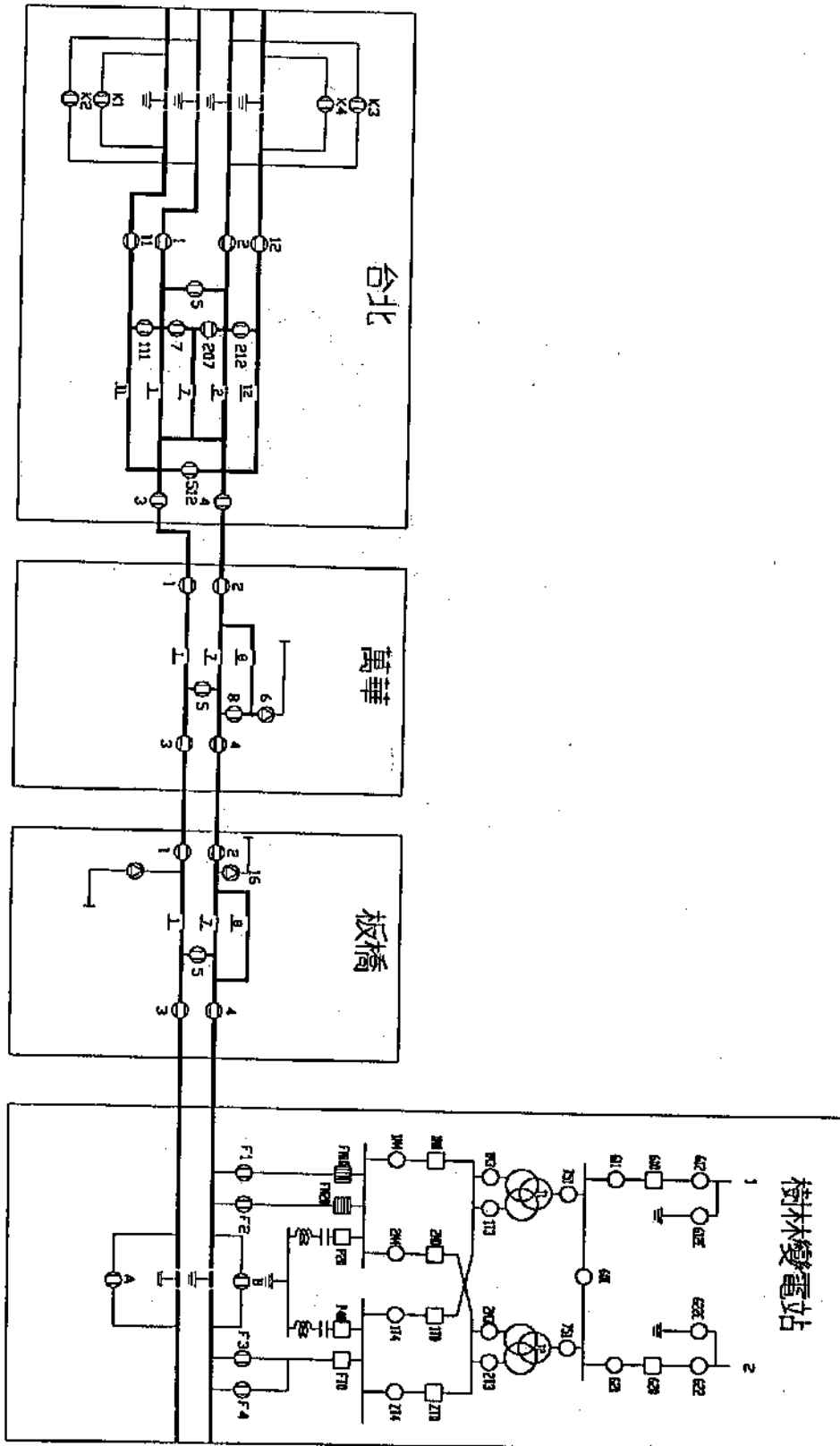


圖 2-9

第三章台鐵電化變電站設備

一、概說

台鐵電化變電站設備概況，敘述如次：(請參考第一章圖 1-2)

- (一)台電公司 69KV 輸電線路，有兩回路引入台鐵變電站後設有兩台三相同槽式油斷路器。在油斷路器一次側，設有隔離開關及比壓器。隔離開關係與接地開關設於同一鐵架上，而互相連鎖。
- (二)油斷路器二次側，亦設有隔離開關，以便維修油斷路器時，可隔離之。
- (三)油斷路器一次側之套管內，裝有比流器，以便儀表及電驛動作用。
- (四)變電站內 69KV 分為兩回路，而此兩回路中間有一隔離開關，可以將兩回路並聯或個別分開。
- (五)主變壓器一次側設有隔離開關及避雷器，二次側同樣亦設隔離開關及避雷器。
- (六)一般裝有兩台主變壓器之變電站，在其一次側不相聯，卻在二次側並聯運轉。因主變壓器之二次側分為 M 與 T 之單相，故兩台變壓器之二次側同相聯在一起。
- (七)自主變壓器至二次側 25KV 匯流排有一真空斷路器。再從 25KV 匯流排經另一真空斷路器至電車線。
- (八)屋外之開關場，至屋內之開關室係以 25KV 之電纜相接。
- (九)屋內開關室，設有 25KV 真空斷路器操作盤兼電驛盤，69KV 電驛盤、低壓開關盤及開關操作盤等。
- (十)儀表、電驛及記錄器等之指示電源，均由比壓器及比流器之二次線圈電壓或電流供給。此等比壓器均裝在擬測之線路上。
- (十一)為工作人員之安全，個別鐵構均為接地，且在屋外開關操作處，設有腳踏鐵板，此鐵板亦連接於地網，以策安全。而另有接地操作桿每站六條，以便停電維修時接地用。

二、比壓器(Potential Transformer)

(一)比壓器功能

1. 台鐵變電站對於電力公司而言係屬於二次變電。係將 69KV 高壓變為 25KV 之變電站。因為此種 69KV 電壓很高，電流亦大，不能直接量其電壓。如此不僅需要很高的絕緣強度，且造價亦高。因而，通常須使用比壓器以降低其電壓。因比壓器之一、二次側電壓比率為常值，故能從二次側之讀數測知一次側正確電壓之值。(請參考圖 3-1)
2. 比壓器(Potential Transformer 或 Voltage Transformer)簡稱 PT 或 VT，係將高壓變成低壓，以便儀錶及電驛等之應用。其基本原理，構造及作用與一般變壓器相同。二次側之電流或電壓，與一次側成比例，且其相角(Phase Angle)差越小越佳。從變壓器之等效電路及向量圖，變壓器一次側有激磁電流，且其一、二次線圈有阻抗，必然使其一、二次之變壓比(請參考圖 3-2 中 V_1/V_2)，變流比及相角差發生誤差。為增進其準確度，鐵心必須採用導磁良好之矽鋼片，且設計時，磁通密度較低。即儘可能將一、二次阻抗降低，使在額定範圍內負載之任何變化，比率之誤差變為最小。理想

之比壓器，一次側電壓與二次側電壓間常作一定之比率，而且其位相角之差為 180° 。如其相角有差異時，對於電壓表或電驛雖無甚影響，但對於瓦時計則影響較大。

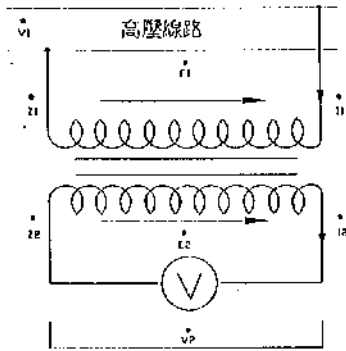


圖 3-1

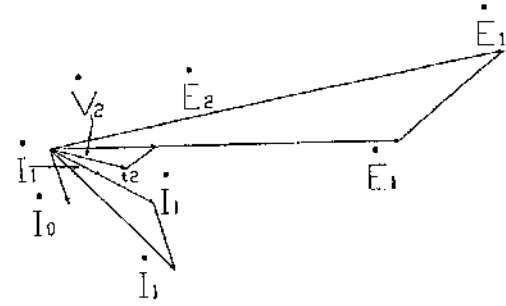


圖 3-2

3. 屋外用比壓器二次側接入屋內電驛盤 (RELAY PANEL)。作為電壓記錄器及電驛之用。由此等記錄器及電驛，可測知一次側電壓 69KV 之變動，及輸電線路之故障等。

(二) 台鐵比壓器

1. 台鐵電化變電站所使用之屋外比壓器，設於 69KV 輸電線之入口處。有 R 相，S 相及 T 相用三個比壓器。因每處變電站由電力公司兩路輸電線引進，故有六個屋外用比壓器。(請參考圖 3-3)

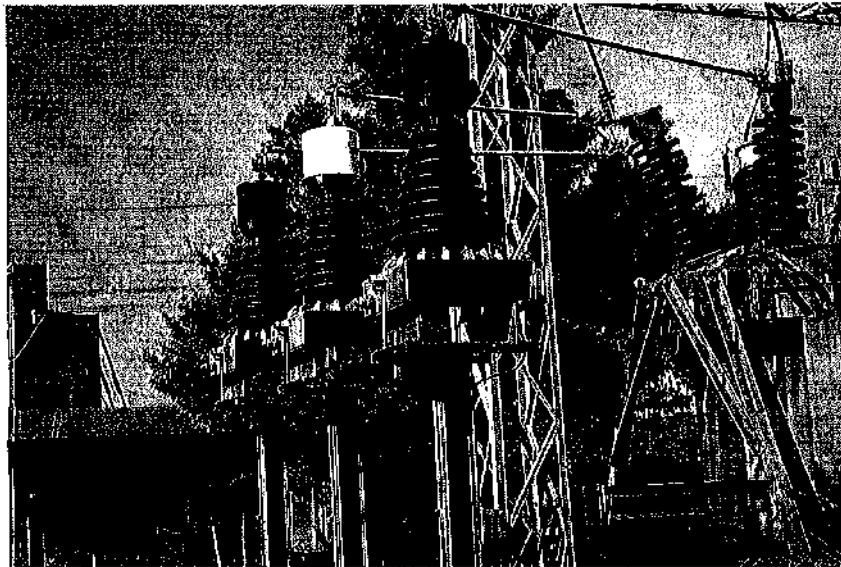


圖 3-3

2. 比壓器的一次側接於 69KV，另一端為接地。二次側變出來的為 100V，其一端亦為接地。故實際上，一次線圈電壓，各相為 $69/\sqrt{3}$ KV。二次線圈電壓，各相為 $100/\sqrt{3}$ V。換言之，比壓器之接線方式，一、二次側均為 Y-Y

式。線間電壓，在一次側為 69KV，但在二次側為 100V (參照圖 3-4 3-5)

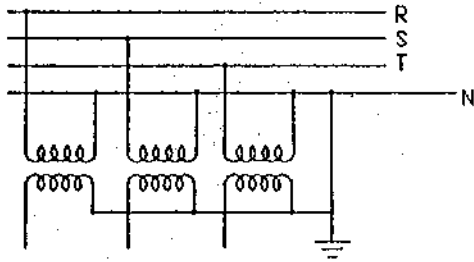


圖 3-4

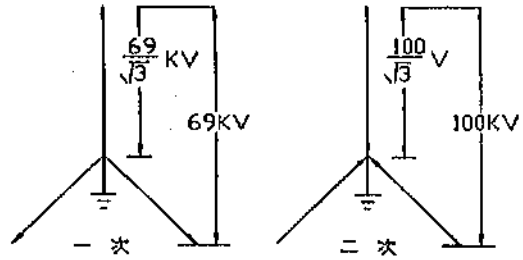


圖 3-5

3. 除了屋外用比壓器，另設有屋內用比壓器，專司 25KV 側之用。因 25KV 側分為 M 相及 T 相，故屋內用比壓器，各站設有二台。其一次側接至 25KV 匯流排，二次側變出 100V。二次側接至電驛盤供作電壓記錄器使用，另接至 25KV 電驛盤供作電驛使用。
4. 比壓器之變比試驗，方法有二。有一次側加壓法及二次側加壓法。一次側加壓法之試驗，係從一次側加測試電壓(V_1)，而測其二次側電壓(V_2)。通常變壓比大者，其二次側測出來的電壓值甚低，須用較細讀數之儀表。
5. 二次側加壓法之試驗，因一次側所應加之電壓相當高，甚至於高至數萬伏特，觸之即有生命危險。需極小心。而且，被測試側必需開路。此與比流器之被測試側必需短路的情形，剛好相反。否則，同樣有危險。

$$\text{變壓比} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

N_1 , N_2 為一、二次線圈數。

6. 比壓器之極性試驗有兩種方法。一為利用變壓比試驗器試驗其變化時，可由試驗器之引線連接看出其極性。但如特高壓之比壓器，不能使用變壓比試驗器試驗。此時，將同側(一、二次側之同側)二端用導線聯接起來，而後，自一次側加 AC100V 電壓。測得另一同側電壓為 V_2 ，如 $V_2 < 100V$ 則為減極性，如 $V_2 > 100V$ 則為加極性(圖 3-6)

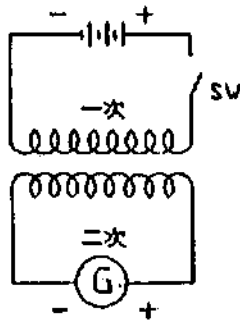


圖 3-7

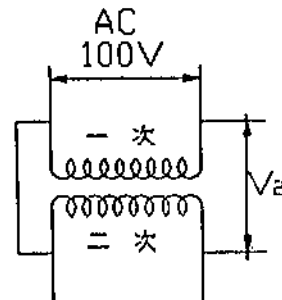


圖 3-6

7. 利用直流電源，亦可測知極性。將直流電源加於一次側(電壓數伏特即可)，二次側接檢流表(Galvanometer)，其端點極性應與同端之一次側所接直流電源相同。當開關投入瞬間，指針偏向“負”即為減極性，反之為加極性(參考圖 3-6)
8. 又如需要測試比壓器之絕緣時，可用電力因數試驗。台鐵之比壓器均為單套管油入型比壓器。此型比壓器一次側有一端為接地，在加壓前應先把該接地端拿開，並且注意因該端接線使用較低額定之套管引出，絕緣階級較低，不宜加很高的電壓(測定絕緣電阻時，避免使用 D.C.Highpot 加高電壓測試)。
9. 以上所述，69KV 側輸電線路兩回路各相之比壓器，及 25KV M、T 各相之比壓器。此外，另有保護電驛用小型比壓器兩對。每一對用在輸電線路每一回路之二次側，設在屋內保護電驛盤背面。其接線方式為 Y—Δ(Star-OPEN DELTA)式，變壓比為 1 比 1 (參考圖 3-8)

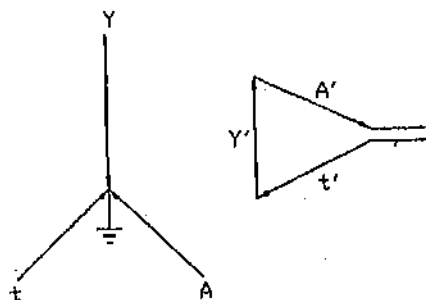


圖 3-8

三、比流器

- (一) 台鐵電氣化變電站內所使用之比流器，其設置地點有兩種。一種是裝於套管(Bushing)內，另一種係露出在外面固定於面板。此種比流器的用途，將一次側之大電流轉變為小電流，以便作為儀表、記錄器或電驛等之用。但因電表，電驛或記錄器之型式與所需之電流各不相同，故比流器之一、二次側之比率各有不同。
- (二) 比流器之一次線圈，通常與線路串聯，而二次線圈即直通於電表，記錄器或電驛線圈串聯短接起來。
- (三) 比流器之鐵心，必須導磁率高，鐵損小，而且二次電路之阻抗小者。其一、二次側電流 I_1' 、 I_2 間有次式所示之關係：

$$\frac{I_1'}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}, \quad I_1' = \frac{N_2}{N_1} \cdot I_2$$

如測得 I_2 ，即可求出一次電流。但實際上，顧及激磁電流 I_0 時，實質上之一次電流 I_1 會因 I_0 而與 P_1 不盡相同。此為測試電流時所發生之誤差(參考圖 3-9 3-10)

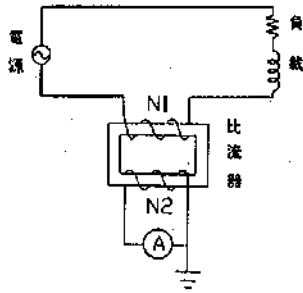


圖 3-9

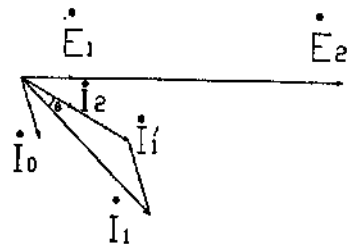


圖 3-10

(四)變流比有次式關係：

$$\text{變流比} = \frac{I_1}{I_2}$$

I_1 與 I_2 之相差(ϕ)稱為相角(Phase Angle)。

如要限制變流比及相角之誤差，應極力減低激磁電流。

一般，連接於比流器二次側之儀表類阻抗，統稱為負擔(burden)。負擔越小，誤差亦低。故比流器之負擔，通常有一定限制。

標準負擔係二次側阻抗，乘於二次側電流即【VA】。如 5, 15, 40 或 100 【VA】等。

(五)比流器之變流比試驗，可用一只標準 CT 與被試 CT 比較。即標準 CT 與被試 CT 的一次側相串聯，接至一可變電流電源上，CT 二次側各接一準確及被試的電流表，由兩電流表之讀數，可計算出被試器之變流比(參考圖 3-11) 設標準 CT 之變流比為 N_1 ，其電流讀數為 I_1 。被試 CT 側之電流讀數為 I_2 ，則：

$$\text{變流比 } N_2 = N_1 \cdot \frac{I_1}{I_2}$$

上述標準 CT 最好為多接頭式，試驗時可盡量調節其接頭。做此試驗時，切記勿使 CT 之二次側開路。

比流器之極性試驗，最簡便之方法為直流電表擺動法。係利用一直流電源(視其變流比可使用幾個電池，或一、二十個電池串聯)，一個直流永磁式電流表及一個單極單投開關。試驗時，將開關投入，則電流表指針瞬間擺動。現象假如指針指向正方向擺動，表示極性記號是對的(參考圖 3-12)

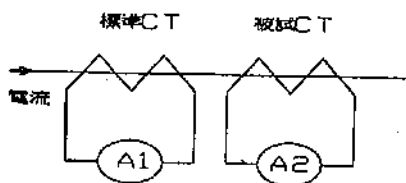


圖 3-11

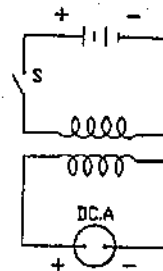


圖 3-12

(六)比流器極性的表示亦有一定的規則，目前台電公司規定在比流器接線端上以 K、L 及 k，I 表示之。K 表示一次側的輸入端，k 表示二次側之輸出端。或在比流的一、二次側上點一點漆，以表示為 K 及 k (參考圖 3-13)

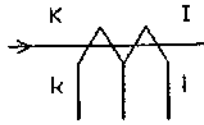


圖 3-13

四、油斷路器與 SF6 瓦斯斷路器

(一)油斷路器特性

台鐵 69KV 側採用油斷路器，其特性如次：

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 額定使用電壓 | 72.5KV |
| 2. 額定電流 | 1,250A |
| 3. 額定啓斷電流 | 20KV |
| 4. 短路容量 | 2,500MVA |
| 5. 斷弧時間 | 2 週率 |
| 6. 絕緣程度 | 350KV |
| 7. 型式 | 戶外用，三相同槽式 |

(二)油斷路器構造

該斷路器之特殊點，為三相接點均納入同一槽內。而且，一次套管內裝有比流器。

油槽內計有六組接觸子及消弧室，一次、二次側各有三組。接觸子分別裝有強力彈簧，足可應付載流及電弧。三相電源，R、S 及 T 相各有兩根(一、二次側)計有三組可動接觸棒。一、二次側三相各連在一起，當斷路器閉合時，由上及由下互相移動而相接。此種可動接觸棒，保養時均可折裝。在接觸子之外圍，設有玻璃纖維製成之消弧套。在消弧套內裝有疊成的玻璃纖維製分片，為吹弧分散電弧之用。消弧套之裝卸甚是簡單。

(三)油斷路之動作

其開啓動作，為一自由跳脫之彈簧所組成。三組而有六部接點之開啓即靠此彈簧之力。但閉路動作卻要靠強緊而甚粗之外箱彈簧之力，將此六部接點同時閉合。外箱彈簧之壓緊，係靠三分之一馬力的電動油壓泵浦，油壓力量每平方公分約 155 公斤。此彈簧之壓緊亦可由手動操作搖柄，旋轉馬達而為之。但須經數分鐘之操作時間，始能將此彈簧上緊。

油斷路器之外箱，係附在油槽緊貼在旁邊。斷路器內部上下接片連桿，連至此外箱內而與箱內之馬達、油壓系統、彈簧等操作機構相通。馬達電源為 DC125 伏特，正常電流約 3~4 安培，彈簧上緊時間約為 14 秒。

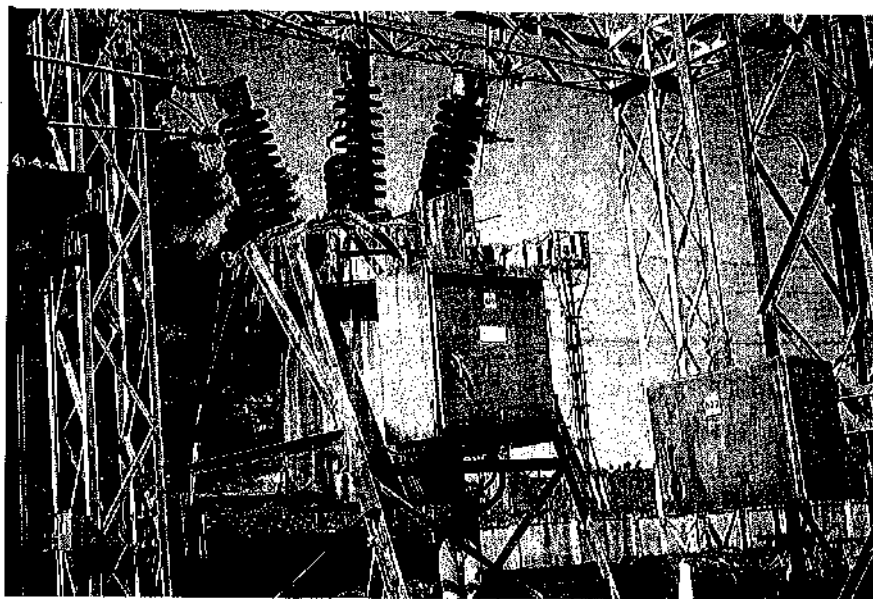
(四)維修注意事項

1. 絕緣套管一、二次側計有六支，每根(支)重約 64 公斤，套管內有油量約

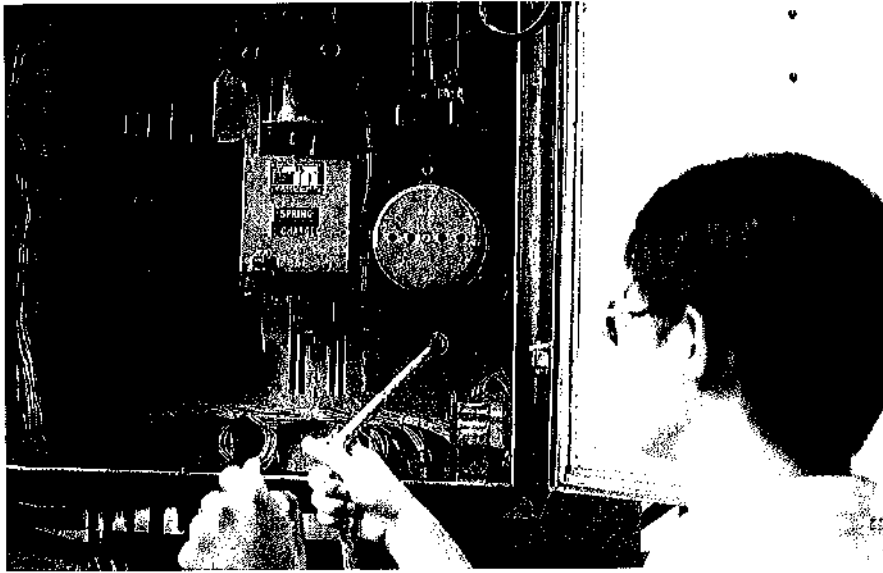
- 1.5 加侖，以作內部之電氣屏蔽，礙管係密封式。
2. 鐵油槽盛油量約為 310 加侖。檢修油槽內部時，可使用附設之捲揚絞鏈，使之上升或下降。
3. 當活電清洗油斷路器時，應特別注意。因三相同槽式之絕緣套管，異相距離較近，噴洗時容易發生跳火花。
4. 油斷路器內絕緣油為一經常須要過濾處理者。因該斷路器係屋外裝設，且有呼吸孔，在外風吹雨打，又經過好幾次之操作。故難免會有雜物之浸透或油分解，而使絕緣油不純。良好之絕緣油，須能耐每 2.5 厘米空隙時 30KV 電壓。一般絕緣油固有電阻，每公分間為 10~14 歐姆。
5. 本油斷路器之總檢查，大約每正常開閉 300 次，或故障跳脫 3 次時，必須檢查接點及消弧套。每正常動作 500 次至 600 次則須更換消弧套之纖維絕緣筒。

第 14 圖所示油斷路器之外觀。

第 15 圖所示其外箱之操作機構。



第 14 圖



第 15 圖

(五)SF6 瓦斯斷路器簡介

台鐵 69KV 油斷路器因使用年限已久，且保養維護不易，近年來已逐漸汰換為 SF6 瓦斯斷路器 (SF6 GAS CIRCUIT BREAKER, 簡稱 GCB)。GCB 與 OCB 最大之不同，在於 GCB 是利用數倍於大氣壓力之 SF6 氣體作為絕緣及消弧介質，其重量比 OCB 輕很多，且為護保養簡單（幾乎不需要維護），若 SF6 壓力正常（5 大氣壓力以上），僅需每六年作一次細部拆解保養即可。

SF6（六氟話硫）是一種不燃性，無毒、無色的氣體，具有高度的介電強度，它被使用在斷路器設備有以下優點：

1. 具有良好絕緣及消弧特性。
2. 因為是不燃性，所以沒有火災危險存在。
3. SF6 是一種惰性氣體，所以不會有接觸子氧化或元件被腐蝕的情形發生。
4. 氣體在密閉回路中循環，可獲得安靜之操作。
5. 接觸子的損耗是輕微的，而且氣體的絕緣性，在長時間中不會劣化。

(六)瓦斯斷路器特性

1. 額定電壓	72.5KV
2. 額定電流	2500A
3. 額定啓斷電流	31.5KA
4. 介電耐電壓	350KV
5. SF6 壓力	5.5bar/20°C
6. 正常啓斷時間	0.04 秒
7. 正常投入時間	0.06 秒

(七)瓦斯斷路器構造及動作

本斷路器是一種屋外用定槽式斷路器，消弧室被設計為每相一只，且被置於內

部充滿 SF6 氣體之鋁鑄密閉氣室內，消弧元件係採用噴吹型，它是利用接觸子的移動產生壓縮氣體，經由噴嘴來控制和消滅弧光。

斷路器每相均裝有兩支套管，每支均有一層鋁凸緣面，此凸面提供空間以容納比流器。閉合彈簧係由一馬達／泵浦元件來帶動一驅動器使閉合彈簧蓄能，當閉合彈簧被釋能時，是由閉合線圈去釋放機構的門梢，其相關機械連桿閉合斷路器接觸子，同時跳脫彈簧亦同時被蓄能，準備做下一次的跳脫操作。

基本上而言，本 GCB 與 OCB 操作機構之組成及原理大致類似，但 GCB 多了 SF6 氣體壓力之偵測和警報裝置，目前 Alarm 設定在 5bar，若氣體壓力降至 4.5bar 時，GCB 將被“閉鎖”（即無法操作 OPEN 或 CLOSE），以免發生操作之危險性。第 16 圖所示為 GCB 之外觀。

第 17 圖所示為 GCB 之操作機構。

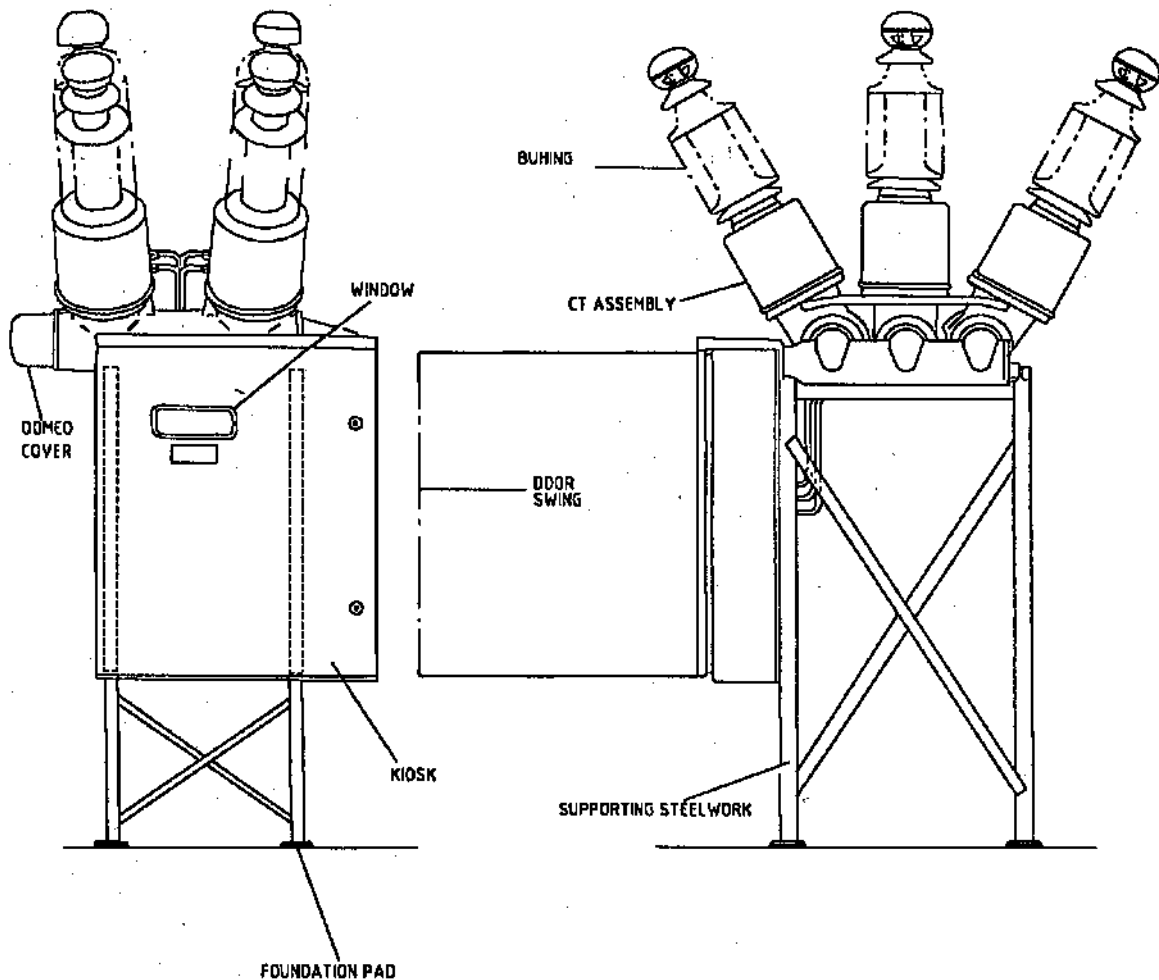


FIGURE 1 GENERAL ARRANGEMENT OF 72.5 KV SF6
CIRCUIT-BREAKER TYPE FL1

圖 3-16

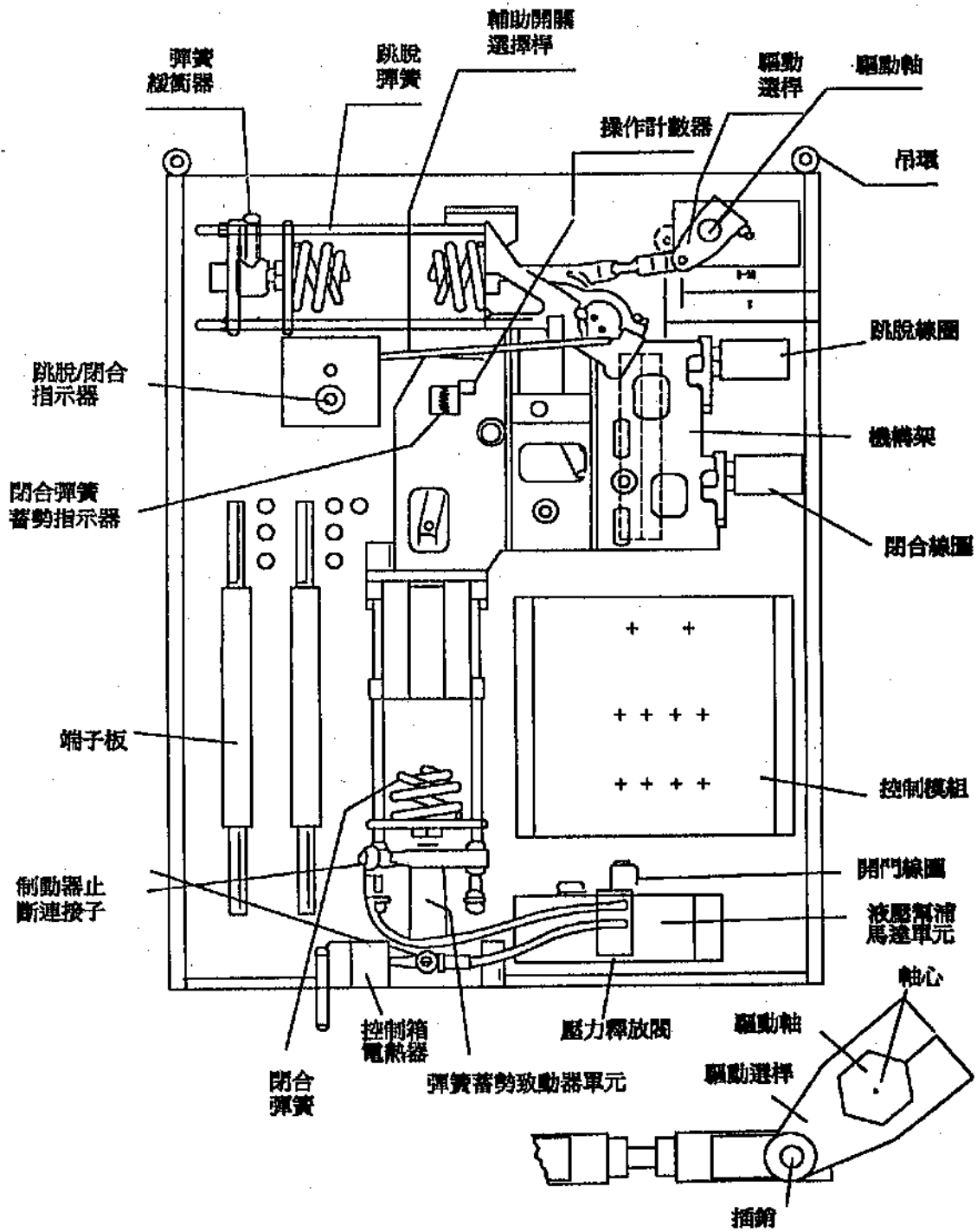


圖 3-17

五、主變壓器

(一) 概說

台鐵電化所使用之饋電電壓為國際電化鐵路通用之交流 60 週、25KV 電壓。但台電公司現用之輸電電壓為 34.5KV、69KV、161KV 之特高壓及 345KV 之超高電壓等數種；台鐵所使用之 25KV 電壓必須從上列特高壓之一予以降低，因而需要變電設備。且電化鐵路對電車線所供給之電壓為單相電壓，對電力公司之三相電力網路會造成局部不平衡現象而影響其他負載；同時為確保電力行車之順利，供電系統片刻不能中斷，甚至遇供電及變電系統發生故障時，亦應設法使之能饋電於電力車以維持行車。故電化先進國家均採用三相變二相特殊連接方式之變壓器，以減低對三相電力網之不平衡影響。此種三相變二相變壓器之常用接法有二種，一為大家較為熟悉之 Scott(T 型) 連接，是用兩個相同之單相變壓器組合而成；另一為 Le Blanc 連接，是用一具三相變壓器將其二次側線圈接成雙單相組合而成。

(二) Scott(T 型) 連接

此種接法是由二個單相變壓器組合而成，在電路上是相連，而在磁路上則因二單相變壓器各自獨立而互不影響。

1. 接線線路及向量圖

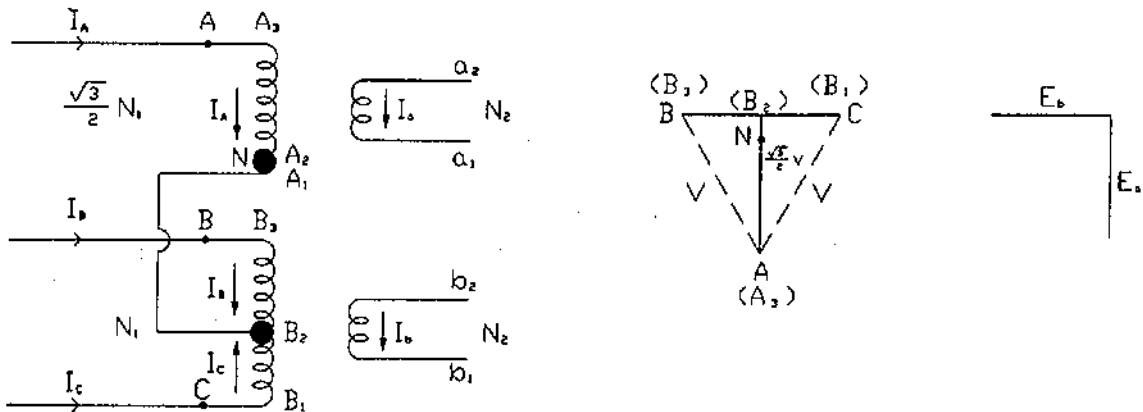


圖 3-18 Scott 連接接線線路及電壓向量圖

如圖 3-18，Scott 連接係由二個單相變壓器組合而成，在主變壓器之一側要有一中心抽頭(B_2)，而在另一輔助變壓器一側亦具有一抽頭(A_2)。

主變壓器一次側(B_2 與 B_1 間)感應之電壓如圖 3-18 $V_{B_2B_1}$ 間之向量圖， B_2 為 B 線之端點， B_1 為 C 線之端點。輔助變壓器一次側(A_2 與 A_1 間，亦即 A_2 與 B_2 間)之電壓，可用 $V_{A_2B_2}$ 與 $V_{B_2B_1}$ 兩電壓之向量和得到。 A_2 為 A 線之端點。

故由圖 3-18 得知，設線電壓為 V ，則 $V_{A_2B_2}$ 之值應為 $\frac{\sqrt{3}}{2}V$ ，所以設主變壓器

一次側之匝數為 N_1 ，則輔助變壓器(A_2 與 A_1 間)一次側之匝數應為 $\frac{\sqrt{3}}{2}N_1$ 。若每一變壓器二次側之匝數均相同為 N_2 ，則時相差為垂直(Time-phase quadrature)之二個相等二次側感應電動勢因而產生。

2. 輸入電流與輸出電流之關係

根據 Maxwell 電磁理論，每一變壓器兩側之安匝輸其向量和應等於零，故：

在輔助變壓器內：
$$\bar{I}_A \times \frac{\sqrt{3}}{2} N_1 + \bar{I}_A N_2 = 0$$

$$\text{即 } \bar{I}_a = -\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{N_1}{N_2} \bar{I}_A \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

在主變壓器內：
$$\bar{I}_b \frac{N_1}{2} - \bar{I}_c \frac{N_1}{2} + \bar{I}_b N_2 = 0$$

$$\text{即 } \bar{I}_b = \frac{N_1 (\bar{I}_c - \bar{I}_B)}{N_2} \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

∵ 對三線制而言， $\bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C = 0$

∴ $\bar{I}_C = -(\bar{I}_A + \bar{I}_B)$ 代入②得：

$$\bar{I}_B \frac{N_1}{2} + (\bar{I}_A + \bar{I}_B) \frac{N_1}{2} + \bar{I}_b N_2 = 0$$

$$\therefore \bar{I}_B = -\frac{\bar{I}_A}{2} - \bar{I}_b \frac{N_2}{N_1} \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

同理，以 $\bar{I}_B = -(\bar{I}_A + \bar{I}_C)$ 代入②得：

$$-(\bar{I}_A + \bar{I}_C) \frac{N_1}{2} - \bar{I}_c \frac{N_1}{2} + \bar{I}_b N_2 = 0$$

$$\therefore \bar{I}_C = -\frac{\bar{I}_A}{2} + \bar{I}_b \frac{N_2}{N_1} \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

又由①得：
$$\bar{I}_A = -\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{N_2}{N_1} \bar{I}_a \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

上述公式①與②是由已知三相電流求二相電流，而公式③、④、⑤是由已知二相電流求三相電流。故由上述分析可知 Scott 聯接可將三相電壓變換成二相電壓，反之亦可將二相電壓變換成三相電壓。

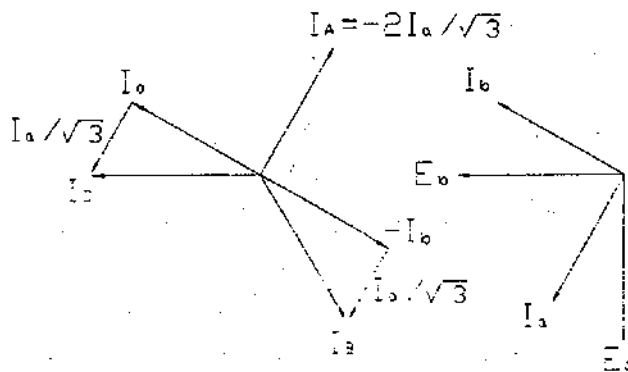


圖 3-19 Scott 聯接電流向量圖

Scott 聯接電流向量圖如圖 3-19，設 $I_a = I_b$ ， $N_1 = N_2$

則， $|\bar{I}_b| = |\bar{I}_c| = \sqrt{\left(\frac{I_a}{\sqrt{3}}\right)^2 + I_b^2} = \frac{2}{\sqrt{3}} I_a = |\bar{I}_A|$ 故可知，當二相電流大小相等時，三相側之線電流大小亦相等。

(三) Le Blanc 聯接

Le Blanc 聯接係用一個三相變壓器將其二次側線圈接成雙單相組合而成。此種聯接方式在十九世紀末已為工程界所接受，但由於 Scott 聯接之發明較 Le Blanc 聯接為早，故 Le Blanc 聯接不如 Scott 聯接為吾人所熟知。

1. 接線線路及向量圖

Le Blanc 聯接接線線路及電壓向量如圖 3-20 所示。三相側(一次側)為 Δ 聯接(亦可用 Y 聯接)。三相側(二次側)係將原三相變壓器二次側線圈繞組當中之二相繞組各分為二部份(a 與 a'; c 與 c')繞組，在經如圖 3-20 之接線方式，由 a₂c₂ 及 b₂c₂ 端子取出二相側之輸出電壓。

2. 線圈匝數之決定

二相側之一相(a₂c₂ 端子間)是由二個相角差為 120° 之 a 與 c 繞組組合而成(如圖 3-20)，故 a 與 c 繞組之匝數，應為使 a₂c₂ 二端點產生額定電壓所需匝數的 $1/\sqrt{3}$ 。同時為使一次側與二次側之安匝數或得平衡，a 與 c 繞組之匝數應為 a' 與 c' 繞組之 $\sqrt{3}$ 倍，即 a' 與 c' 繞組之匝數應為額定電壓(b₂c₂ 端點間)所需匝數的 $1/3$ 。則 b 繞組之匝數應為額定電壓所需匝數的 $2/3$ 。設 b 繞組之匝數為 n_2 ，則：

(1) a' 與 c' 繞組之匝數應為 $n_2/2$ 。

(2) a 與 c 繞組之匝數應為 $\sqrt{3}/2n_2$ 。

一次側三相繞組之匝數均為 n_1 。各繞組匝數如圖 3-21 所示。

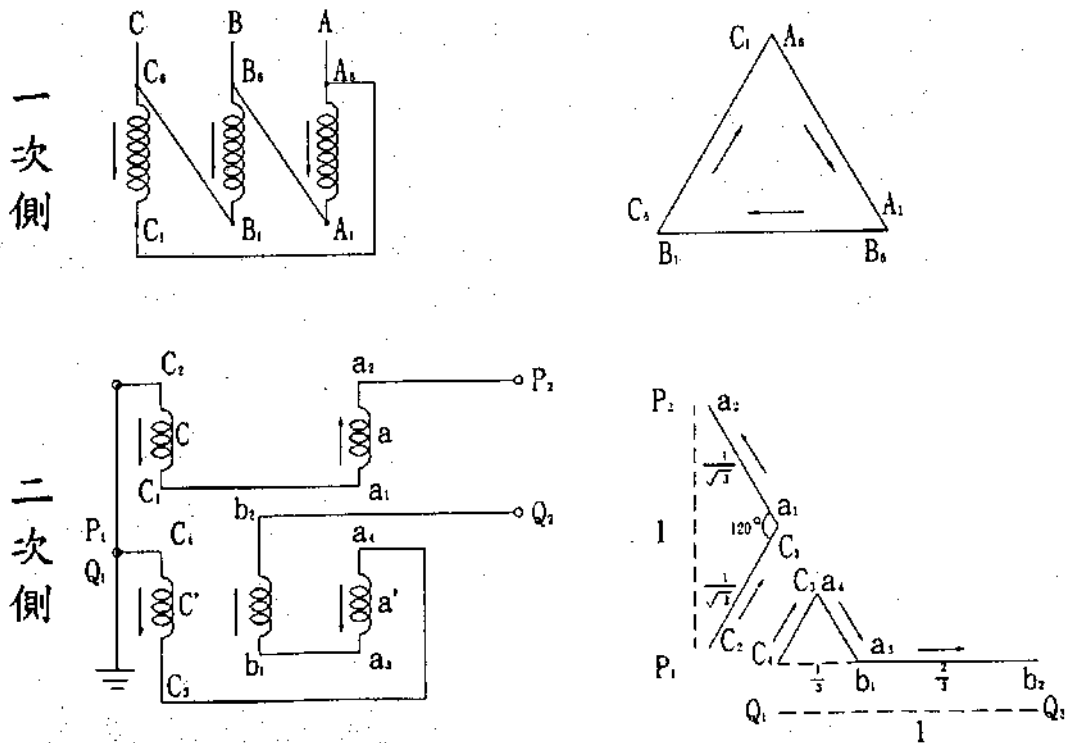


圖 3-20 Le Blanc 聯接接線線路及電壓向量圖

3. 輸入電流與輸出電流之關係

如圖 3-21，設一次側三相之線電流為 $\bar{I}_R, \bar{I}_S, \bar{I}_T$ ，三相之相電流為 $\bar{I}_R, \bar{I}_S, \bar{I}_T$ 。二次側二相之電流為 \bar{I}_m, \bar{I}_t 。則根據 Maxwell 電磁理論，得：

$$\begin{cases} n_1 \bar{I}_R = n_2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \bar{I}_m - \frac{1}{2} \bar{I}_t \right) \dots\dots\dots ① \\ n_1 \bar{I}_S = n_2 \bar{I}_t \dots\dots\dots ② \\ n_1 \bar{I}_T = n_2 \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} \bar{I}_m - \frac{1}{2} \bar{I}_t \right) \dots\dots\dots ③ \end{cases}$$

設 $\frac{n_2}{n_1} = n$ ，則

$$\begin{cases} \bar{I}_R = n \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \bar{I}_m - \frac{1}{2} \bar{I}_t \right) \dots\dots\dots ④ \\ \bar{I}_S = n \bar{I}_t \dots\dots\dots ⑤ \\ \bar{I}_T = n \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} \bar{I}_m - \frac{1}{2} \bar{I}_t \right) \dots\dots\dots ⑥ \end{cases}$$

∴ 三相之線電流

$$\bar{I}_R = \bar{I}_R - \bar{I}_T = n \times \sqrt{3} \bar{I}_m \dots\dots\dots ⑦$$

$$\bar{I}_S = \bar{I}_S - \bar{I}_R = n \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} \bar{I}_m + \frac{3}{2} \bar{I}_t \right) \dots\dots\dots ⑧$$

$$\bar{I}_T = \bar{I}_T - \bar{I}_S = n \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} \bar{I}_m - \frac{3}{2} \bar{I}_t \right) \dots\dots\dots ⑨$$

Le Blanc 聯接之電流向量圖如圖 3-22 所示。設 $I_m = I_t, n_1 = n_2$ 時，則上述公式：

(1) 三相相電流 $|\bar{I}_R| = |\bar{I}_S| = |\bar{I}_T| = I_t = I_m$

(2) 三相線電流 $|\bar{I}_R| = |\bar{I}_S| = |\bar{I}_T| = \sqrt{3} I_t = \sqrt{3} I_m$

故可證明，當二相電流大小相等，負載平衡時，三相側亦可獲得平衡。同理，若三相側負載不平衡時，二相側亦可獲得平衡。

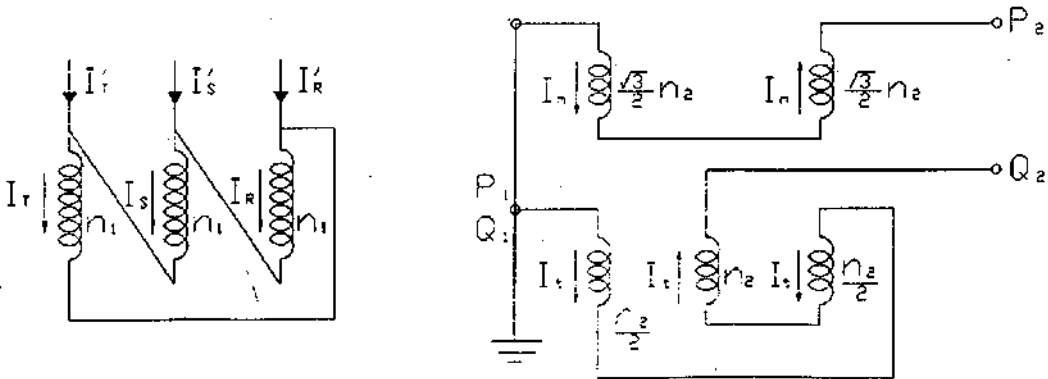


圖 3-21 Le Blanc 聯接線圈匝數之決定

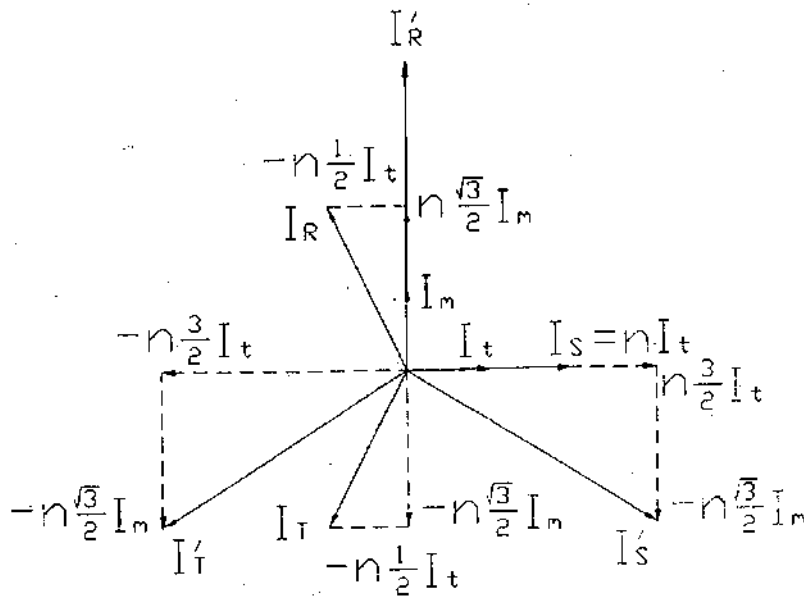


圖 3-22 Le Blanc 聯接電流向量圖

(四)Le Blanc 聯接與 Scott 聯接方式之比較：

1. Scott 聯接方式

優點：

- (1) 繞組特性和 Y/Y 接法類似。
- (2) 三相側中性點可接地或供負載用。
- (3) 二相側繞組可接二線、三線或四線供電。

缺點：

- (1) 即使三相側內部功率因數為 100%，二相負載也只能為二單相容量和之 86.6%。
- (2) 無法接成 Δ 聯接，以供第三諧波電流通過。
- (3) 三相側主繞組間隔須小，以減少磁漏電抗，因而增加繞組之複雜性。
- (4) 由於單相變壓器之構造及特性，使得 Scott 聯接之變壓器較同額定容量三相變壓器之體積大且笨重。

2. Le Blanc 聯接方式

優點：

- (1) 三相繞組可接成 Y 或 Δ 聯接。
- (2) 使用三相標準鐵心，故製造簡單。
- (3) 有效應用活性材料(Active materials)，故在一定額定容量下變壓器重量較輕。

缺點：

- (1) 如用於二相變三相時，其特性函 Y/Y 變壓器相同，但負載不平衡時，必須增加 Δ 聯接之第三繞組。
- (2) 由於二次側 a、c 繞組之匝數須為 a'、c' 繞組之 $\sqrt{3}$ 倍，故即使全部匝數均使用，在某些情況下仍受限制，即在一定電壓下之最大輸出 KVA 數亦

受限制。

3. 型式之選定：

由上述優、缺點比較，Le Blanc 聯接方式無論在構造及性能方面均較 Scott 聯接適合電化鐵路用電之特性，且 Scott 聯接高壓導線須從內部繞組引出，而 Le Blanc 聯接則只須從外部繞組之表面引出，故對於有 $\pm\%$ 抽頭之一次繞組而言，採用 Le Blanc 聯接方式較優。同時 Le Blanc 聯接較 Scott 聯接尚有下列優點：

- (1) 比 Scott 聯接減少 10% 鐵損。
- (2) 增加繞組之機械強度。
- (3) 可靠性較佳。
- (4) 對衝擊電壓(Impulse voltage)之感測性(predictability)較佳。

故本路電化所需變壓器，決定採用 Le Blanc 聯接。

(五) 主變壓器之規格及特性

變壓器為 3/2 相，浸油自冷式，三相鐵心及繞組裝於滿油之焊接鋼槽中。

容量：10MVA

型式：ONAN 屋外式

高壓繞組：69KV，3 相，60HZ。

低壓繞組：27.5KV，2 相。

聯接方式：Le Blanc 聯接。

分壓接頭：設於高壓繞組，以適應低壓 $\pm 5\%$ 之電壓變動。

分壓接頭控制方式：無電壓外部控制。

油槽型式：焊鋼製並附上下有隔離閥之散熱器。

溫升：油溫不超過 45°C。導體熱點溫度不超過 50°C。週圍溫度最高 40°C，每日平均溫度 30°C，每年平均溫度 20°C，能在滿載情形連續正常運轉。

超載：能在連續滿載情況後，超載 50%維持 2 小時，超載 100%維持 2 分鐘。

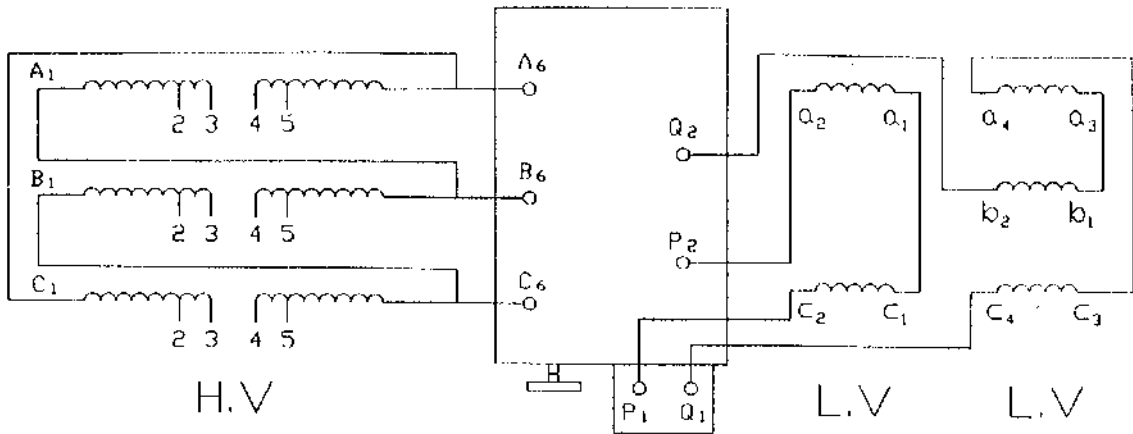
功率損失：變壓器在參考溫度為 75°C 時

鐵損：15KW

銅損：64.5KW

阻抗：10%。

電壓分接頭之聯接如圖 3-23



一次側(三相側)		電壓分接頭		二次側(二相側)	
電壓	電流	位置	聯接	電壓	電流
69000	83.6	1	4-3	26125	191.5
69000	83.6	2	3-5	27500	182
69000	83.6	3	5-2	28875	173

圖 3-23

(六)變壓器噪音

- 所謂噪音，其定義非常困難。一般以不是好的聲音總指為噪音。大概，可分為下面四種：
 - (1)十分大音量之聲音。
 - (2)有妨害之聲音。
 - (3)不快(聽了不快樂)之聲音。
 - (4)無以名之，為好音之聲音。
- 人的耳朵能聽到的音，其音壓音數為 0~120dB，週波數為 20~20,000HZ 範圍內。但，並不能說是在此音壓範圍內所有週波數之音均可聽到，因由不同週波數而有不同之結果。
- 如果將音壓音數儘量提高至某一程度時，人的耳朵聽不到聲音，而只感到振動似的疼痛。此限度稱為最大可聽值(約 120phon)，在 1,000HZ 時音壓音數約 120dB。
- 最小可聽值和最大可聽值之範圍內，為音之可聽範圍。同樣聽值下，音壓音數及週率成一曲線關係。換言之，無論音壓音數為何，音之聽值係隨週率而變化。例如：1,000HZ 之 50phon 音，其音壓音數為 50dB，但 100HZ 則為 67dB，4,000HZ 為 48dB。如此曲線稱為聽感曲線。各曲線所訂定之聽值

- 乃以 1,000HZ 為基準之音壓音數，其單位為“PHON”，此為表示音之聽值量。由此可知，音之大小有兩種表示標準，一為物理量度，另一為感覺量度。前者為音壓及音強度，單位為 dB，後者為音之聽值(LOUDNESS)，單位為 PHON。
5. 聲音之週率及大小範圍，通常會話時約 100HZ~4,000HZ，為 40 PHON~80 PHON 之間。
 6. 電力變壓器經常會發出噪音，故大變壓器不能設置於住家附近，以免擾亂安寧，如城市中，不得不裝設變壓器時，必有隔音之裝備，又可從變壓器之噪音，判定變壓器內部或外部零件之毛病。
 7. 一般測量變壓器之噪音時，要訂定測量標準面，可自設離變壓器本體一至二公尺之周圍幾點為標準面，而事先用噪音器測量記錄下來。再隔一時間後測量是否有變化。
 8. 台鐵變電站所使用之主變壓器，其噪音水準約為 68dB，站內用 30KVA 之變壓器約為 48dB。
 9. 當測量噪音時，亦可用音差來比較。因噪音器之指示，經常受到周圍聲音之影響，故以變壓器運轉時與停運時之音差來作測量比較值。



圖 3-24

六、開關操作連鎖設備

(一)概說

變電站係一個變換電壓後饋電至負載使用之場所，變換電壓由主變壓器擔當，而饋電至負載使用則由開關操作達到其目的，因此，開關之操作必須熟悉始能順利饋電作業。先認識開關之種類及性質，而後記取操作次序及規則，以防誤操作而引起之人為故障。

七、接地系統

(一) 接地系統功用：

世界上自開始使用商用週率(60HZ)交流電化鐵路以來，最使業者感到頭痛的，莫過於如何降低電力系統之不平衡，以及如何減小對電訊干擾之措施。減小電訊干擾，端看接地系統之完善與否。換言之，由變電站饋電出去至電力車使用之電流，如何能完整地，不致於漏洩而全部回流到變壓器負極端。因為，電化鐵路以鋼軌作為回流之用，而鋼軌之絕緣極難做到一定標準。儘管抽換水泥枕木，及堆高乾燥之礫石，其絕緣程度極為有限。因此，為吸收回流，台鐵加裝吸流變壓器，兩條 100 mm² 及 300 mm² 回流線、地線等煞費苦心，務使對電訊干擾減至最小程度。

(二) 外部接地系統：

上述之回流線即統統接至變電站內回流排上(參考第 3-26 圖)。圖中有 3 個比流器，由左至右各為變壓器 M 相及 T 相之負極回流線之比流器。最右為由鐵軌等漏洩出去至大地上又流回至此比流器來。中間有許多條電纜，由每支鐵軌有 3 條接回來，另由吸流變壓器、電桿上之回流線、接地線，變壓站內之比壓器，站內用變壓器等之回流線接入。



圖 3-26

以上簡述變電站外面接地系統，此與變電站內接地系統，意義上完全不同。外面接地系統盡量減少漏洩電流，而變電站內之接地系統，則以安全上之理由而設。

(三) 接地電阻：

一般規定，二次變電站之接地電阻不得超過 5 歐姆。例如：故障電流有 3,000 A 時，理論上接地處即有 15,000 伏特之電壓升。離開該處地點之電位，

越遠即越低，至無限遠時，電位變為零。但接地處附近之電位幾近 1,000 伏特以上。此附近之電位差越大，對人畜有莫大的威脅。原來人在數萬伏特電位之環境內不受一點皮肉傷。但只有 200 伏特電位之差就受不了。因此，如何減低變電站內之電位差，為接地系統安裝之一大課題。

(四) 接地安裝方法：

接地安裝方法大約可分為：

1. 地棒：

使用地棒時容易得到較低之接地電阻。因為地棒可以連接，加上幾支後，可深入地下。缺點為有地棒的地方，接地電阻良好，但離開地棒之其他地方，接地電阻越來越差。變成最不利，最不安全的地點。

2. 地網：

地網為線狀，比地棒之點狀較理想，電位分佈較平均。如地網越密，則電位差越小。但不容易得到較低之接地電阻。因為埋設地網越深，雖可得到較低接地電阻，但因離地面有一段距離，故與地面上之電位差會提高。又埋設較淺時，與地面上之電位差不多，但因淺埋而接地電阻提升。故障發生時，地網電位普遍升高。結果，地網邊緣造成極高，極危險之接觸電壓。

台鐵變電站採用地網，埋設深度為一公尺，相距二至三公呎。接地電阻大約 0.5~2 歐姆之間。甚為良好。

最使吾人所擔憂者，為地網埋設之邊緣。即 69/25KV 開關操作場地之四周。但此操作場旁邊建有守衛室。故事後連守衛室周圍均埋設地網，納入整個系統內。

3. 地棒與地網共用：

地棒與地網共用時，均兼有上述兩項之長處，但亦兼其短處。

問題的所在係如何減低步間電壓(STEP VOLTAGE)及接觸電壓(TOUCH VOLTAGE)。

所謂步間電壓，係電流流經大地時，加於人員兩足間的電壓。此值端視電壓梯度分佈情形而定，亦即地網分佈的疏密情形而言，接近地網邊緣或地棒附近最高，而遠離則越減少。

所謂接觸電壓是指人站立於地面，手碰觸鐵構或機件外殼之間的電壓。亦即地面與接地系統的電壓。

(五) 避雷鐵架：

第 3-27 圖所示，左邊為避雷鐵架，上面有架空接地線引自圖中右邊之台電公司輸電線路鐵架。

變電站內之避雷鐵架，架設在近於中央之鐵構上。對雷擊形成遮蔽作用，將其突波直接導入大地，以免擊中站內設備。其保護程度以保護角來表示，一般為 45° 大部分可包括屋外重要設施，如上變壓器，各隔離開關，25KV 側電纜接頭等。

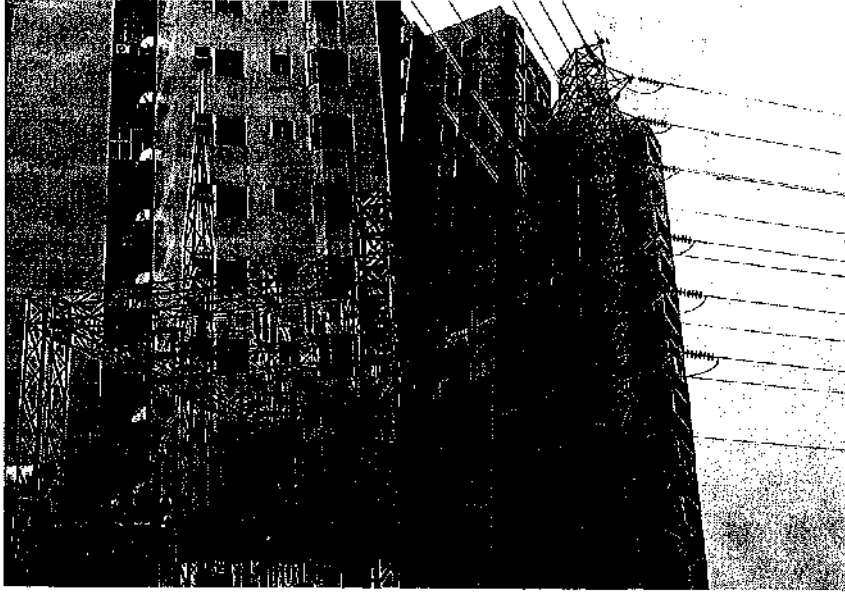


圖 3-27

八、真空斷路器

(一)真空斷路器之優點如次：

1. 密封整體裝備，無需再供氣體或絕緣油類，不會燃燒或發出煙霧，安全性高。
2. 無須保養，真空可保持數十年。
3. 適用於任何場所，及各種電路。且可防震水平加速度 $8m/sec^2$ 之地震。
4. 備有高度切斷電流之能力。
5. 僅需甚小之操作機械力，且適合於操作次數多，啓斷速度快之電路。啓斷時間僅需 2 週率，且在經過 2 週率之滯時後，再可快速復閉而不致降低容量。
6. 開閉時，動作聲音小。
7. 體積小，操作機構小，佔地小，省力，操作機構之保養簡單，維修費用可節省。

(二)真空斷路器構造

一個真空斷路器，真空部份上、下有兩個。此真空部份，裡面有金屬接點，一端為固定接點，另一端設可伸縮之金屬囊及可動接點。這些接點均在真空內，外殼為絕緣礙子筒。

兩個真空礙子筒中間，為彈簧操作機構，由中間之操作機構向上、下移動，將使上、下兩個真空礙子筒內之接點開關。

(三)真空斷路器特性

1. 一般真空度與耐壓之關係，起先二極間之耐壓係隨大氣壓力之降低而成正比的低減。但至 $10^{-4}mm\ Hg$ 之真空度為 $10^{-6}\sim 10^{-7}mm\ Hg$ 之高真空，故其絕緣耐壓相當良好。
2. 在真空中啓斷電流時，由於接點材料所產生之金屬蒸氣及游離電子等所形成

之電弧，以 10^{-6} cm/s 以上快速度擴散，碰觸外殼礙子內壁，而形成固體金屬。待電流變零時，電弧減弱，恢復高絕緣耐壓之高真空。因此，真空斷路器發生電弧時間極短，具備優秀之斷路特性。

3. 真空斷路器之接點，由特殊合金製成花樣板面。此種花樣螺紋，係防止大電流電弧之集結，或可將集結之電弧，當電流變為零點之前，快速吹散，以防接點部份之過熱，並由已熔金屬氣體來冷卻，以便保護合金接點面。因此，接點之消耗甚小，可維持長時間使用。
4. 一般真空斷路器額定之短路容量電流，可耐用 40~50 次。但對於額定負載電流，可達 1~5 萬次。
5. 由於此型操作動程甚短，開閉速度又快。故其操作機構之壽命亦較長。其機械強度，大約可耐 1 萬次以上。
6. 要注意的卻其驅動用操作桿。因這種操作桿係由玻璃纖維作成，扭力不高，容易折斷。

(四)操作機構

真空斷路器之操作機構，裝設在外面，與 25KV 匯流排隔離，以策安全。操作機構納入一蓋子內，由外面可以打開，以便保養。一般真空斷路器之閉合係靠一強力彈簧為之。此彈簧由直流馬達上緊，馬達動作時間約為 4 秒，動作電流約為 1 A。彈簧之上緊亦可用手柄為之。當保養檢修操作機構時，經常使用手柄操作，甚是方便而正確。

真空斷路器操作機構之檢修如次：(請參考 3-28-1、3-28-2)

在第 3-28-1、3-28-2 圖中，

- ①A 之距離，在斷路器開與閉，此間隔相差應為 18 厘米。
- ②真空礙子內兩接點開始碰觸(使用歐姆表夾在真空礙子兩端測出)至其接點完全閉合(可用手動把柄慢慢操作使之閉合)，A 之間隔相差應為 6 厘米。
- ③真空斷路器在閉合狀態下，B 之間隔應有 2~5 厘米(如真空礙子內兩接點無耗損，或新品 B 之間隔應有 5 厘米)
- ④上、下兩真空礙子可動接點之兩軸間距離，在斷路器啓開狀態時，應保持 1.5 厘米。
- ⑤動作桿(纖維製成)在斷路器啓開與閉合時，此桿之動程應有 25 厘米。
動作桿在鐵隔板之操作機構方向應露出約 12 齒，在斷路器之內側，原應有之約 10 齒均要栓入，始能插入 PIVOT PIN (27)。(參照 Instruction book)
- ⑥斷路器真空礙子內兩接點啓開時，用 1,000V 高阻器測量其絕緣電阻，應有約 2,000MΩ。

圖 3-28-3 真空斷路器詳圖。左邊為馬達操作之彈簧機構，附有手動操作桿，為檢修使用。右邊有兩個上、下礙子型真空室。中間為操作之機械裝置。

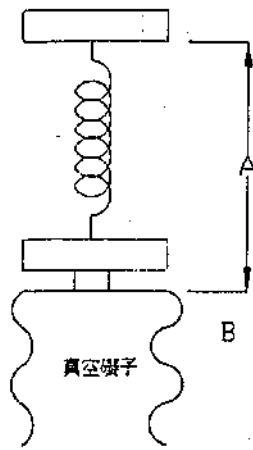


圖 3-28-1

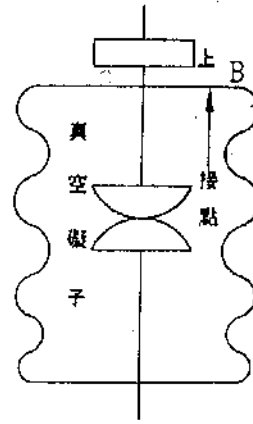


圖 3-28-2

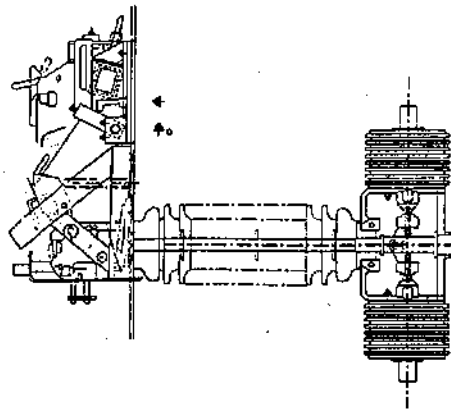


圖 3-28-3

九、保護電驛

(一)保護電驛應具備之條件

1. 電力系統中所使用之保護電驛，必須具備下述條件：
 - ①動作正確。
 - ②動作時間快速。
 - ③穩定性高。
 - ④價廉。
2. 第一項之動作，如不正確就不可靠。系統有故障時，應該動作電驛而使故障部份清除，保持大局之安全運轉。因此，要有信賴度很高，動作很正確之保護電驛。
3. 第二項之動作時間，如今廠商製造出來之電驛動作時間越來越快。造價也高。吾人當選擇保護電驛時，應適當為之。因為，系統運轉之保護，可說專靠電驛之反應。如保護電驛之反應性遲鈍，在幾鈔鐘之時間內無法隔離故障時，將導致整個系統之崩潰。
4. 第三項，穩定性要高。所謂「穩定」係指保護電驛之動作，每次應在一定值。換言之，動作值應與「設定」值相符。不穩定之保護電驛，常常比設定值或高或低即動作。如此，不但達不到保護之目的，反而對系統有害無益。

5. 第四項為經濟使用。簡單而便宜之電力設備，無須花費昂貴之高級而精緻之保護電驛。如高價主體之主變壓器，亦不得隨便簡單之電驛來保護。此時，應慎重選擇精密電驛，且用多重保護，即採用後衛保護之型式加於保護為宜。故應視設備之輕重，適當選擇電驛經濟使用之。

(二)台鐵保護電驛

1. 69KV 側保護電驛

①過載電驛(69KV 匯流排保護用)

69KV 側所使用之過載電驛，型式為 CDG61。將 R、S、T 三相過載電驛元件納入，作為一單元。故比一過載電驛元件者長三倍。

此種電驛有延時性及瞬時性元件，各有其作用。時間元件，設有 0~1.0 的標置。而電流倍數動作的插頭有七種，各分為 0.5、0.75、1.0、1.25、1.5、1.75 及 2.0。如時間標置在 1.0，通過電驛線圈之電流相當於插頭十倍電流時，此電驛之動作時間應為 3 秒。

本電驛之延時性元件動作時，附加有自動復閉一次之電路。

本電驛專為保護台鐵變電站 69KV 側匯流排之相短路或接地用。亦為主變壓器之後衛保護用電驛。

②過壓電驛

69KV 用過壓電驛，設有插頭及時間元件。專司檢出輸電線路接地故障。

本電驛連接有一比一之 Y - Δ (Star-Open Delta) 比壓器，電驛線圈接至比壓器二次側開口處。當輸電線路有接地故障發生時，二次側星形接線之該相電壓，變為零。其他二相之對地電壓，各由 $100/\sqrt{3}$ 變為 100V，且互成 120 度。即二次側三角形接線之開口電壓有 $100\sqrt{3}$ V。

因考慮到一次側星形接線比壓器之保險絲斷線，而所引起之二次側三角形接線開口電壓，使斷路器誤動作起見，將電壓變換插頭之標置，高於 55 V 端。

又因顧及台鐵與台電間之輸電線路以外，台電公司側之路線發生接地故障，而引起本過壓電驛之誤動作，特別設有延時性元件。

③低壓電驛

低壓電驛係獲知台電公司之欠壓用。亦設有延時性，以便避免台電公司之瞬時性停電所引起之擾亂性故障。

低壓電驛之延時性元件雖可在一定範圍內，可加於任意調整。但沒有設置調整欠壓之插頭。故欠壓標置之調整極為有限。幸為本電驛，只獲知輸電線路無電壓時，發出警告，並無使斷路器跳脫之電路。

④復閉電驛

裝設復閉電驛之用意，在於儘量減少停電時間以維行車運轉之暢通。一個完整之電力系統保護，應儘快隔離故障系列，而儘管完善之系統繼續供電運轉，為最主要之措施。

儘管有多精確而快速高性能之電驛，參加隔離了故障區域。但無法繼續

供電於其他完好之系統，實屬可惜。因此，才有復閉電驛之出現。

復閉電驛係連接於其他電驛之動作接點，及斷路器之閉路電路，以便配合吾人所指定電驛動作後，再使斷路器作第二次或更多次之閉合。

⑤過載電驛(主變壓器保護用)

本過載電驛為 CDG31 型，與第一項者略有不同。本電驛只有延時性元件，並無瞬時性元件。故障指示牌只有一個延時動作標識。

本電驛專為保護主變壓器之過載而設，故其標置值比設於其他一般線路上者較低。蓋視被保護之變壓器容量所限制。變壓器容量較大者，其標置範圍自應提高。設若降低其設定值則縮小其使用效率，太可惜。又如容量不大之變壓器，設定值偏高。不但使變壓器負擔不了，甚致消滅其確應有之使用年限。故本電驛之標置應十分謹慎，以便確保變壓器之壽命。

2. 變壓器內保護設備

①布氏電驛

布氏電驛(Buchholz Relay)亦名氣壓電驛，設在主變壓器之主體與儲油筒中間，專為保護變壓器用。

本電驛之內部構造，為浮筒及兩個接點，另有能儲存氣體之突出活閥部份。浮筒係浸在與變壓器主體內油相連通之油中，當變壓器發生內部故障，激盪油面時，該浮筒隨油而擺動，觸及傍邊之接點，使之閉合而跳脫斷路器。或變壓器內部之絕緣物體，因運轉不適或變質而產生氣泡時，統統跑上來，集中於布氏電驛之突出活閥部位。使浮筒低沉碰觸另一接頭。此時將發出警告，屆時如不將該氣體自活閥放出，布氏電驛之接點無法復原。此種接點稱為須要人工復原之接點(Manual Reset Contact)。一般務將其氣體送檢以便了解變壓器內部故障情況。

②溫度計

保護變壓器設備之溫度計有兩種。一種為測知油溫，另一種為測知線圈溫度。

測知油溫之溫度計，係使用一般熱偶棒，浸入油中而測出。線圈溫度之測量，將上面之油溫再加上線圈通過電流所產生之溫度總和。如其溫度總和達到設定值時，將使斷路器跳脫。前者之油溫高達設定值時，只發出警告。

3. 25KV 側保護電驛

①過載電驛

本電驛由電子零件所構成之 CTU23 型，與 CDG61 及 CDG31 型不同。但所具有之瞬時性及延時性元件則相同。其所調整範圍，時間為 0~6 秒，電流插頭倍數為 0.5~6 倍。

本電驛之動作特性為一穩定形。線圈通過電流達到設定值時，即使再高之通過電流，其動作時間為不變值。

CTU23 型電驛，使用在變壓器二次側及電車線饋電線(FEEDER)之出口處。設於變壓器二次側者，係保護變壓器之過載及 25KV 匯流排故障用。

而設於饋電線出口處者，係保護電車線之接地用。

單軌之電車線設一個 CTU23 型電驛，但雙軌電車線則設有兩個。

饋電線出口處，設有 CTU23 以外，另設有極反時性過載電驛，係 CDG13 型。此種電驛，線圈通過電流越大，動作時間越短。係有後衛保護之作用。

② 方向性過載電驛

台鐵變電站 69KV 側雖有兩回路之輸電線路，但並無並聯。卻在 25KV 側，將兩個或三個變壓器二次側同相並聯。故如 69KV 側或變壓器二次側近處發生故障時，有反饋電流，為此在二次側設有方向性過載電驛。

方向性過載電驛，其線圈電流如無反方向者，則其方向性接點不會閉合。故對於正方向負載如何之大，亦發生作用。因其標置設得甚低，只要超過其設定值之反方向電流，即依其限定時間過後，使斷路器跳脫。

方向性過載電驛設有兩個激磁元件。一為電壓極性，另一為電流極性。電壓極性元件，主要對 69KV 側發生故障時保護之。電流極性元件即保護變壓器二次側附近之故障而設。

③ 其他 25KV 側之保護電驛，有過壓電驛，低壓電驛及復閉電驛。其動作原理一如 69KV 側所使用者同。所不同者為過壓電驛之用途而已。

69KV 側之過壓電驛，係保護 69KV 側輸電線路之接地故障而設。而 25KV 側之過壓電驛，係保護電力機車集電弓之過壓所損而設。雖其用途各有異，但因過高設定值之電壓而動作，使斷路器跳脫則出同一轍。

④ 為保護功率因數改善用電容器，設有電壓不平衡檢出電驛。此種電驛屬於過壓電驛，但其設定值甚低為其特色。因此提高其敏感性也。如所串聯或並聯中之任何一個電容器發生故障而短接，或絕緣不良時，本電驛即產生一電壓，繼而跳脫斷路器。

4. 變電站內各種保護電驛設定值(標置)

① 69KV 側：

線路側：過載電驛(CDG 61)

瞬時性：1,600 A

延時性：600 A P.M.S=1.5 T.M.S=0.5

過壓電驛：70V(48KV)4 秒

低壓電驛：50V(對地)4 秒

復閉電驛：5 秒

變壓器側：過載電驛(CDG31)

延時性：225A P.M.S=1.5 T.M.S=0.4

油 溫：75° C 警告，65° C 復原

線 溫：95° C

② 25KV 側：

匯流排側：過載電驛(CTU23)

瞬時性：1,650A

延時性：500A 5 秒

方向性過載電驛(CDD21)

200A P.M.S=0.5 T.M.S=0.1

饋電線側：過載電驛(CTU23)

瞬時性：雙軌 480~550A

單軌 800A

延時性：雙軌 400~500A 1 秒

單軌 600 A 1 秒

過載電驛(CDG 13)

延時性：880A P.M.S=1.0 T.M.S=0.2

功率因數改善側：

過載電驛(CTU 23)

瞬時性：120A (600 KVAR)

180A(900 KVAR)

延時性：50A(600 KVAR) 1 秒

75A(900 KVAR) 1 秒

過壓電驛：5.4V T.M.S=0.1

3-29 圖所示，69KV 用過載電驛 CDG 61 (CDG 31 亦同)之延時性元件“電流—時間”動作曲線圖。X 軸表示插頭之倍數電流值，Y 軸為動作時間，有 0.1 至 1.0 之十條曲線係可任意選擇之時間設定值。

3-30 圖所示，變電站內保護電驛配置圖。

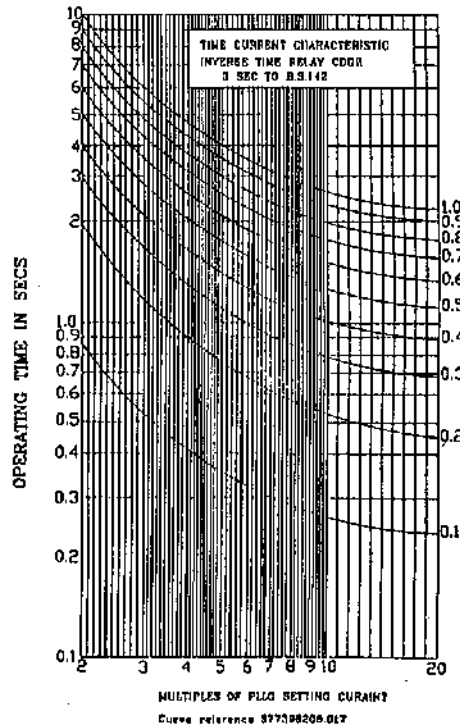


圖 3-29

變電站保護系統

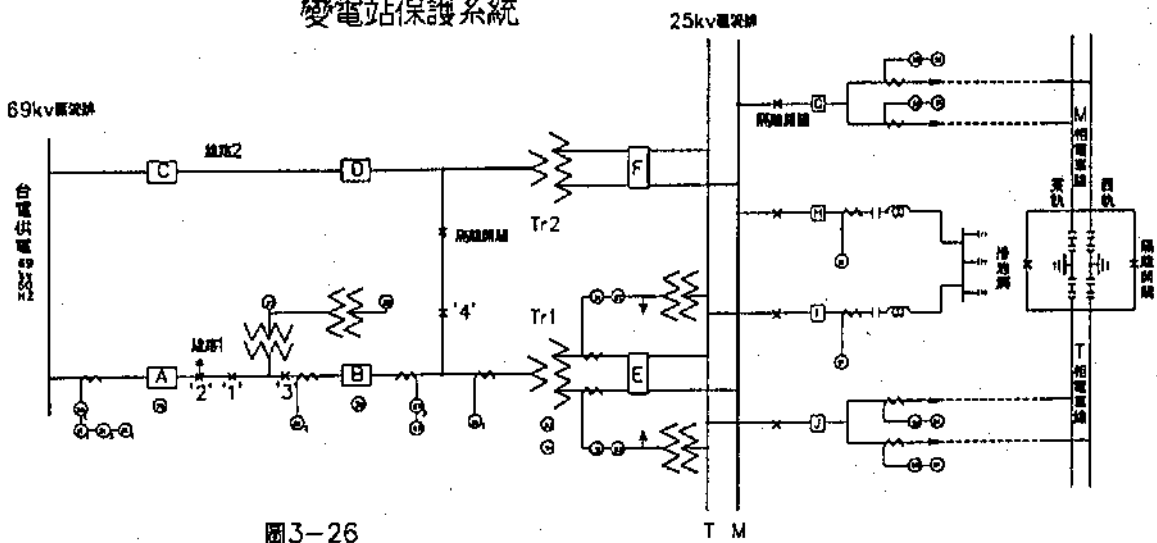


圖 3-26

- 斷路器
- 21 距離電驛
- 27 低壓電驛
- 50 瞬間過流電驛
- 51 交流時間過流電驛
- 59 過壓電驛
- 63 變壓器油氣壓力電驛
- TH 熱偶電驛
- 67 交流方向性過流電驛
- 67N 交流方向性過流接地電驛
- 79 交流復閉電驛

圖 3-30

十、變電站警告設備

(一) 概說

台鐵電化用變電站為一無技術人員看守之變電站，舉凡變電站內各種開關之操作均由遙控中心人員遙控操作。遇有變電站內發生重要設備及各儀器之變化，均應立刻反映至遙控中心，便於電力調配員研判，以便採取適當之措施。變電站警告設備有助於工作人員在變電站內判斷設備故障之種類及遙控中心之電力調配員了解設備異常及正常之情況，進而做適當之電力調配，有助於維持正常之電力供應。

(二) 變電站內之警告內容(請參考圖 3-31)

	1	2	3	4	5	6
A	LINE 69KV O/C TRIP	TRANSFORMER 69KV O/C TRIP	LINE1 UNDER VOLTAGE ALARM	TRACK FEEDER FEEDER M PHASH	25KV UNDER VOLTAGE ALARM	PROTECTION 110V DC NFALL
B	T1 BUCHHOLZ OR V.T ALARM	T2 BUCHHOLZ OR V.T ALARM	LINE1 OVER VOLTAGE	TRACK FEEDER PROTN TRIP T PHASH	25KV OVER VOLTAGE ALARM	REMOTE CONTR 60V DC FALL
C	T1,T2,T3 BUCHHOLZ TRIP	T3 BUCHHOLZ OR V.T ALARM	LINE2 UNDER VOLTAGE ALARM	TRACK FEEDER OVER CURRENT TIME TRIP	POWER FACTOR CORRECTION TRIP	220 110V AC SUPPLY FALL
D	T1,T2,T3 25KV TRANS FEEDER PROTN TRIP		LINE2 OVER VOLTAGE	TRACK FEEDER PROTN DC FALL	POWER FACTOR CORRECTION ALARM	BATTERY FAULT
E	T1,T2,T3 WINDING TEMP TRIP		69KV DAR LOCKOUT	TRACK FEEDER DAR LOCKOUT 25KV	POWER FACTOR CORRECTION PROTN DC FALL	REMOTE CONTR 12V DC FALL

圖 3-31

(三)電力調配室之警告內容(圖 3-32)

	1	2	3	4	5	6	7
X	LINE 69KV O/C TRIP	LINE 69KV OVER VOLTAGE	LINE 69KV UNDER VOLTAGE	TRACK FEEDER O/C	TRACK FEEDER PROTECT TRIP M	25KV UNDER VOLTAGE	TELEMETR 12V FAIL
Y	TRANS 69KV OR 25KV O/C TRIP	T1.T2.T3 EUCH TRIP	T1 BUCH OR W.T ALARM	T2 BUCH OR W.T ALARM	TRACK FEEDER PROTECT TRIP T	25KV OVER VOLTAGE	T3 BUCH OR W.T ALARM
Z	PROTECT 110 DC FAIL	TELEMETRY 60V FAIL	220V OR 110V AC FAIL	BATT FAULT	TELEMETRY FAULT	CONTROL FAULT	T1.T2.T3 W.T TRIP
G	P.F.C TRIP	P.F.C ALARM					

圖 3-32

(四)警告狀況說明

警告狀況說明表

位 置	狀 况
A1 ; X1	69KV 線路過載跳脫。CDG 61 延時性元件或瞬時性元件動作。
A2 ; Y1	主變壓器 69KV 側過載跳脫。CDG 31 延時性元件動作。
A3 ; X3	LINE1 (紅線)欠壓。紅線之 VAU 41 動作。
A4 ; X5	M 相饋電線保護跳脫。CTU 瞬時性或延時性元件動作。(註：若延時性元件動作，C4 ; X4 警告亦同時產生。)
A5 ; X6	25KV 匯流排欠壓。M 相或 T 相之 VAU 41 動作。
A6 ; Z1	保護系統用 DC 110V 電源故障。VAX 12 動作。
B1 ; Y3	# 1 主變壓器之布氏電驛(氣壓電驛)或線圈溫度上升警告。
B2 ; Y4	# 2 主變壓器之布氏電驛(氣壓電驛)或線圈溫度上升警告。
B3 ; X2	LINE 1 (紅線)接地故障。紅線之 VAU 21 動作。
B4 ; Y5	T 相饋電線保護跳脫。CTU 瞬時性或延時性元件動作。(註：若延時元件動作，C4 ; X4 警告亦同時產生。)
B5 ; Y6	25KV 匯流排電壓過高。VAU 21 動作。
B6 ; Z2	遙控用 DC 60V 或 12V 電源故障。
C1 ; Y2	# 1、# 2 或# 3 主變壓器任一之布氏電驛(氣壓電驛)跳脫。
C2 ; Y7	# 3 主變壓器之布氏電驛(氣壓電驛)或線圈溫度上升警告。
C3 ; X3	LINE 2 (白線)欠壓。白線之 VAU 41 動作。
C4 ; X4	饋電線過載延時跳脫。饋電線 CDG 13 或 CTU 延時性元件動作。
C5 ; G1	功率因數改善設備跳脫。功因改善設備之 CTU 瞬時或延時元件或過壓電驛動作。
C6 ; Z3	低壓供應電源(AC 220 V/110V)故障。

D1 ; Y1	主變壓器 25KV 側保護跳脫。CTU 瞬時或延性元件或 CDD 21 動作。
D3 ; X2	LINE 2 (白線) 接地故障。白線之 VAU 21 動作。
D4 ; Z1	饋電線保護系統之 DC 供應電源故障。VAX 12 動作。
D5 ; G2	功率因數改善設備故障警告。功因改善設備之保險絲斷或 CTU 動作。
D6 ; Z4	蓄電池充電器故障。DC 110 V 接地電驛或充電器故障電驛動作。
E1 ; Z7	主變壓器之線圈溫度太高而跳脫。VAA 動作。
E3	69KV 斷路器之自動復閉電驛(VAR 39 Z)計數器已經指示 20 次而鎖定 (LOCKOUT)無法復閉。
E4	饋電真空斷路器之自動復閉電驛(VAR 39 Z)鎖定而無法復閉。
E5 ; Z1	功率因數改善設備之保護電源故障。VAX 12 動作。
E6 ; X7	遙控用 DC 12V 電源故障。
Z5	遙控設備故障。
Z6	遙控控制失效。

十一、低壓配電盤

(一)概說

變電站內之低壓配電盤，係供應站內用 220V 及 110V 交流電源。例如：充電器及屋外控制箱電熱器均使用 220V 之交流電。而電燈、電扇及插座則用 110V 電源。

供給低壓配電盤之電源有兩種，一種由台電公司低壓電源引入，另一種則由站內 M 相之自用變壓器電源引入。

平時由台電公司供給。台電公司低壓線路故障或停電時，由站內 30 KVA 之自用變壓器供電(參考圖 3-33)。故低壓配電盤之電源，可說很可靠。

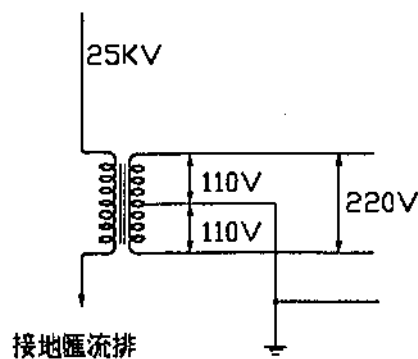


圖 3-33

(二)供電用途(請參考 3-34 圖)

1. 220V 電源

- ①蓄電池充電。
- ②遙控用電池充電。

③屋外開關場電熱器。

④備用。

2. 110V 電源

①25KV 開關操作盤內電熱器用。

②25KV 開關操作盤內插座用。

③69/25KV 電驛供應電源。

④備用。

(三)電源供應

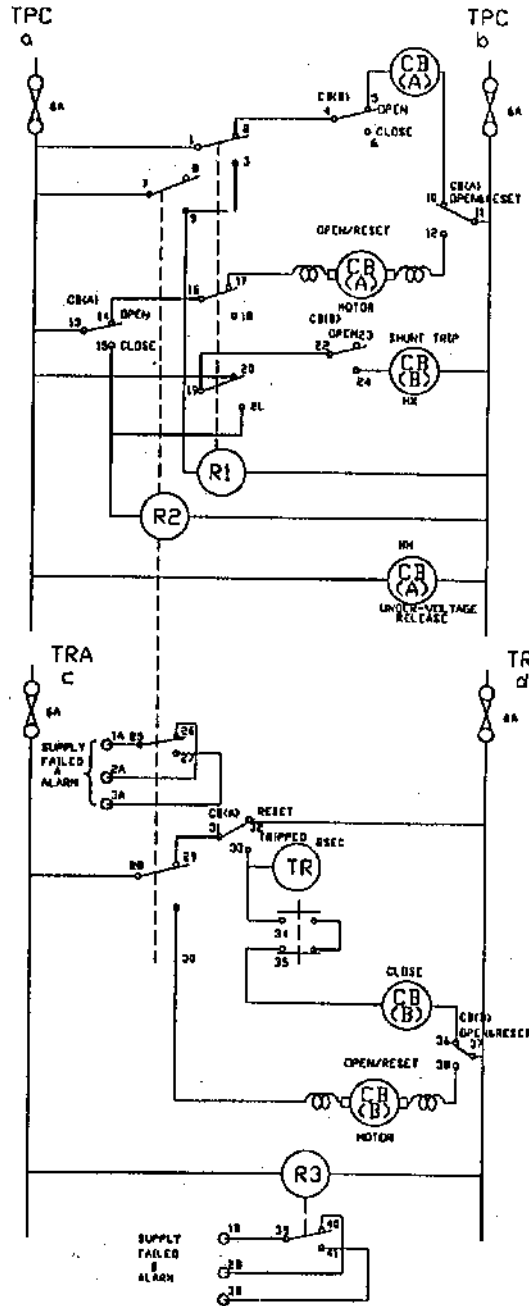


圖 3-34

1. 正常狀態：即台電公司低壓電及站用變壓器均有電源時。
 - A 開關接台電(TPC)。
 - B 開關接台鐵變電站(TRA)。
 - ①如果台電公司之市電饋電來時，經過 a—接點 20—19—22—24(此時如 B 開關閉合)—CB (B) MX—b，使 B 開關 MX 動作而跳脫。
 - ②a—13—14—16—17—CB(A)—12(此時 A 開關在 TRIP 狀態)—11—b，使 A 開關之馬達動作上緊彈簧。則 A 開關被 RESET，接點 10、11 連通。
 - ③a—1—2—4—5—CB(A)—10—11—b，使 A 開關閉合。
 - ④a—13—15—R₂—b，使電驛 R₂ 動作。
 - ⑤a—7—9—R₁—b，使電驛 R₁ 動作。
2. 台電低壓電停電，但站內自用變壓器有電時，開關扭位置如第 56 圖所示，A 開關不動，但接點已接啓開，彈簧依然放鬆。B 開關則閉合，彈簧放鬆，開關扭已在上方位置。從第 58 圖來講：
 - ①因 a，b 停電，a—CB(A)MN—b，使 A 開關低壓機構動作而跳脫。
 - ②由 A 開關跳脫，使 R₂ 及 R₁ 相繼釋放。
 - ③C—28—29—31—33—TR—d，使時素電驛動作。「在台電未停電時，C—28—30(R₂ 動作)—CB(B)—38—37(B 開關已 SHUNT TRIP)—d，使 B 開關之馬達動作將彈簧上緊。B 開關 RESET 後 36、37 接點連通。」
 - ④TR 動作後，其先接(34)後開(35)接點閉合兩秒。則 C—28—29—31—33—34—35—CB(B)—36—37—d，使 B 開關閉合。
3. 台電低壓再供電時，如第 57 圖所示，A 開關彈簧開始上緊，開關扭由中部被推至下部，而後由其彈簧放鬆將開關扭由下部再推到中部位置，即開關接點閉合。而 B 開關則啓斷，彈簧被上緊，開關扭被推至下部位置。從第 3-32 圖來說明：與(一)的場合一樣。
 - ①先是跳脫 B 開關。
 - ②次上緊 A 開關彈簧。
 - ③使 A 開關閉合。
 - ④使 R₂ 動作，C—28—30—CB(B)—38—37—d，使 B 開關馬達動作上緊彈簧，準備閉合。
 - ⑤R₁ 相繼動作。

十二、功率因數改善設備

(一)概說

台鐵所採用之電力機車，其整流方式係矽控整流(SCR)。矽控整流之電力機車，功率因數不能達到台電公司所要求之標準值。故台鐵各變電站，均設立功率因數改善設備。其設備分為兩種。負載較大列車運轉較密之變電站裝設較大之電容器，負載不多變電站則裝設容量較小之電容器。

(二)電容器

電容器組較大的 900KVAR 6 組，分裝於苗栗南、北(M、T)，內壢南、北 (M、T)，新竹北(M)及南港北(T)等四個變電站。較小電容器組 600KVAR 16 組，各分裝於其他變電站之 M 或 T 相。

1. 單體電容器之規格如次：

- 相數：單相
- 額定頻率：60 HZ
- 額定電壓：14.88KV
- 最高過電壓：16.35KV
- 額定容量：150 KVAR
- 最高過載容量：181.5KVAR
- 額定電流：10.1A
- 周圍溫度：-20° C~+40° C
- 重量：約 65 kg
- 濕度：85%以下

較大容量之 900 KVAR 者，將單體電容器 2 個串聯後排成並聯 3 排，計 6 個單體電容器。較小容量之 600 KVAR 者，將 2 個串聯後，排成並聯兩排，計 4 個單體電容器。

2. 電容器之性能如次：

電容器在周圍 40° C 以下及額定情況下，連續運轉時，其外殼上任何一點之溫升不會超過 25° C。

電容器能在 110% 之額定電壓(有效值，但包含各次諧波)下，連續使用而無異狀。

因電壓變動，諧波及容裕度等影響，電容器能在 135% 之額定容量下，連續運轉而無異狀。

在額定頻率及電壓下，電容器內外為 25° C 時，電容器之實有輸出，在額定容量的 100%~115% 之間。

電容器內外溫度為 25° C 時，其損失不超過每仟伏安 3 瓦特。將電容器置於 80° C 之恆溫爐中，經四小時然後加 60HZ 之額定電壓，測其高溫損失，每仟伏安不超過 3 瓦特。

3. 電容器之構造如次：

外殼由鋼板鍍銅噴鋅製成完全熔接密封金屬。外表塗以耐水性防鏽塗料兩次，最外層顏色為銀色。

元件組由優良之絕緣紙、塑膠膜及高純度之絕緣油為介質，高純勻度之鋁箔為電極所構成。絕緣紙、塑膠膜及鋁箔於高真空度乾燥後，施以真空注油。所注之油為高穩定，且不燃性之高級合成絕緣油。

套管由接線端子、端子座及磁質套管所構成。端子座與磁質管間及磁套管與外殼間皆以完全密封式焊接之。接線端子則為線夾型端子，套管特性如次：

絕緣階級	18 KV
60HZ 耐壓 1 分鐘(乾燥狀態)	42 KV
60HZ 耐壓 1 分鐘(潮濕狀態)	36 KV
衝擊電壓試驗(1.2×50 μS 全波)	125 KV (峰值)

4. 電容量經過次述之試驗：

耐壓之試驗電壓為 60HZ 正弦波，端子與端子間加以 30KV 之電壓 10 秒而無異狀。

容量試驗以 1000HZ 正弦波之電源，依精密電橋法測試靜電容量值，於電容器內外為 25° C 時，換算為無效電力時，在額定容量值之 100%~115% 之間。

漏油試驗係將電容器置於 80° C 溫度下，四小時絕無油跡或漏洩痕跡。

過電壓運轉特將電容器接於 60HZ 110%，115%，120%，130% 及 140% 之額定電壓電路上，施行過電壓運轉試驗，運轉時間依序為 24 小時，30 分鐘，5 分鐘，1 分鐘及 15 秒，結果不發生任何異狀。

其他有溫升試驗及損失試驗等。

(三)電抗器

1. 每電容器組均接有電抗器。電抗器分為兩種，96KVAR 及 144KVAR，各接於 600KVAR 及 900KVAR 之電容器組。

電抗器之額定如次：

額定容量：	96KVAR	144KVAR
最大容量：	117KVAR	175.6KVAR
相 數：	1 φ	1 φ
電抗值：	236Ω	157Ω
額定週率：	60HZ	60HZ
電感值：	626mH	416mH
系統電壓：	27,500V	27,500V
周溫、線圈溫：	40° C, 55° C, 50° C	
升、油溫升：	40° C, 55° C, 50° C	
線端電壓：	4,760V	4,760V
最高電壓：	5,250V	5,250V
額定電流：	20A	30.2A
最大電流：	22A	33A
油 量：	220L	270L

2. 電抗器之材料如次：

鐵心採用冷軋延方向性矽鋼片製成。

線圈以裸平角銅線繞成，絕緣採 A 種絕緣紙，且經浸漆及真空乾燥處理。

防潮部份上蓋、手孔及套管部份均用品質優良之防潮耐油襯墊。

外殼及散熱器，先經除鏽並施磷酸鹽薄膜或噴砂防鏽漆處理。然後內面塗以耐油防鏽絕緣白漆，外面塗底漆，再塗耐候性防鏽漆兩次。

圖 3-35 所示，6 組電容器的接線圖，圖中：

SC：電容器

SR：電抗器

TD：比壓器兼放電線圈

$$(1 \phi, 600\text{HZ}, 100\text{VA}, \frac{30\text{kv} + 30\text{kv}}{200\text{v} + 200\text{v}})$$

IT：絕緣變壓器

$$(1 \phi, 600\text{HZ}, 100\text{VA}, 34.5 \text{ KV 級}, 200\text{V}/200\text{V})$$

DS：分段開關(25KV 級)

SI：支持絕緣礙子(69KV 級)4 個

AR：避雷器(15KV 級)

比壓器 TD 為 30KV 比 200V，一次線圈兼作電容器放電用，二次側作為保護電驛用。因比壓器二次側上、下兩個線圈電流方向相反，互相取消，在絕緣變壓器 IT 一次側不出現任何電壓。

如電容器組有一個發生故障時，TD 二次側流通電流，則 IT 一次側發生電壓，其二次側接至過壓電驛，使其動作。

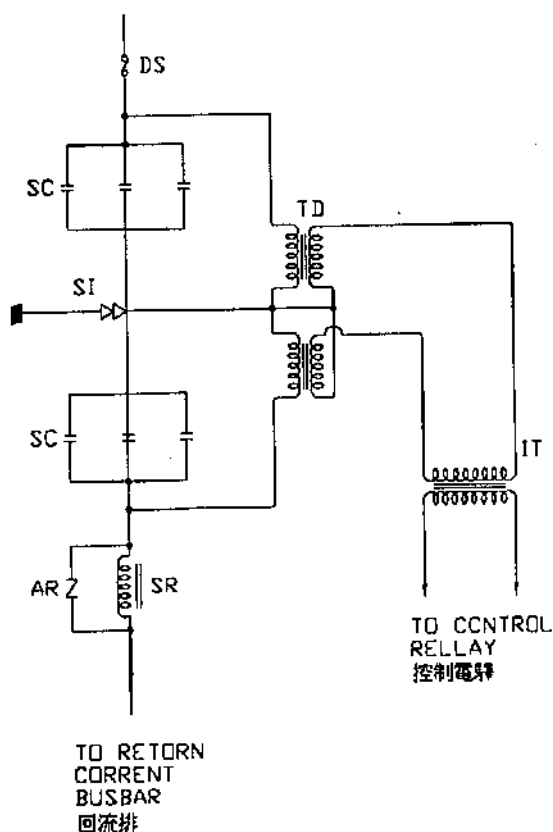


圖 3-35

十三、SF6 氣體絕緣開關設備

(一)主要器材及配備

1. SF6 氣體絕緣開關設備概述

- (1)所謂氣體絕緣開關設備(GAS INSULATED SWITCHGEAR，簡稱GIS)即是將原來利用大氣壓力絕緣之電力設備(如CB、PT、CT、DS、ES、BUSBAR等)密封於充滿特定壓力SF6(六氟化硫)氣體的閉鎖容器內，也就是將原來利用空氣絕緣所需之安全距離縮小，因此可達成開關設備及變電站全體之超小型化。GIS之所以會被發展應用，主要係因應客觀環境變化的需求。近年來環保意識高漲，變電站土地取得日趨困難，尤其在人口稠密地區，既使取得有限土地，但由於傳統變電站在外觀上之造成仍予人冷漠恐懼之感，且保養維護費時費力，因此以SF6氣體作為絕緣材料之設計乃被廣泛應用，並開啓了變電站設計的新面貌。
- (2)GIS的優點有很多，除了可促成變電站之超小型化，另可增加設備安全性，無火災之危險，安裝時間短與周圍環境相調和，且不需維護保養等皆為其主要之優點。

2. SF6 氣體絕緣開關設備之組成

GIS係由斷路器、隔離開關、接地開關、比壓器、比流器、匯流排及避雷器等主要設備所構成，密封於充滿SF6氣體的金屬容器內，茲簡述如下：

(1)斷路器

大多數GIS均採用瓦斯斷路器(GCB)，僅少數69KV及中壓C-GIS採用真空斷路器。

(2)隔離開關

基本上隔離開關不啓斷負載電流、變壓器激磁電流或電容性電流(但可以啓斷線路上很小的充電電流)，在170KV以下系統充電電流為1A，200KV以上系統充電電流為0.5A的情況下，可允許200次以上操作不需維修。

(3)接地開關

GIS的接地開關分為兩種，第一種是安全接地開關，用於檢點停電作業。由於與斷路器或隔離開關有互相連鎖，因此不需要有短時間通過故障電流(Short-Time Current)及故障電流投入(Making Current)的能力，也不要求快速操作。第二種是線路側接地開關，為了防止加壓中的線路誤作接地操作，引起設備的燒損，線路側接地開關必須具有與斷路器相同的故障電流載流能力及故障電流投入能力，且必須快速操作。

(4)比壓器

GIS的比壓器有感應型及電容型兩種，前者適用於362KV以下GIS，362KV以上則採用電容器型。

(5)比流器

GIS的比流器有三種安裝方式，係裝於容器外部、內部或裝於電力電纜出口處。小型化GIS大多裝於電力電纜出口處。

(6) 避雷器

GIS 避雷器裝置於容器內，導體與容器間的雷擊過電壓被抑制，而且避雷器與設備裝在一起保護範圍大，各廠家現均採用氧化鋅型避雷器。

(7) 絕緣間隔器

絕緣間隔器的功用係用以支持導體及設備之帶電體以維持相間及相對地間的絕緣距離。絕緣間隔器有錐形(Cone)及碟形(Disc)兩種形狀，不同形狀的間隔器會影響不同的電場強度。

(8) 匯流排

匯流排導體採用鋼管或鉛管，管的厚度及直徑依電壓高低及額定電流而定。導體直線連接及 T 型連接均採用圓形接頭，連接頭均裝有鋁製遮蔽罩以平均電場強度，其形狀要儘可能使電場強度降到最低且容器的直徑最小。導體與接頭的連接留有足夠的接觸面，以供倒體的膨脹收縮。

(9) 容器

GIS 外型大小係以容器及導體的直徑來決定，而容器及導體直徑的大小則依電壓及電流高低及機械強度而定。衝擊耐壓決定 SF₆ 氣體電位梯度以及導體直徑和容器內徑，然後再依據機械強度決定容器厚度，依額定電流計算導體和容器的溫升，如溫度超過標準值則需增加導體的厚度。若由於集膚效應而受限制時，只有加大導體的直徑，相對的容器的直徑亦需加大，則增加的成本相當可觀。在單相式容器系統，可易於控制短路電流所引起的作用力，因導體的電流被容器的反向電流所平衡。因電磁感應作用，在單相式容器會通過與導體大小相等方向相反的電流，導致 I^2R 電阻損失使容器發熱，另外磁性材料容器會產生很可觀的渦流損失，因此大電流的 GIS 均選用鋁合金為容器材料。

3. SF₆ 氣體的特性

GIS 最重要的技術係六氟化硫(SF₆ Sulphur Hexafluoride)氣體，應用於電力設備的絕緣以及作為斷路器的消弧介質。SF₆ 氣體係於 1900 年第一次在法國巴黎由 Moissan 及 Lebeau 兩人所發現，1937 年美國奇異公司開始進行應用於電力設備的研究，1957 年首次應用於斷路器。

(1) SF₆ 的化學特性

SF₆ 在一般的狀態下為一種極安定之惰性氣體，對 H₂、O₂ 均不發生反應，不溶於水亦不被酸所侵蝕。但在高溫(500° C 以上或電弧溫度)時，其本身分解成低原子價狀態氟化硫，並與周圍氣體、水份及金屬進行化學反應，成為有腐蝕性及有毒之化合物。

(2) SF₆ 的物理特性

SF₆ 氣體係惰性且不燃燒氣體，其耐壓強度為空氣的二~三倍，壓力愈高耐壓也愈高，在 3 大氣壓時其耐壓強度與變壓器絕緣油相同。

(3) SF₆ 的氣體特性

SF₆ 氣體不但有良好的絕緣特性，且可防止電弧的發生，在發生電弧後很迅速恢復其耐壓強度，是良好的消弧介質。

(4)SF6 的熱力學特性

SF6 的熱容量比空氣大，對電機設備溫升之減少有重大之影響。又 SF6 之熱傳導率比空氣低，但因有較高之熱容量及較低之黏度，使 SF6 熱轉換能力比空氣大。

(二)管型氣體絕緣開關設備(GIS)、與箱型氣體絕緣開關設備(C-GIS)之比較

氣體絕緣開關設備發展迄今約二、三十年，早期皆稱之為 GIS。近十年來由於 C-GIS 的被發展應用，才區分為管型 GIS 及箱型 GIS。因傳統 GIS 皆為圓筒狀 (Tube Type)，故稱之為管型氣體絕緣開關設備。而 C-GIS 係由 GIS 所演變發展出的另一系統氣體絕緣開關設備，在其外觀上與 GIS 有顯著的不同，為矩型結構 (Cubicle Type)，通常稱為箱型或配電盤型氣體絕緣開關設備 (簡稱 C-GIS)。

1. 構造

(1)GIS

各主回路器具裝入金屬管中，注入較高壓力之 SF6 絕緣瓦斯，主匯流排亦包括在金屬管中成為開關場一體。外觀為圓筒型金屬管組合。

(2)C-GIS

各回路之每一單回路器具入金屬板製箱型 SF6 絕緣瓦斯倉內，主回流盤設於瓦斯倉外，外觀為鋼板組合。

(3)C-GIS 優點為外箱係鋼板加工製造，不像 GIS 的金屬容器須要特別設計鑄造。H. C-GIS 的 CB、DS、PT、CT 等可與一般型設備共用，不須特殊設計，成本可大為降低。但 C-GIS 缺點為鋼板薄，內部發生電弧故障時，恐有被熔穿或發生變形之虞。

2. 信賴性及安全性

(1)GIS 與 C-GIS 的信賴和安全性極高，因其帶電部位完全密封，不受環境鹽害污染影響。

3. 適用範圍

(1)GIS

電壓 66KV~800KV，電流 800A~3000A，短路電流 20KA~31.5KA。

(2)C-GIS

電壓 24KV~84KV，電流 800A~1200A，短路電流 20KA~31.5KA。

4. 絕緣瓦斯壓力

(1)GIS

高壓瓦斯斷路器部份一般為 $5\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ ，其他部份為 $3\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ 。其優點是因瓦斯量較多，絕緣性感覺上較令業者安心。其缺點為因瓦斯量大、壓力高、易產生洩漏。又三相一體成型者，瓦斯洩漏後易造成三相短路。

(2)C-GIS

屬於低壓瓦斯，一般壓力在 $0.2\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ 。其優點為瓦斯壓力與大氣壓力相近，較不易洩漏，即使瓦斯洩漏亦不致產生相間短路，仍可暫時正常運轉。其缺點為防漏材料範圍較大，材料品質必須穩定。又因其外箱耐

壓力較低，不能完全抽真空灌氣，SF6 氣體純度不易控制，影響絕緣強度。

5. 壓力容器法規

(1) GIS

受壓力容器法規管制。

(2) C-GIS

因壓力在 $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下，不受壓力容器法規管制。

6. 適用斷路器

(1) GIS

僅能使用 GCB。其優點為可用於超高壓輸電系統。缺點是允許開閉次數較少，電氣機械壽命較短，保養較不易，操作回路故障率高，手動操作困難。又 GCB 保養時，SF6 經電離後產生環保問題(如氟化銅等)。

(2) C-GIS

可使用 GCB 或 VCB。其優點為故障率極少，萬一故障時操作機構可抽出檢點，既簡易又方便。其缺點為只能適用於較低壓(84KV 以下)之配電系統。

7. 搬運及現場安裝

(1) GIS

各 BAY 分開裝運。其優點為金屬管外界耐碰撞力強。缺點是較笨重，安裝費時費力。瓦斯灌裝及洩放時須真空幫浦等特殊工具。出廠時須將瓦斯洩出，於現場安裝完工後再填充瓦斯，較不能確保出廠時之品質。且現場組立時要注意空氣溼度，須設置臨時空氣隔絕及防塵設備，注意事項較繁雜。

(2) C-GIS

各盤獨立裝運。其優點為安裝簡便，不須吊車省時省力。出廠時不必洩出瓦斯，現場不必做充灌瓦斯作業，可確保出廠時之品質。安裝時不必任何特殊工具，且不受環境影響。內部器具三相一體，耐震力較強。其缺點為外部配電盤門耐碰撞力較弱。

8. 儀表、電驛、指示器、控制開關等

(1) GIS

無法裝於 GIS 上。

(2) C-GIS

GIS 盤面可裝儀表、控制開關、電驛、指示燈、故障指示器、單線圖 Mimic 等監視系統。

9. 保養

(1) GIS

其優點是保養周期長，免做一般保養。缺點為更換器具須較長時間且須特訓人員，備品項目較多。

(2) C-GIS

優點是保養周期長，項目少免做一般性保養，器具更換簡單時間短。又使用 VCB 者，其接點在真空中完全免保養，斷路器容量 3.15KV 可跳脫 30

次。備品項目少，保養人員不須至製造廠受訓。

10. 佔據面積

(1) GIS

為傳統開放式之 1/2 面積。

(2) C-GIS

為傳統開放式之 1/3 面積。

11. 綜合優缺點比較

綜合 GIS 與 C-GIS，二者雖然同以 SF₆ 氣體作為絕緣材料，但由於設計理念不同，各有其特性。除以上所列之優缺點外，尚可歸納其他優缺點如下(以 C-GIS 為參考)：

[優點]

(a) 設備簡單重量輕，可降低變電站建造成本，易於維護保養。

(b) 高壓設備與低壓控制設備全部在一箱，不須引接控制電纜。

(c) C-GIS 容器和變壓器，低壓開關箱等容器在外關上相同(同為矩形)，與周圍環境調和較有利。

(d) 於接線配置標準化的變電站，其設計施工均比 GIS 有利。

[缺點]

(a) 開關箱密接在一起，故障時修復較困難，恢復供電時間長。

(b) C-GIS 不宜裝置於構成複雜、大容量、供電密度高且需要高信賴度的變電站。

12. 綜合總評(一般選擇 GIS 或 C-GIS 之判斷參考)

(1) GIS 適用於電力公司輸電系統及超高壓系統一次、二次變電所使用。亦即不須經常 ON-OFF 操作的變電所(適用於輸電)。

(2) C-GIS 適用於構成單純化且標準化的變電站。亦即適用於電力公司中、小容量用戶，或特高壓配電系統中須經常 ON-OFF 操作的變電所(適用於配電及一般用戶)。

第四章電力調配與開關作業

一、概說

(一)變電站系統

台鐵沿線設變電站十三處。每一變電站分別從台電公司一次變電所接有六萬九仟伏特三相交流輸電線二路，經站內變壓器降壓二萬五仟伏特單相交流電化鐵路所需之電源，再由真空斷路器及饋電開關，分向南、北雙方各約二十公里之架空電車線饋電。

因每一變電站以兩個不同之相位接至電車線，故變電站附近之電車線上必須設置無電區間，將兩不相同之相位隔離。又因台電公司規定，二次變電所間之線路不得連接，故二相鄰變電站間之電車線，亦須設置無電區間，此等無電區間稱為「中性區間」。

各變電站與分界點中性區間之開關，平常在「啓斷」位置，僅在原接變電站無法供電或電車線系統供電中斷時才得「閉合」。

(二)電車線系統

1. 電車線群

電車線每 20 公里為一供電區間，在同一區間，各站站內之電車線視行車、調車、貨物裝卸及保養作業等之需要，利用電車線之絕緣重疊、區分絕緣器及開關等，構成不同之網路，分成若干之電車線群。在保養或故障時，可以啓斷開關單獨隔離，使斷電之範圍縮至最小。

2. 電車線開關

A. 依其用途分：

- ①饋電開關：裝在電桿上，供電車線設置某區間與變電站之饋電電纜相連接或隔離者。
- ②分段開關：裝在電桿上，供電車線之任一區間與另一區間相連接或分開者。
- ③分區間開關：裝在電桿上，供連接或分開二分區間之電車線者。

B. 依控制方法分：

- ①遙控開關：由電力調配室遙控，包括饋電開關及分段開關二種。
- ②當地控制開關：複線區間(包括雙線區間)站內正線、副正線之電車線所用開關。
- ③手動開關：單線區間站內正線、副正線及一般站內之裝卸線，機檢段內檢修線等電車線所用開關。

3. 電力調配室

台鐵西部幹線電化，共設二個電力調配室，控制及監視沿線 13 個變電站、及 11 個分界點。各變電站、開關站及分界點之開關操作均採遙控方式。各電力調配室管轄範圍如下：

第七章 台鐵電力系統保護協調

一、概說：

(一)台鐵電力系統之特性

1. 台電變電站

台鐵電化變電站是由台電一次變電所 69KV 匯流排引入三相、69KV、60 赫之電源兩迴路，在變電站內經主變壓器變成單相、25KV、60 赫之電壓，饋送至電車線以供電力車之動力。饋電系統如圖 7-1。其特性為：

- (1) 69KV 輸電線兩迴路經常加壓，第一迴路(Line 1)與第二迴路(Line 2)分別向第一只變壓器(Tr. 1)及第二只變壓器(Tr. 2)供電。
- (2) 主變壓器採用特殊接線方式(Le Blanc)將三相、69KV 電源變為兩單相(M 相及 T 相)、25KV 電源，且二主變壓器二次側之同相相互並聯。
- (3) 主變壓器二次側兩單相(M 相及 T 相)相角差互為 90° ，故兩單相電源不能相連接。
- (4) 台鐵變電站屬台電電力系統之二次變電站，依台電二次變電站之原則，兩變電站之電源亦不可相連接。

2. 電車線系統與負載

台鐵電車線系統為 25KV、單相電源，採用以鋼軌為回流電路方式，同時為確保牽引電流電路之連續不斷，以減輕電訊干擾，並在短路或正常運轉情況下減低接觸電壓、跨步電壓及電位升高，電車線回饋系統加設雙回饋線(R.F.)或部份特殊區段加設吸流變壓器(Booster Transformer)及回流線(R.C.)。電車線回饋系統如圖 7-2 所示，其特性為：

- (1) 因採用以鋼軌為回流電路，且鋼軌亦為接地線路，故負載回路與故障回路相同。
- (2) 饋電給電力機車和電車之負載，其大-小隨時間而變動且負載時時刻刻移動。

(二)保護協調之重要性

1. 保護設備之任務。

(1) 維持常時供電之可靠性。

於故障(短路或接地)時，應將故障部份迅速切離系統，使故障局限於最小範圍，並於故障清除後，迅速恢復供電，以保持最大之可靠性。

(2) 維護設備與生命安全

因故障時產生之巨大故障電流將危及生命之安全，故保護設備應具有迅速動作之特性，於危害發生前將電路啓斷。

(3) 表明故障發之處所與原因

故障發生時，保護設備應表明故障發生之處所與原因，以便使維護人員易於檢修並迅速處理故障。

2. 保護協調之重要性

保護設備之任務已如前項所述，然欲使保護設備能達到使用目的，必賴各項保護設備諸如：斷路器、電驛、開關、保險絲...等，須做合理的配置與合

國家圖書館出版品預行編目資料

臺鐵電化路線電力供應概要 / 臺灣鐵路管理局
電務處編著. -- 初版. -- 臺北市：臺鐵局，
民 98.03
面；公分

ISBN 978-986-01-7675-9 (平裝)

1. 鐵路電氣化 2. 電力配送 3. 電力工程

442.89

98002193

臺鐵電化路線電力供應概要

著 者：臺灣鐵路管理局電務處

出版機關：臺灣鐵路管理局

機關地址：10041 臺北市北平西路 3 號 5 樓

網 址：<http://www.railway.gov.tw/>

出版年月：民國 98 年 3 月

定 價：新臺幣陸佰元

版 次：初版（電子全文同步登載於臺鐵網站）

展 售 處：

(1) 國家書店松江門市

地址：10485 臺北市中山區松江路 209 號 1 樓 TEL：02-25180207

國家網路書店：<http://www.govbooks.com.tw>

(2) 五南文化廣場(<http://www.wunanbooks.com.tw>)

地址：40042 台中市中區中山路 6 號 TEL：04-22260330

GPN：1009800270

ISBN：978-986-01-7675-9

著作財產權人：交通部臺灣鐵路管理局電務處

本書保留所有權利，欲利用部分或全部內容者，須徵求著作財產權人書面同意或授權。

理之運用。此合理的配置與運用就是「保護協調」。換句話說，保護協調的目的是將故障停電限制於最少次數、最短時間與最小範圍內。台鐵電力系統與一般電力系統有異，除應具備一般電力系統保護協調之原則外，更應考慮台鐵供電之特性，將保護設備做更合理，更週到的配置與運用，以維設備、人員及行車之安全。

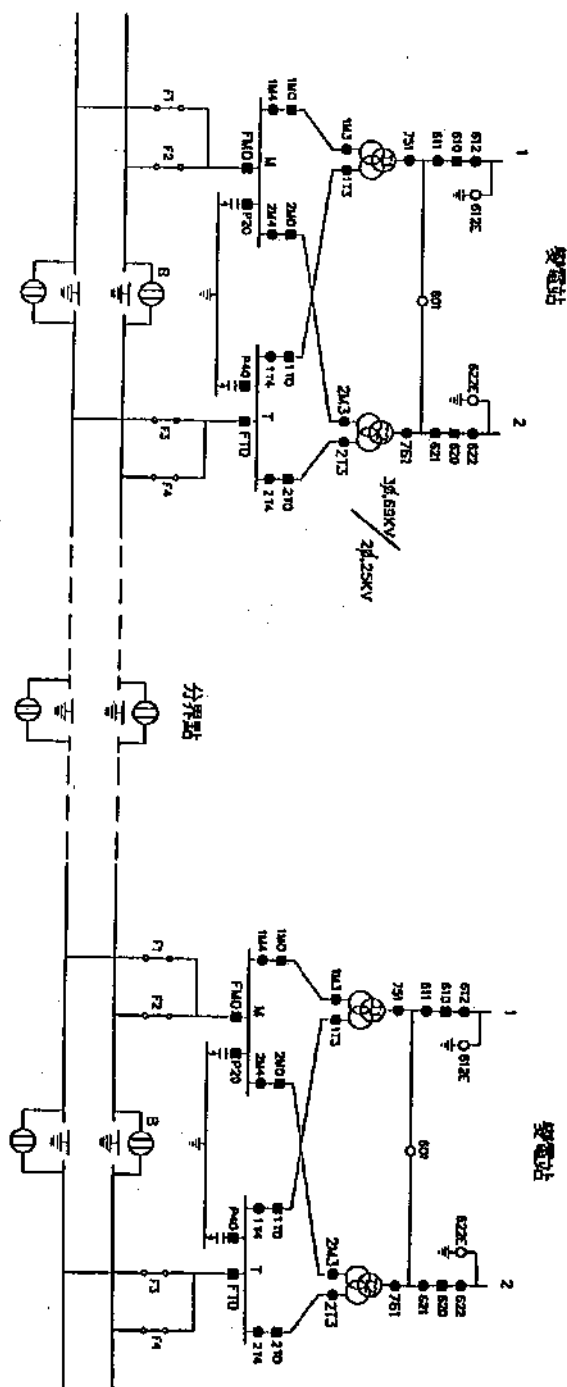


圖7-1 台鐵變電站饋電系統圖

二、台鐵變電站保護設備

(一)開關設備

開關設備之任務為：

- a. 在正常運轉時，配合運轉及維護，作「接通」或「啓斷」之操作。
- b. 在系統不正常情況下，斷路器自動啓斷電路，將發生故障之機器或線路切離系統。

1. 斷路器

(1) 油斷路器(Oil Circuit Breaker)

裝置在 69 KV 側，為大油量三相單槽式。其特性如下：

- ① 額定電壓：72.5V。
- ② 額定電流：1250A。
- ③ 啓斷電流：20KA。
- ④ 遮斷容量：2500MVA。
- ⑤ 斷弧時間：2 Cycles。
- ⑥ 絕緣程度：350KV。
- ⑦ 操作方式：電動馬達、油壓彈簧。

2. 隔離開關

- (1) 一次側：69KV，三相，630A，雙斷型，電動或手動操做。
- (2) 二次側：25KV，單相，800A，單斷型，電動或手動操作。

3. 連鎖設備

為防止人員操作錯誤而引起重大故障，台鐵變電站所有隔離開關與斷路器間均設有連鎖裝置。在斷路器啓斷之前，隔離開關不得開啓；斷路器閉合之前，隔離開關應先閉合。台鐵變電站開關操作連鎖條件如圖 7-3 所示。

(二)保護電驛

電力系統設置保護電驛之目的乃確保系統之正常運轉及保護設備免於損壞。台鐵變電站保護電驛系統如圖7-4 所示。

1. 69KV 側保護電驛

(1) 過載電驛(Over Current Relay)

- ① 型式：CDG 61。
- ② 特性：設有瞬時性及延時性元件，動作時間為3 秒，並附有自動復閉一次電路。

(2) 低電壓電驛(Under Voltage Relay)

- ① 型式：VAU 41。
- ② 特性：僅於獲知輸電線路無電壓時發出警告，不讓斷路器跳脫之電路，並設有延時性，以避免瞬間性停電所引起之干擾。
- ③ 功用：偵測輸電線路之電源。

(3) 過壓電驛(Over Voltage Relay)

- ① 型式：VAU 21。

②特性：與一個 1 比 1 之 Y- Δ (Star-Open Delta) 比壓器連接使用，並設有延時性元件。以避免台電一次變電所端接地故障引起之誤動作。

③功用：檢出 69KV 輸電線路接地故障。

(4) 復閉電驛 (Auto Reclose Relay)

①型式：VAR 39 Z

②特性：接於其他電驛之動作接點及斷路器之閉路電路，以再使斷路器作第二次閉合。

③功用：現設定自動復閉一次，減少停電時間，以維行車運轉之暢流。

2. 變壓器之保護電驛

(1) 過載電驛 (Over Current Relay)

①型式：CDG 31

②特性：與過載電驛 CDG 61 略有不同，僅設有延時性元件。

③功用：保護主變壓器之過載。

(2) 布氏電驛 (Buchholz Relay)

①型式：亦稱氣壓電驛。

②特性：係以一浮筒及能儲存氣體之突出活閥部份所構成。本電驛動作後需以人工將氣體自活閥放出才能使接點復原，且應將氣體送檢以便瞭解變壓器故障情況。

③功用：保護主變壓器內部故障。

(3) 熱偶電驛 (Thermostat Relay)

①型式：熱偶型

②特性：以熱偶棒浸入油中而測出油溫，另再加上線圈通過電流所生之溫度而測得線圈溫度。

③功用：保護主變壓器線圈溫升。

3. 25KV 側保護電驛

(1) 過載電驛 (Over Current Relay)

①型式：CTU 22、CTU 23、CDG 13

②特性：(a) CTU 型：動作特性為一穩定型，當線圈通過之電流達到設定值，即使再高之電流，其動作之時間不變。

(b) CDG 13：線圈通過電流越大，動作時間越短，有後衛保護之作用。

③功用：(a) 保護變壓器之過載及 25 KV 匯流排之故障。

(b) 保護電車線之接地。

(2) 方向性過載電驛 (Directional Over Current Relay)

①型式：CDD 21

②特性：對於正向之負載電流，不論其值大小，方向性接點均不會閉合；惟遇反方向電流達設定值且超過其限定時間時，即使斷路器跳脫。

- ③功用：保護 69 KV 側相間短路障礙。
- (3)過壓電驛(Over Voltage Relay)
 - ①型式與特性同 69 KV 側。
 - ②功用：保護電力機車。
- (4)低壓電驛(Under Voltage Relay)
 - ①型式與特性同 69 KV 側。
 - ②功用：偵測電車線電源。
- (5)復閉電驛(Auto Reclose Relay)
 - 同 69 KV 側。

(三)避雷設備

電力系統各項機器設備之絕緣，不但在 60 赫的正常交流電壓下運轉，而且還要在不同氣候條件及雷擊等暫態異常電壓下，仍能保持良好性能。台鐵變電站除採用避雷器保護主變壓器外，並架設避雷鐵架構成遮蔽網，以保護變電站之設備。

1. 避雷器

裝於主變壓器之一次側及二次側，以保護主變壓器及其他設備免受雷擊等之損害。

(1)一次側

額定電壓：73 KV

突波電流：10 KA

(2)二次側

額定電壓：40 KV

突波電流：10 KA

2. 避雷鐵架

架設於變電站中央處，遮蔽角度為 45°，其遮蔽範圍可包含變電站室外重要設備，如主變壓器、隔離開關、斷路器、25KV 電纜及接頭等，對雷擊形成遮蔽作用，以免擊中變電站內設備。

(四)檢漏與警告裝置

1. 檢漏裝置

為偵測和試驗電力系統之運轉情形。台鐵變電站裝置有下列儀錶：

- ①69 KV 側每一迴路裝置電壓記錄器 1 只，安培錶 3 只。
- ②變壓器 69 KV 側裝置安培錶 1 只。
- ③變壓器 25 KV 側裝置安培錶 2 只，瓦時錶 2 只。
- ④每一 25 KV 饋電線裝置安培錶 1 只。
- ⑤大地回流安培錶 1 只。
- ⑥有效功率記錄器 1 只。
- ⑦25 KV 電壓記錄器 2 只。

2. 警告裝置

對於任何電驛動作或其他障礙，變電站內均設有警告裝置，並立即反應至電

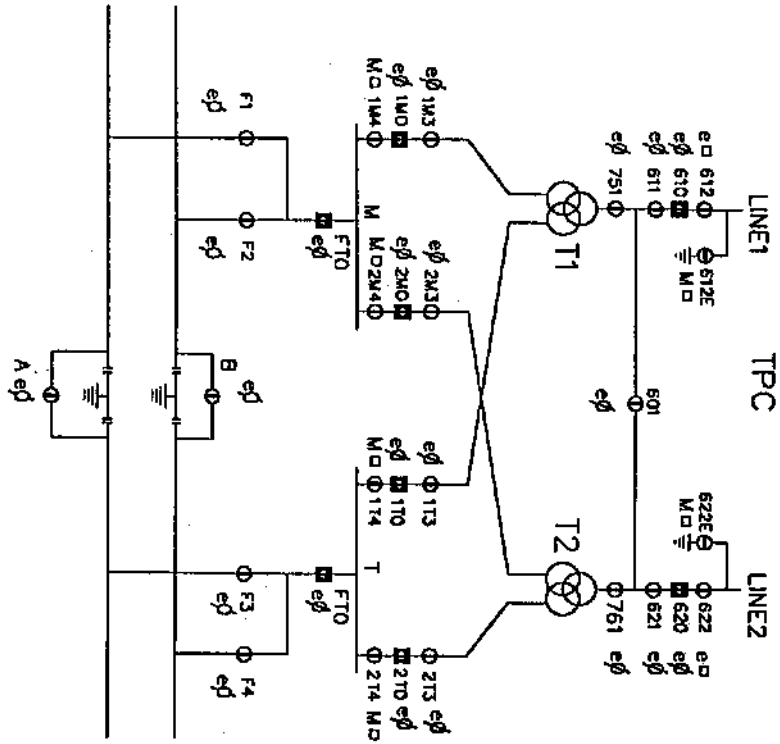
力調配室之警告設備，以使電力調配員迅速採取有效措施。圖 7-5 為變電站內之警告設備，圖 7-6 為電力調配室之警告。

	1	2	3	4	5	6
A	LINE 69KV O/C TRIP	TRANSFORMER 69KV O/C TRIP	LINE1 UNDER VOLTAGE ALARM	TRACK FEEDER FEEDER M PHASH	25KV UNDER VOLTAGE ALARM	PROTECTION 110V DC N FALL
B	T1 BUCHHOLZ OR W.T ALARM	T2 BUCHHOLZ OR W.T ALARM	LINE1 OVER VOLTAGE	TRACK FEEDER PROTN TRIP T PHASH	25KV OVER VOLTAGE ALARM	REMOTE CONTRC 60V DC FALL
C	T1.T2.T3 BUCHHOLZ TRIP	T3 BUCHHOLZ OR W.T ALARM	LINE2 UNDER VOLTAGE ALARM	TRACK FEEDER OVER CURRENT TIME TRIP	POWER FACTOR CORRECTION TRIP	220 110V AC SUPPLY FALL
D	T1.T2.T3 25KV TRANS FEEDER PROTN TRIP		LINE2 OVER VOLTAGE	TRACK FEEDER PROTN DC FALL	POWER FACTOR CORRECTION ALARM	BATTERY FAULT
E	T1.T2.T3 WINDING-TEMP TRIP		69KV DAR LOCKOUT	TRACK FEEDER DAR LOCKOUT 25KV	POWER FACTOR CORRECTION PROTN DC FALL	REMOTE CONTRC 12V DC FALL

圖 7-5 變電站警告設備

	1	2	3	4	5	6	7
X	LINE 69KV O/C TRIP	LINE 69KV OVER VOLTAGE	LINE 69KV UNDER VOLTAGE	TRACK FEEDER O/C	TRACK FEEDER PROTECT TRIP M	25KV UNDER VOLTAGE	TELEMETR 12V FAIL
Y	TRANS 69KV OR 25KV O/C TRIP	T1.T2.T3 BUCH TRIP	T1 BUCH OR W.T ALARM	T2 BUCH OR W.T ALARM	TRACK FEEDER PROTECT TRIP T	25KV OVER VOLTAGE	T3 BUCH OR W.T ALARM
Z	PROTECT 110 DC FAIL	TELEMTRY 60V FAIL	220V OR 110V AC FAIL	BATT FAULT	TELEMTRY FAULT	CONTROL FAULT	T1.T2.T3 W.T TRIP
G	P.F.C TRIP	P.F.C ALARM					

圖 7-6 電力調配室警告設備

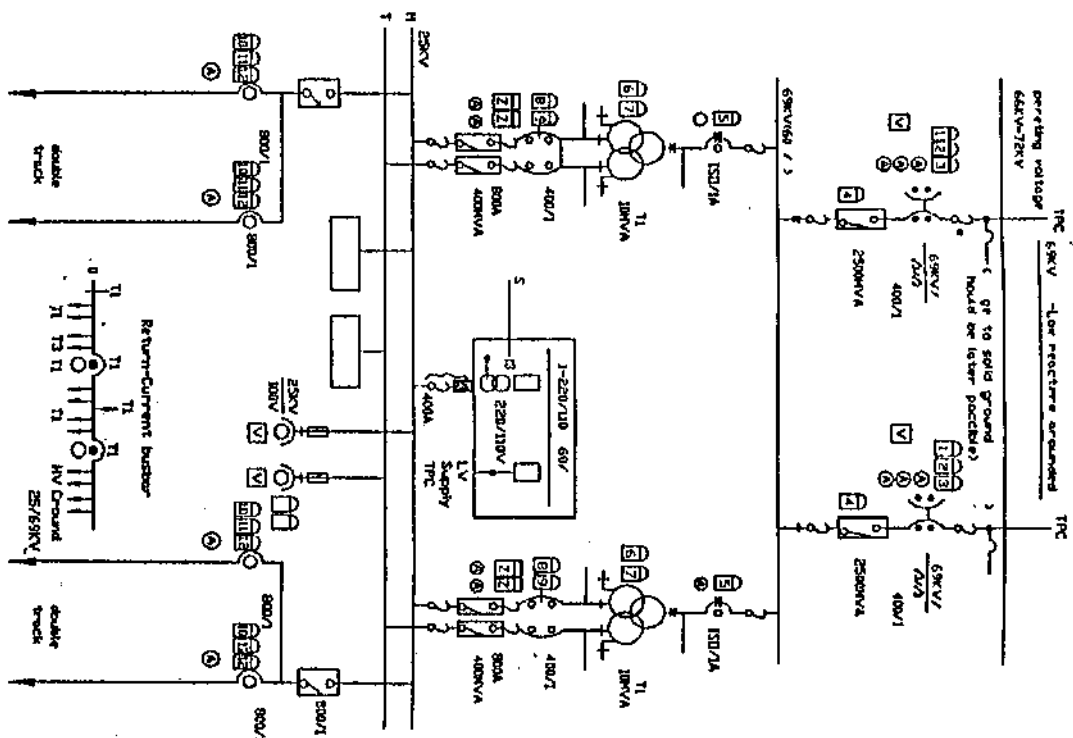


SWITCH OPERATIONS AND INTERLOCKING SCHEME
OF TRA SUBSTATIONS
(DOUBLE TRANSFORMER)

CIRCUIT BREAKER AND ISOLATOR SWITCHES OPEN	ISOLATOR SWITCHES WHICH CAN BE OPERATED IF ADJACENT C.B IS OPEN
610	611 612
620	621 622
610 620	601 751 761
601 610	(611 612 621 622)
620 601	751 (611 612)
	761 (621 622)
610 611 612	
620 621 622	
1M0	612E (CLOSE ONLY AFTER AGREEMENT WITH TPC PRIMARY SUBSTATION)
1T0	1M3 1M4
2M0	1T3 1T4
2T0	2M3 2M4
	2T3 2T4
FM0	F1 F2 (F3,F4)
FTO	F3 F4 (F1,F2)
FM0 or FTO	A,B

- e Electric Control
- M Mechanical Control
- Remote Signalled or indicated
- ∅ Remote Controlled
- ∅ Electric Overlaid Remotely pole Switch

圖 7-3 台鐵變電站開關操作連鎖關係



Protection System for TRA Substations		
Protection Relay	Type	Relay Setting
UNDER CURRENT (single transformer substation)	CDG 6I	THE ELEMENT INSTLEM PS 1.5 TSM0.3 1609A(800A)
UNDER VOLTAGE	VAU 4I	3IKV PHASE TO EARTH 4.0Sec
3OVER VOLTAGE	VAU 2I	3IKV 50KV TO EARTH 4.0Sec
4AUTO RECLOSE	VAR 39Z	3IKV 50KV TO EARTH 4.0Sec
Directional over current		THE-ELEMENT DIRECTED TO TPC
(single-transformer Substations)	EDD 2I	PS0.5 TSM0.1(-220A)
5DOVER CURRENT/TIME	CDG 3I	THE ELEMENT PS1.5 TSM0.4(225A)
6BUCHEMELT		ALARM (NO gas or air in tank TRIP (NO sudden oil pressure flash over WARNING TEMP (normal alarm 90.0 to 100.0 OIL TEMPERATURE (normal 75.0 DHT500A.5Sec
7THERMOSTAT		DHT500A.5Sec
8DOVER CURRENT		DHT500A.5Sec
9DIRECTIONAL OVER CURRENT	CDG 2I	THE ELEMENT 200A 0.8 Sec PS0.5 TSM0.1 DIRECTED TO TPC
10DOVER CURRENT	CTU 2Z	DHT2400A.10Sec INST24480A TWO TRACK FEEDER PARALLEL
11DOVER CURRENT/TIME (SINGLE TRACK)	CDG 13	THE ELEMENT PS1.0 TSM0.2(800A)
12AUTO RECLOSE	VAR 39Z	2.5Sec
13DOVER VOLTAGE	VAU 2I	27.5KV
14UNDER VOLTAGE	VAU 4I	19.0KV

圖 7-4 台鐵變電站保護電驛系統

三、故障電流之計算

(一)故障電流計算之目的

電力系統發生故障時，必產生下列異狀：

1. 一相或一相以上電流突然增加，其大小視系統容量、長度、接地地點、阻抗等而異，但其方向恒流向故障點。
2. 一相或一相以上電壓必然降低，其最低值恒在故障點。
3. 故障電流恒流向於故障點。
4. 故障設備之溫度恒迅速增高。

因此，電力系統是否可靠穩定，視故障發生時能否迅速將故障排除或隔離而定。故保護裝置應在設備受損最小及停電時間最短等條件下，將故障部份完全自系統隔離，使其他健全線路能繼續供電。此種保護裝置通常由電驛及斷路器擔任。為決定電驛之種類、設定值及斷路器之啓斷容量，必須先做故障電流之計算，以瞭解故障時系統內之電壓及電流值，並可據此作為計算感應干擾之參考。所以計算故障電流之目的為：

1. 決定開關(Switch)之斷弧量及斷路器(Circuit Breaker)之啓斷容量。
2. 設計保護協調之依據。
3. 計算感應干擾之基本資料。

在常用的故障電流計算步驟中，常假設故障為零阻抗，亦即故障本身無限制電流的作用，以此假設所計算之值乃短路電流之極大值，其目的在依據此極大值用以選擇保護裝置之額定切斷值、額定瞬間值及電驛之標置值。又嚴格之計算相當複雜，既費時又費力。根據經驗，利用歐姆定律為基礎所簡化之計算方式，而求得之結果，其準確性亦相當高，省時又省力。

(二)引用資料及數據

1. 台電一次變電所阻抗

台電一次變電所	69KV 母線三相 短路故障電流值	阻抗值 $\frac{69 \text{ KV} \sqrt{3}}{I}$	X/R 比值	台鐵變電站
南 港	19.7 KA	2.02Ω	32 : 8	南 港
中 壠	27.4 KA	1.45Ω	19 : 1	內 壠
新 竹	26 KA	1.53Ω	19 : 6	新 竹
苗 栗	16.9 KA	2.36Ω	21 : 7	苗 栗
翁 子	21.1 KA	1.89Ω	20 : 5	豐原 / 甲南
彰 化	27.1 KA	1.47Ω	19 : 6	彰 化
雲 林	12.8 KA	3.11Ω	10 : 8	石 榴
嘉 義	17.5 KA	2.28Ω	13 : 4	嘉 義
山 上	23 KA	1.732Ω	24 : 3	善 化
岡 山	24.8 KA	1.61Ω	22 : 6	岡 山

表 7-7 台電變電所阻抗值(74.12.26 台電提供資料)

此處所謂台電一次變電所阻抗，對台鐵供電系統而言，就相當於「電源側之等效阻抗」，也就是所謂的「母線三相短路容量」，簡稱為短路容量，該短路容量值係由台電所提供，有分為最大短路容量與最小短路容量，在故障電流計算中（經確計算法），為不可或缺之數據之一。

$$\text{短路容量之一般定義為：} 3E_{th} * I_{sc} = 3 \frac{E_{th}^2}{Z_{th}}$$

E_{th} ：電源側之戴維寧等效電壓。

I_{sc} ：短路測試所測得之電流。

Z_{th} ：電源側之戴維寧等效阻抗。

以表 7-7 台電南港一次變電所為例：

$$\text{短路故障電流值 } 19.7\text{KA}，\text{所以阻抗值} = \frac{69\text{KV}}{\sqrt{3} * 19.7\text{KA}} = 2.02\Omega，\text{所以}$$

$$\text{短路容量} = 19.7\text{KA} \times 69\text{KV} \times \sqrt{3} = 2354 \text{ MVA}$$

2. 台鐵 69 KV 輸電線距離及有關資料

輸電線 距 變電站	線別	Line 1 (紅線)	Line 2 (白線)	導線材料
南港		0.34 km	0.364 km	ACSR 477 MCM 26/7
內壢		3.202 km	3.202 km	ACSR
新竹		3.727 km	3.727 km	AAC 477 MCM 19
		0.337 km	0.337 km	ACSR
苗栗		0.307 km	0.291 km	AAC
豐原		0.400 km	0.400 km	ACSR
甲南		16.143 km	16.143 km	ACSR
彰化		3.192 km	3.192 km	AAC
石榴		7.592 km	7.316 km	AAC
嘉義		13.235 km	13.313 km	ACSR
普化		9.798 km	9.799 km	ACSR
岡山		2.557 km	2.557 km	ACSR

表 7-8 輸電線距離及材料

3. 台鐵變壓器阻抗

變壓器容量：10 MVA，分為二相，每相 5 MVA

百分阻抗：10%

一次側電壓：69,000 V

二次側電壓：26,125 V

$$\text{一次側阻抗：} Z_1 = \frac{(69000)^2}{10 \times 10^6} \times 10\% = 47.6\Omega$$

$$\text{二次側阻抗: } Z_2 = \frac{(26125)^2}{5 \times 10^6} \times 10\% = 13.65 \Omega$$

雙變壓器時 = 6.825 Ω

4. 電車線阻抗

電車線阻抗值 (根據 GEC POWER STUDY PSD 1012)

	單軌 (Ω / km)	雙軌 (Ω / km)
無 B.T 區間	0.182 + j 0.456	0.097 + j 0.255
每 2.5 km 裝一個 B.T 之區間	0.246 + j 0.803	0.123 + j 0.410
每 3.75 km 裝一個 B.T 之區間	0.245 + j 0.797	0.123 + j 0.407
苗栗~後龍 25 KV 饋電線	0.242 + j 0.687 Ω / km	

表 7-9 電車線阻抗值(根據 GEC POWER STUDY PSD 1012)

5. 變電站饋電區間及距離

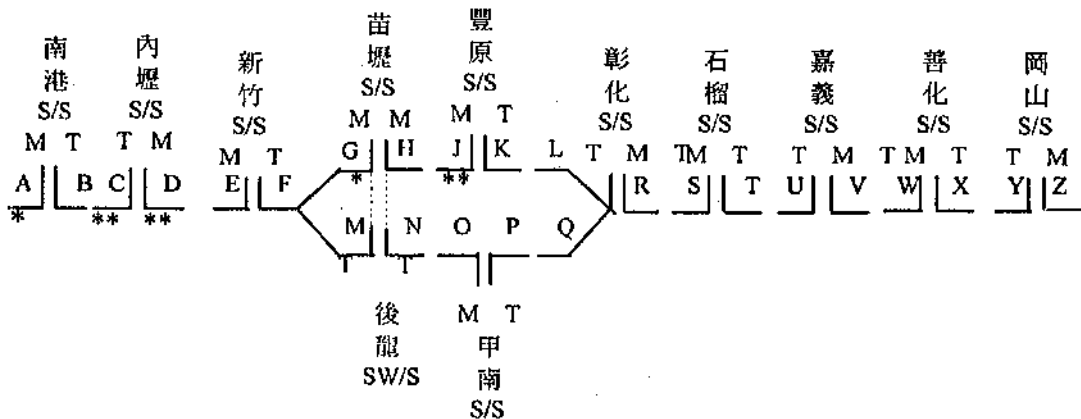


圖 7-10 台鐵變電站饋電區間圖

說明：* 每 2.5 km 裝一個 B.T 之區間

** 每 3.5 km 裝一個 B.T 之區間

松山~樹林及豐富~三義間之 B.T 已獲電信局同意拆除

供電區間	距離(km)	供電區間	距離(km)	供電區間	距離(km)
A	16.1	K	17.6	S	21.7
B	24.1	L	17.6	T	18.2
C	22.3	M	15.7	U	18.8
D	20.5	N	20.2	V	19.0
E	19.3	O	23.6	W	20.0
F	24.7	P	17.3	X	22.0
G	11.9	Q	14.7	Y	23.4
H	19.9	R	23.8	Z	26.4
J	22.6	苗栗 S / S ~ 後龍 S.W / S		3.5 km	

(三)故障電流計算實例

1. 69 KV 輸電線

(1) 台鐵 69 KV 輸電線饋電之特異點：

- ① 台鐵 69 KV 輸電線均為兩回路，且兩回路均經常饋電。
- ② 主變壓器一次側線圈接法為 Δ 方式，並非一般之接地方式，故當69KV輸電線發生接地故障時，主變壓器無零相序電流通。
- ③ 主變壓器二次側相互並聯運轉。
- ④ 台鐵 69 KV 輸電線最長為 16.143 km，均屬短程輸電線路。故線路常數“電容”可忽略不計。

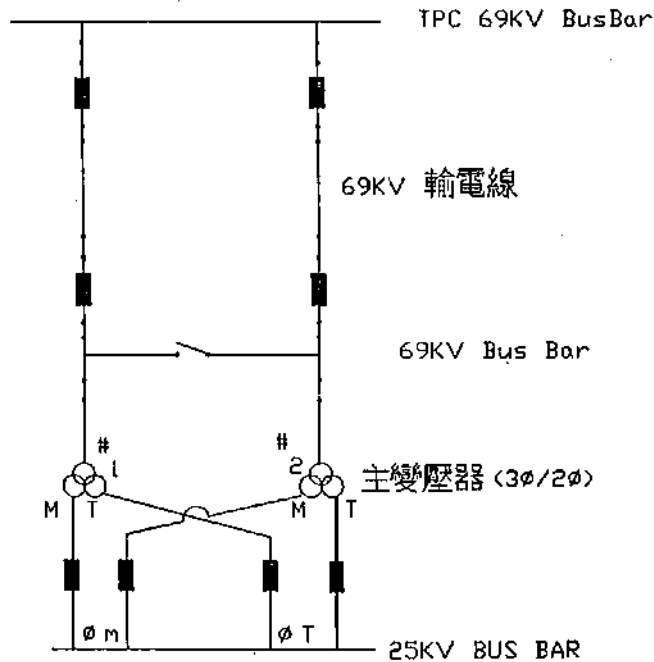


圖 7-11 台鐵變電站饋電單線圖

如圖 7-11，台鐵變電站由台電變電所架設兩路 69 KV 輸電線，平時每一回路分別向主變壓器 # 1 及 # 2 供電，69 KV 匯流排(Bus Bar)連接用隔離開關平時為開路。故當 69 KV 輸電線之一回路發生短路或接地時，除了計算該回路之故障電流外，更應考慮由另一健全輸電線路經同側主變壓器至 25 KV 匯流排(Bus Bar)，再經另一主變壓器反饋至故障輸電線路之反饋故障電流。

(2) 線路阻抗圖

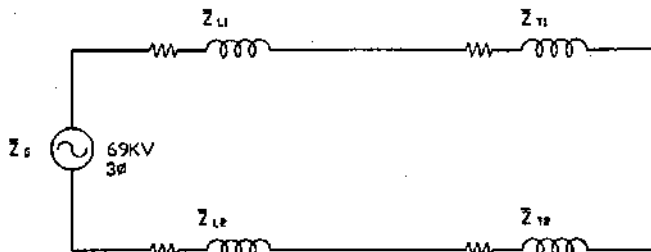


圖 7-12 線路阻抗圖

\bar{Z}_G : 台電系統之阻抗

\bar{Z}_{L1} : Line 1 (紅線) 69KV 輸電線路阻抗

\bar{Z}_{L2} : Line 2 (白線) 69KV 輸電線路阻抗

\bar{Z}_{T1} : #1 主變壓器之阻抗

\bar{Z}_{T2} : #2 主變壓器之阻抗

(3)故障電流計算

一般電線路之故障可分為下列四種：

三相短路：三相全部發生短路。

單相接地：電力系統中，某相與大地間絕緣破壞而接地。

二相接地：電力系統中，兩相同時與大地間之絕緣破壞而接地。

相間短路：電力系統中，相與相間絕緣破壞，產生短路。

①三相短路：

三相短路並非不平衡故障，僅計算正相序成份即可。

以甲南 S/S 為例：

(a)設故障點於台鐵 69 KV 匯流排

【數據】：

台電翁子 P/S :

正序阻抗 $\bar{Z}_{G1} = 1.89\Omega$, 負序阻抗 $\bar{Z}_{G2} = 1.89\Omega$

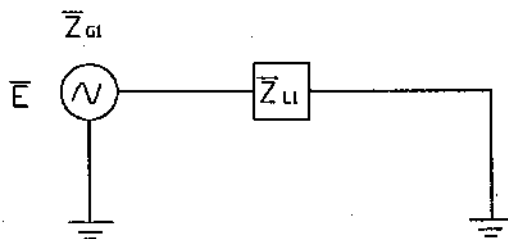
零序阻抗 $\bar{Z}_{G0} = 3.5 \times \bar{Z}_{G1} = 6.62\Omega$

翁子 P/S 至甲南 S/S 輸電線

正序阻抗 $\bar{Z}_{L1} = (0.131 + j0.42) \times 16.143 = 7.1\Omega$

負序阻抗 $\bar{Z}_{L2} = \bar{Z}_{L1} = 7.1\Omega$

零序阻抗 $\bar{Z}_{L0} = (0.131 + 3 \times 0.11 + j1.734) \times 16.143 = 29\Omega$



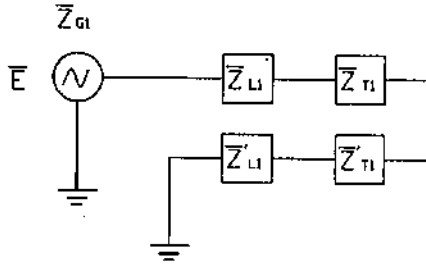
$$\therefore \text{短路故障電流 } \bar{I}_{3\phi} = \frac{\bar{E}}{\bar{Z}_{G1} + \bar{Z}_{L1}} = \frac{69000/\sqrt{3}}{1.89 + 7.1} = 4430 A$$

(b)設故障點於台電 P/S 端

【數據】：

Line1 變壓器阻抗 \bar{Z}_{T1} , Line2 變壓器阻抗 \bar{Z}_{T2}

$\bar{Z}_{T1} = \bar{Z}_{T2} = \bar{Z}_{T1} = \bar{Z}_{T2} = 4.76\Omega$



∴ 反饋故障電流

$$\begin{aligned} \bar{I}_{3\phi} &= \frac{\bar{E}}{Z_{G1} + Z_{L1} + Z_{T1} + Z_{L1} + Z_{T1}} \\ &= \frac{69000/\sqrt{3}}{1.89 + 7.1 + 47.6 + 47.6 + 7.1} = 358 A \end{aligned}$$

② 單相接地

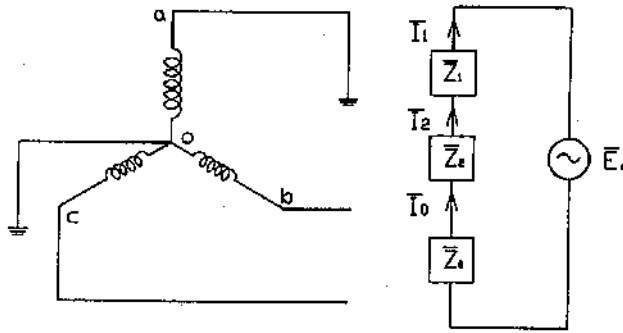


圖 7-13 單相接地及等值回路圖

單相接地故障為不平衡故障，需考慮正序、負序及零序成份。

設 a 相接地時， $\bar{I}_b = \bar{I}_c = 0$ ，且 $\bar{V}_a = 0$ ∴ a 相故障電流 $\bar{I}_a = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_0$

式中， \bar{I}_1 ：正相序電流 \bar{I}_2 ：負相序電流 \bar{I}_0 ：零相序電流

以對稱座標法表示 \bar{I}_b 及 \bar{I}_c 得：

$$\left. \begin{aligned} \bar{I}_b &= \bar{I}_0 + a^2 \bar{I}_1 + a \bar{I}_2 = 0 \\ \bar{I}_c &= \bar{I}_0 + a \bar{I}_1 + a^2 \bar{I}_2 = 0 \end{aligned} \right\} \text{--- (1)}$$

$$\begin{aligned} \bar{I}_b - \bar{I}_c &= (a^2 - a)\bar{I}_1 + (a - a^2)\bar{I}_2 \\ &= (a^2 - a)(\bar{I}_1 - \bar{I}_2) = 0 \end{aligned}$$

∴ $a^2 - a \neq 0$ ，∴ $\bar{I}_1 - \bar{I}_2 = 0$ 故 $\bar{I}_1 = \bar{I}_2$

以 $\bar{I}_1 = \bar{I}_2$ 代入(1) $\bar{I}_b = \bar{I}_0 + (a^2 + a)\bar{I}_1 = \bar{I}_0 - \bar{I}_1 = 0$

∴ $\bar{I}_0 = \bar{I}_1 = \bar{I}_2$

另以對稱座標法表示 V_a ，則得

$$\bar{V}_a - \bar{V}_0 + \bar{V}_1 + \bar{V}_2 = -\bar{Z}_0 \bar{I}_0 + \bar{E}_s - \bar{Z}_1 \bar{I}_1 - \bar{Z}_2 \bar{I}_2 = \bar{E}_s - (\bar{Z}_0 + \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2) \bar{I}_0 = 0$$

$$\therefore \bar{I}_0 = \frac{\bar{E}_s}{\bar{Z}_0 + \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2}$$

$$\therefore \bar{I}_a = \bar{I}_0 + \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = 3\bar{I}_0 = \frac{3\bar{E}_s}{\bar{Z}_0 + \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} \text{--- (2)}$$

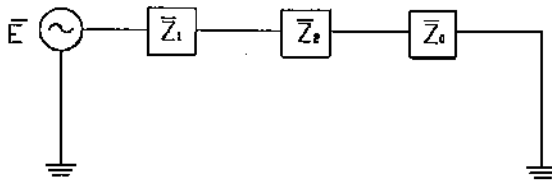
另可求得：

$$\bar{V}_b = \bar{V}_0 + a^2 \bar{V}_1 + a \bar{V}_2 = \frac{(a^2 - 1)\bar{Z}_0 + (a^2 - a)\bar{Z}_2}{\bar{Z}_0 + \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} \times \bar{E}_a \quad (3)$$

$$\bar{V}_c = \bar{V}_0 + a \bar{V}_1 + a^2 \bar{V}_2 = \frac{(a - 1)\bar{Z}_0 + (a - a^2)\bar{Z}_2}{\bar{Z}_0 + \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} \times \bar{E}_a \quad (4)$$

以甲南 S/S 為例：

(a) 設故障點於台鐵 69 KV 匯流排



∴ 接地故障電流

$$\bar{I}_{2\phi} = \frac{\bar{E}}{\bar{Z}_1 + \frac{\bar{Z}_2 \times \bar{Z}_0}{\bar{Z}_2 + \bar{Z}_0}} = 2.464 A$$

(b) 設故障點於台電 P/S 端

因台鐵變壓器一次側採△接法，中性點不接地，故無返饋電流。

③ 二相接地

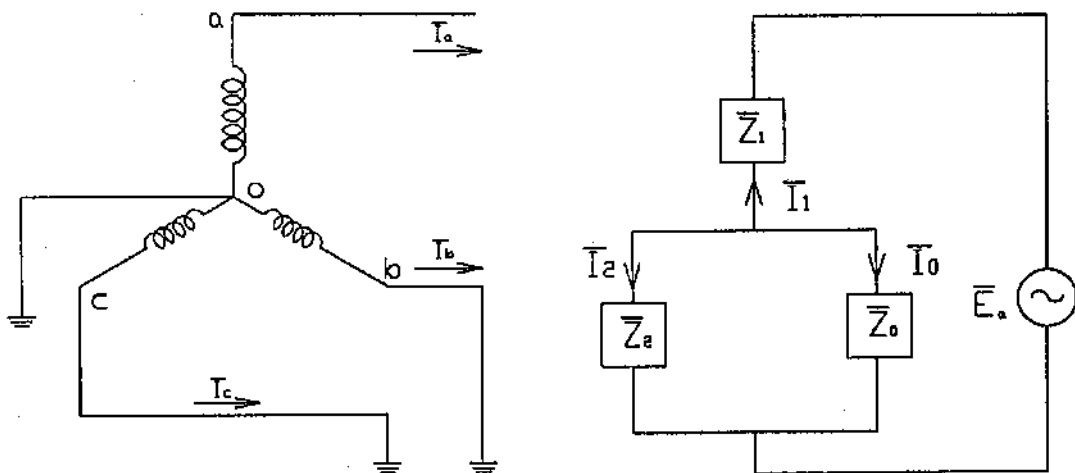


圖 7-14 二相接地及等值回路圖

設 b、c 二相接地時， $\bar{I}_a = 0$ ， $\bar{I}_b = \bar{I}_c = 0$

以對稱座標法表示 \bar{V}_b 及 \bar{V}_c ，得

$$\left. \begin{aligned} \bar{V}_b &= \bar{V}_0 + a^2 \bar{V}_1 + a \bar{V}_2 = 0 \\ \bar{V}_c &= \bar{V}_0 + a \bar{V}_1 + a^2 \bar{V}_2 = 0 \end{aligned} \right\} \text{——— (5)}$$

$$\therefore \bar{V}_b - \bar{V}_c = (a^2 - a)\bar{V}_1 + (a - a^2)\bar{V}_2 = (a^2 - a)(\bar{V}_1 - \bar{V}_2) = 0$$

$$\because a^2 - a \neq 0, \therefore \bar{V}_1 - \bar{V}_2 = 0, \text{ 即 } \bar{V}_1 = \bar{V}_2$$

$$\text{代入(5)} \quad \bar{V}_c = \bar{V}_0 + (a^2 + a)\bar{V}_1 = 0$$

$$\because a^2 + a \neq -1, \therefore \bar{V}_0 - \bar{V}_1 = 0, \text{ 即 } \bar{V}_0 = \bar{V}_1 = \bar{V}_2$$

$$\text{亦即 } \left. \begin{aligned} -\bar{Z}_0 \bar{I}_0 &= \bar{E}_a - \bar{Z}_1 \bar{I}_1 = -\bar{Z}_2 \bar{I}_2 \\ \bar{I}_a &= \bar{I}_0 + \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = 0 \end{aligned} \right\} \text{解聯立方程式}$$

$$\bar{I}_0 = \frac{-\bar{Z}_2 \bar{E}_a}{\bar{Z}_0(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2) + \bar{Z}_1 \bar{Z}_2} \quad \bar{I}_1 = \frac{(\bar{Z}_0 + \bar{Z}_2) \bar{E}_a}{\bar{Z}_0(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2) + \bar{Z}_1 \bar{Z}_2}$$

$$\bar{I}_2 = \frac{-\bar{Z}_0 \bar{E}_a}{\bar{Z}_0(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2) + \bar{Z}_1 \bar{Z}_2}$$

$$\therefore \bar{I}_b = \bar{I}_0 + a^2 \bar{I}_1 + a \bar{I}_2 = \frac{(a^2 - a)\bar{Z}_0 + (a^2 - 1)\bar{Z}_2}{\bar{Z}_0(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2) + \bar{Z}_1 \bar{Z}_2} \times \bar{E}_a \text{——— (6)}$$

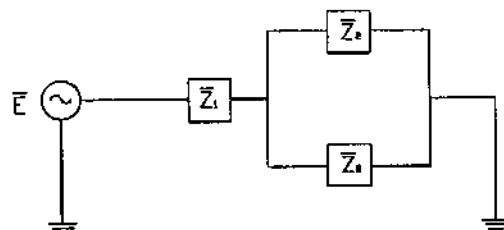
$$\bar{I}_c = \bar{I}_0 + a \bar{I}_1 + a^2 \bar{I}_2 = \frac{(a - a^2)\bar{Z}_0 + (a - 1)\bar{Z}_2}{\bar{Z}_0(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2) + \bar{Z}_1 \bar{Z}_2} \times \bar{E}_a \text{——— (7)}$$

$$\bar{V}_a = \bar{V}_0 + \bar{V}_1 + \bar{V}_2 = 3\bar{V}_0 = -3\bar{Z}_0 \bar{I}_0 = \frac{3\bar{Z}_0 \bar{Z}_2 \times \bar{E}_a}{\bar{Z}_0(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2) + \bar{Z}_1 \bar{Z}_2} \text{——— (8)}$$

將有關資料代入(6)(7)(8)公式，即可求得。

以甲南 S/S 為例

(a) 設故障點於台鐵 69 KV 匯流排



\therefore 接地故障電流

$$\bar{I}_{2\phi} = \frac{\bar{E}}{\bar{Z}_1 + \frac{\bar{Z}_1 \times \bar{Z}_2}{(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2)}} = 2.464 A$$

(b) 設故障點於台電 P/S 端返饋故障電流

$$\bar{I}_{2\phi} = \frac{\bar{E}}{\bar{Z}_1 + \frac{\bar{Z}_1 \times \bar{Z}_2}{(\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2)}} = \frac{\bar{E}}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} = \frac{69,000/\sqrt{3}}{111.29 \times 2} = 179 A$$

④ 相間短路

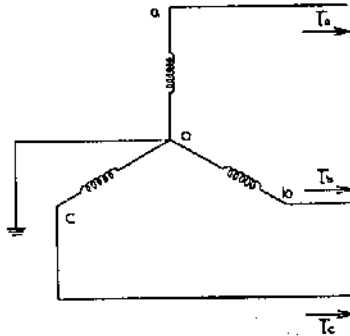


圖 7-15 相間短路圖

相間短路時， $\bar{I}_a = 0$ ， $\bar{I}_b = -\bar{I}_c$ ， $\bar{V}_b = \bar{V}_c$

$$\therefore \bar{I}_0 = 1/3(\bar{I}_a + \bar{I}_b + \bar{I}_c) = 0$$

$$\text{故 } \bar{I}_b = \bar{I}_0 + a^2 \bar{I}_1 + a \bar{I}_2 = a^2 \bar{I}_1 + a \bar{I}_2$$

$$\bar{I}_c = \bar{I}_0 + a \bar{I}_1 + a^2 \bar{I}_2 = a \bar{I}_1 + a^2 \bar{I}_2$$

$$\bar{I}_b + \bar{I}_c = (a^2 + a) \bar{I}_1 + (a^2 + a) \bar{I}_2 = (a^2 + a)(\bar{I}_1 + \bar{I}_2) = 0$$

$$\therefore a^2 + a \neq 0, \therefore \bar{I}_1 = -\bar{I}_2$$

$$\text{又 } \bar{V}_0 = -\bar{Z}_0 \bar{I}_0 = 0$$

$$\therefore \bar{V}_b = a^2 \bar{V}_1 + a \bar{V}_2, \bar{V}_c = a \bar{V}_1 + a^2 \bar{V}_2$$

$$\bar{V}_b - \bar{V}_c = (a^2 - a) \bar{V}_1 + (a - a^2) \bar{V}_2 = (a^2 - a)(\bar{V}_1 - \bar{V}_2) = 0$$

$$\therefore a^2 - a \neq 0, \therefore \bar{V}_1 = \bar{V}_2 \text{ 即 } E_s - \bar{Z}_1 \bar{I}_1 = -\bar{Z}_2 \bar{I}_2 = \bar{Z}_2 \bar{I}_1$$

$$\therefore \bar{I}_1 = \frac{\bar{E}_s}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} = -\bar{I}_2$$

$$\therefore \bar{I}_b = a^2 \bar{I}_1 + a \bar{I}_2 = (a^2 - a) \bar{I}_1 = \frac{(a^2 - a)}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} \times \bar{E}_s \quad \text{————— (9)}$$

$$\bar{V}_a = \bar{V}_1 + \bar{V}_2 = 2\bar{V}_1 = 2\bar{V}_2 = -2\bar{Z}_2 \bar{I}_2 = \frac{2\bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} \times \bar{E}_s \quad \text{————— (10)}$$

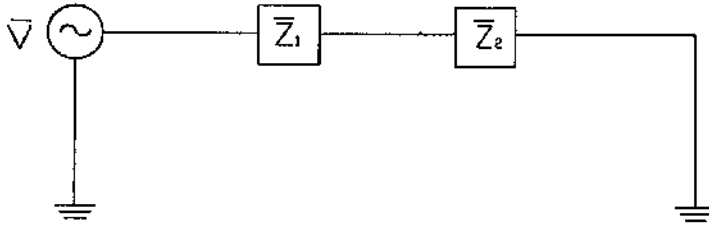
$$\bar{V}_b = \bar{V}_c = (a^2 + a) \bar{V}_1 = -\bar{V}_1 = -\bar{V}_2 = -\frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} \times \bar{E}_s \quad \text{————— (11)}$$

由(9)(10)(11)式可求得相間短路時之電壓、電流值。

更由(10)(11)式知，相間短路兩相之電位為健全相之一半。

以甲南 S/S 為例：

(a) 設故障點於台鐵 69KV 匯流排



短路故障電流

$$\bar{I}_{\phi-\phi} = \frac{\bar{V}}{Z_1 + Z_2} = \frac{69000}{8.99 + 8.99} = 3838 A$$

(b) 設故障點於台電 P/S 端返饋故障電流

$$\bar{I}_{\phi-\phi} = \frac{\bar{V}}{Z_1 + Z_2} = \frac{69000}{111.29 \times 2} = 310 A$$

2. 電車線路

(1) 台鐵電車線系統之特性：

- ① 變電站之饋電，係由相角差 90° 之 T 與 M 兩個不同相電源，分別向南、北之電車線送電。
- ② 中性區間之電車線開關，平時置於「啓斷」位置。惟遇變電站故障或保養時可「閉合」，改由鄰近變電站越區供電。
- ③ 採用鋼軌並加架空地線方式之回流系統。部份區間並加裝吸流變壓器以減低對通訊設施之干擾。

(2) 故障電流計算

① 雙變壓器供電時(變壓器阻抗 $Z_T = 6.825 \Omega$)

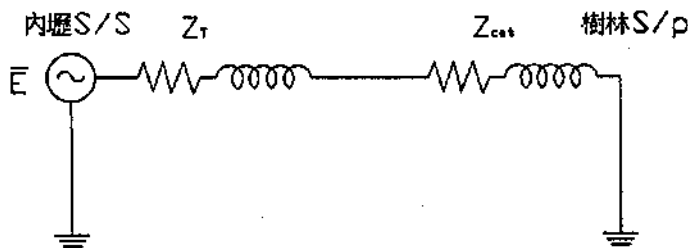
以內壠變電站 T 相為例：

(i) 設故障地點於內壠 S/S 前

此時電車線阻抗趨近於零，可略去不計，故：

$$\text{短路電流 } I = \frac{E}{Z_T} = \frac{26125}{6.825} = 3828 A$$

(ii) 設故障地點於供電末端(樹林 S/P)

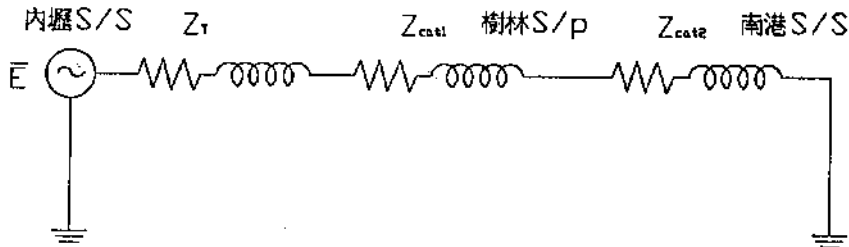


$$Z_{cat} = (0.123 + j 0.407) \times 22.3 = 9.48 (\Omega)$$

故：

$$\text{短路電流 } I = \frac{E}{Z_T + Z_{cat}} = \frac{26125}{6.825 + 9.48} = 1602 A$$

(iii) 越區供電二區間，設故障地點於供電末端(南港 S/S)



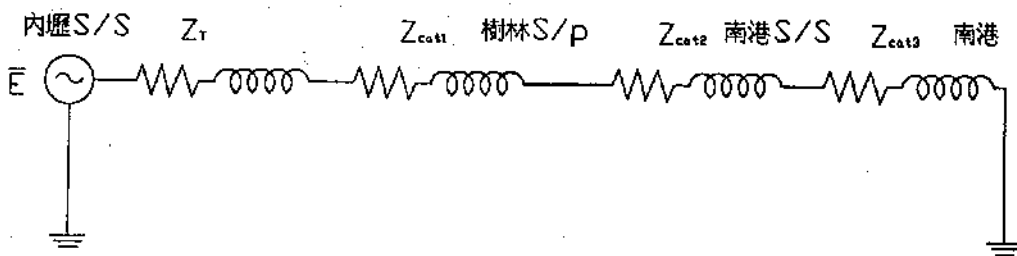
$$Z_{cat1} = 9.48(\Omega)$$

$$Z_{cat2} = (0.097 + j 0.255) \times 24.1 = 6.57(\Omega)$$

故：

$$I = \frac{E}{Z_T + Z_{cat1} + Z_{cat2}} = \frac{26125}{6.825 + 9.48 + 6.57} = 1142 A$$

(iv) 越區供電三區間，設故障地點於供電末端(基隆)



$$Z_{cat1} = 9.48(\Omega)$$

$$Z_{cat2} = 6.57(\Omega)$$

$$Z_{cat3} = (0.123 + j 0.410) \times 16.1 = 6.89(\Omega)$$

$$I = \frac{E}{Z_T + Z_{cat1} + Z_{cat2} + Z_{cat3}} = \frac{26125}{29.7} = 878 A$$

② 單變壓器供電時(變壓器阻抗 $Z_T = 13.65\Omega$)

以內壢 S/S T 相為例：

(i) 設故障地點於內壢 S/S 前

$$I = \frac{E}{Z_T} = \frac{26125}{13.65} = 1914 A$$

(ii) 設故障地點於供電末端(樹林 S/P)

$$I = \frac{E}{Z_T + Z_{cat1}} = \frac{26125}{13.65 + 9.48} = 1129 A$$

(iii)越區供電二區間，設故障地點於供電末端(南港 S/S)

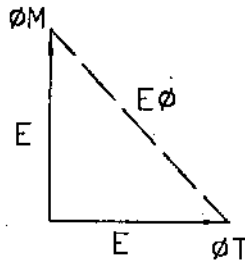
$$I = \frac{E}{Z_T + Z_{ca1} + Z_{ca2}} = \frac{26125}{29.7} = 880 A$$

(iv) 越區供電三區間，設故障地點於供電末端(基隆)

$$I = \frac{E}{Z_T + Z_{ca1} + Z_{ca2} + Z_{ca3}} = \frac{26125}{36.6} = 714 A$$

③相間短路

台鐵各電化變電站主變壓器，係採用 Le Blanc 結線方式將三相電源變為兩單相電源。該兩單相(φM；φT)之相位相差 90°，且一端共同接地。



故，發生相間短路時，如上圖虛線部份所示，其電壓上升為：

$$E_\phi = \sqrt{2} \times E = \sqrt{2} \times 26125 = 36,946 V$$

(i)設內壢 S/S φm 與 φT 短接

(a)雙變壓器供電：

$$\text{短路電流 } I = \frac{E_\phi}{Z_M + Z_T} = \frac{36946}{6.825 + 6.825} = 2706.7 A$$

(b)單變壓器供電：

$$\text{短路電流 } I = \frac{E_\phi}{Z_M + Z_T} = \frac{36946}{13.65 + 13.65} = 1353.3 A$$

(ii)設內壢 S/S φm 與苗栗 S/S Ψt(經海線)短接

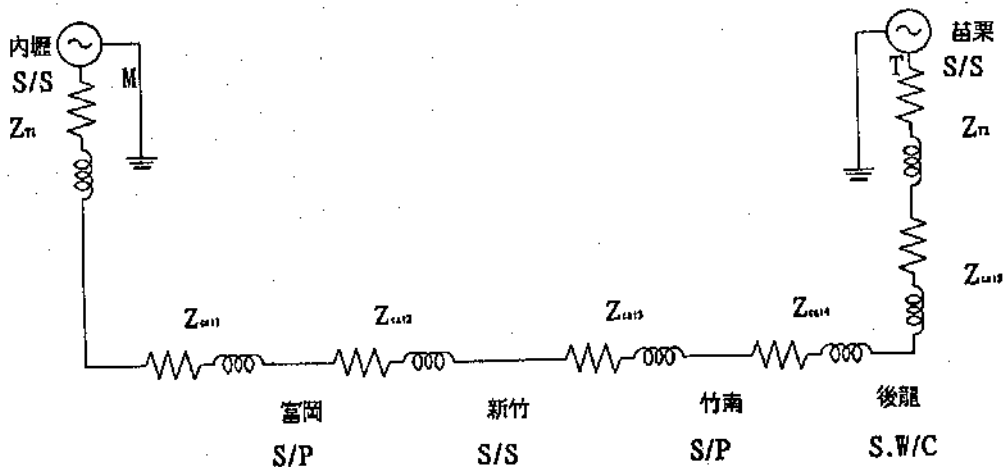


圖 7-16

$$Z_{T1}=6.825\Omega$$

$$Z_{T2}=4.55\Omega$$

$$Z_{cat1}=(0.123+j\ 0.407)\times 20.5=8.716(\Omega)$$

$$Z_{cat2}=(0.097+j\ 0.255)\times 19.3=5.265(\Omega)$$

$$Z_{cat3}=(0.097+j\ 0.255)\times 24.7=6.739(\Omega)$$

$$Z_{cat4}=(0.182+j\ 0.456)\times 15.7=7.708(\Omega)$$

$$Z_{cat5}=(0.242+j\ 0.687)\times 3.5=2.549(\Omega)$$

短路電流

$$I=\frac{E_{\phi}}{Z_{T1}+Z_{cat1}+Z_{cat2}+Z_{cat3}+Z_{cat4}+Z_{cat5}+Z_{T2}}=\frac{36946}{42.352}=872A$$

(四) 電車線故障電流與電力調配

台鐵電車線係採一線接地之電力系統，負載迴路與故障迴路相同，當越區供電饋電距離較遠時，故障電流與負載電流不易區分，故在執行電力調配作業時應依下列原則辦理：

1. 以單變壓器供電一區間或以雙變壓器越區供電二、三區間時，應根據各變電站饋電開關過載電驛(CTU-22)設定值(如附表 9-5)及參考供電末端之故障電流值，必要時應開啓其中設定值較低之一饋電開關。
2. 越區供電二或三區間時，禁止以單變壓器供電。
3. 除南港 S/S 及岡山 S/S 無法供電外，禁止供電三區間。
4. 不得使各變電站之異相相連接，亦不得使集電弓有將二不同供電區間相連接之機會。

變電站	F1		F2		F3		F4		F5		F11/F12	
	INST	TIME (1 SEC)	INST	TIME (1 SEC)	INST	TIME (1 SEC)	INST	TIME (1 SEC)	INST	TIME (1 SEC)	INST	TIME (1 SEC)
南港	550	500	550	500	550	500	480	400	800	600		
內壢	550	500	480	400	550	500	480	400				
新竹	550	500	550	500	550	500	480	400				
苗栗	800	600	800	600	800	600	800	600				
豐原			800	600	800	600						
甲南	550	500	550	500	550	500	550	500				
彰化	550	500	550	500	550	500	550	500			800	600
石榴	550	500	550	500	550	500	550	500				
嘉義	550	500	550	500	550	500	550	500				
普化	550	500	550	500	550	500	550	500				
岡山	550	500	550	500	550	500	550	500				

圖 7-17 各變電站饋電開關過載電驛(CTU 22)設定值

四、電力系統保護協調

(一) 保護電驛之選擇與標置之原則

1. 保護電驛應具備之條件

電力系統之保護，最重要的是保持系統性協調，應極力減少停電次數、停電

時間、停電範圍，以確保供電可靠性。故設置保護電驛時，應依保護之對象與場所做詳盡、合理的安置，並需要考慮下列幾點：

- (1)保護對象的設備是什麼？
- (2)保護對象的事故種類是什麼？
- (3)保護系統是否取得相互的協調？

保護電驛(Protective Relay)為電力系統保護協調最重要的設備，它的主要任務是維持電力系統的正常供電，並避免任何故障危及設備之安全，也可以說是一個「無言的哨兵」，其本身須具備的條件如下：

①可靠性(Reliability)：

保護電驛應無本身的事務，該動作時應能正確動作，不該動作時不應有誤動作。

②選擇性>Selectivity)：

應將故障區域隔離至最小範圍，且應有良好的協調以使健全之區域能正常供電。亦即保護電驛本身應可自行判斷是否應該動作。

③靈敏性(Sensitivity)：

供電系統之設備及運轉條件時有變化，且故障發生地點以及種類均非相同。為使保護電驛對於惡劣條件亦可相應動作，應具有充分之靈敏度，且為限制故障之擴大，務必使其於適當的時間動作。

(4)適用性(Suitability)：

構造簡單，易於維護保養且經濟耐用，亦是其本身應具備之條件。

2. 保護電驛之標置

保護電驛之標置(Setting)是決定電驛的動作值和動作時間，並確實檢出事故區間，使能儘速與健全區間隔離。因此，如何做好保護電驛之標置為從事電力系統保護協調之研究、設計人員最重要的課題。欲決定保護電驛之動作值和動作時間時，應考慮下列事項：

(1)應考慮斷路器之啓斷容量

斷路器之啓斷容量乃依據線路之故障短路電流而決定。因此，保護電驛之標置應考慮線路之最小故障短路電流。

(2)遇非故障電流之異常電流時不要使斷路器動作

保護電驛之動作與否，除應使其保護的目的與範圍明確化外，亦應考慮何種程度的異常才視為事故。

(3)應考慮線路之負載能力

電力線路愈長，其末端之故障短路電流愈小，有時不易與負載電流區分，故電驛之動作值較難決定。惟電驛之標置應考慮線路之負載能力，若電驛設定值高於線路之負載能力，非但無法達到保護之目的，且會使設備造成更大之損害。

(4)串聯之保護器應具有選擇性

串聯保護器在整個保護電驛方式而言，就是「後衛保護」。則設定保護電驛動作值和動作時間時，應考慮兩串聯保護電驛由那一個電驛優先動

作，而當此應動作之電驛，因自己本身障礙或有關斷路器失靈，致不能完成其應負責務時，其串聯之電驛或其附近保護範圍之電驛，應在適當時滯後動作，仍能將故障部份切離系統。

(5) 台鐵變電站保護電驛之選擇與標置應考慮台鐵變電站饋電之特性，依下列原則辦理：

- ① 變電站或電車線之任一故障，離故障點最近之斷路器應在最短時間內動作，將故障隔離系統。
- ② 電車線饋電系統短路時，應僅使饋電真空斷路器(FMO 或 FTO)動作。
- ③ 電驛標置值應儘可能降低，惟應避免與正常最大負載電流值相混淆。
- ④ 電驛標置值應考慮非常供電(單變壓器供電或越區供電)時之狀況，電驛標置值儘可能不要隨便調整。
- ⑤ 對於過負載電流與故障短路電流應予區分。
- ⑥ 應於適當位置設置方向性過流電驛，以防止故障時由另一健全線路反饋之逆向電流。

(二) 台鐵變電站保護電驛之選擇

台鐵電化變電站均由台電一次變電所架設兩回路 69 KV 輸電線供電，變電站內設有兩只或三只主變壓器，其保護方式如圖 7-18、圖 7-19、及 7-20 所示。

1. 69 KV 輸電線相間短路

(1) 輸電線路保護

兩回路之輸電線均經常加壓且分別向各主變壓器供電。當任一輸電線路相間短路，裝置於台電側之保護電驛動作，使台電側之斷路器跳脫。

(2) 輸電線路反饋保護

當 69 KV 輸電線之一回路發生相間短路時，該線路台電側之斷路器先行跳脫，但另一健全輸電線路仍照常饋電至其同側之主變壓器，故此時會經由 25 KV 匯流排，再經另一變壓器反饋至故障之輸電線路。為防止此反饋故障電流，於主變壓器二次側使用方向性過載電驛(Directional Over Current Relay)CDD 21 加以保護。

2. 69 KV 輸電線接地保護

台鐵變電站主變壓器採用 Le Blanc 之結線方式，一次側線圈為 Δ 接法，並非一般之接地方式。故當 69 KV 輸電線發生接地故障時，台鐵變電站主變壓器無零相序電流通。亦因無接地之相，故其對地電壓隨即增加。台鐵變電站利用此電壓昇高原理採用 Y 接線方式之比壓器，於比壓器二次側開口端連接過壓保護電驛(Over Voltage Relay)VAU 21，以測出接地故障。

3. 69 KV 輸電線電源之探測

如台電之供應電壓過低時，將影響台鐵電力車之行駛。故在台鐵變電站 69KV 入口處設置探測電壓之低壓電驛(Under Voltage Relay)VAU 41。

4. 台鐵變電站 69 KV 匯流排相間短路保護，因 69 KV 之相間短路電流頗大，必須迅速予以隔離，才能保護機件不致受損及維持正常運轉。台鐵變電站在 69 KV 側設置瞬時性過電流電驛(Over Current Relay)CDG 61-INST 加以保

護。

5. 台鐵變電站 69 KV 匯流排接地保護

69 KV 匯流排接地故障電流，雖不如相間短路電流之大，但亦不可忽略。如礙子等之絕緣不良所引起之接地故障必須加以隔離，以免設備因此種故障造成嚴重之損害，特設有延時性過載電驛(Over Current Relay)CDG 61-TIME 加以保護。

6. 變壓器之保護

(1) 變壓器在其額定短時間之過載並不影響其壽命，但長時間之過載運轉會加速絕緣材料之劣化，縮短其壽命。故在主變壓器一次及二次側設有延時性過載電驛(Over Current Relay)CDG 31-TIME 及 CTU 22-TIME。

(2) 變壓器高溫保護

變壓器負載能力由變壓器溫升決定。溫度的升高必伴隨絕緣物之劣化，縮短變壓器壽命，而劣化程度與溫度成正比，亦與該溫度持續時間成正比。故設有熱偶電驛(Thermo Relay)偵測變壓器線圈溫度及油溫以達保護目的。

(3) 變壓器「障氣」保護

變壓器初期發生故障時，多數是故障輕微或局部性的故障，此時會產生由絕緣物分解出來的氣體，此變壓器故障初期所產生氣體名稱爲「障氣」(Fault Gas)。台鐵變電站於變壓器內裝設布氏電驛 (Buchholz Relay) 以偵測故障初期的氣體，避免故障之擴大。

7. 25KV 匯流排之保護

爲保護 25KV 匯流排之短路故障，於變壓器一次側設有瞬間性過載電驛(Over Current Relay) CTU 22-INST。

8. 電車線路之保護

(1) 電車線饋電短路之保護

爲保護電力系統不致因電車線短路造成損壞，設有延時及瞬時性過流電驛(Over Current Relay)CTU 22，另特加設一只延時性過流電驛(Over Current Relay)CDG 13-TIME 作爲「後衛保護」，確保系統之安全。

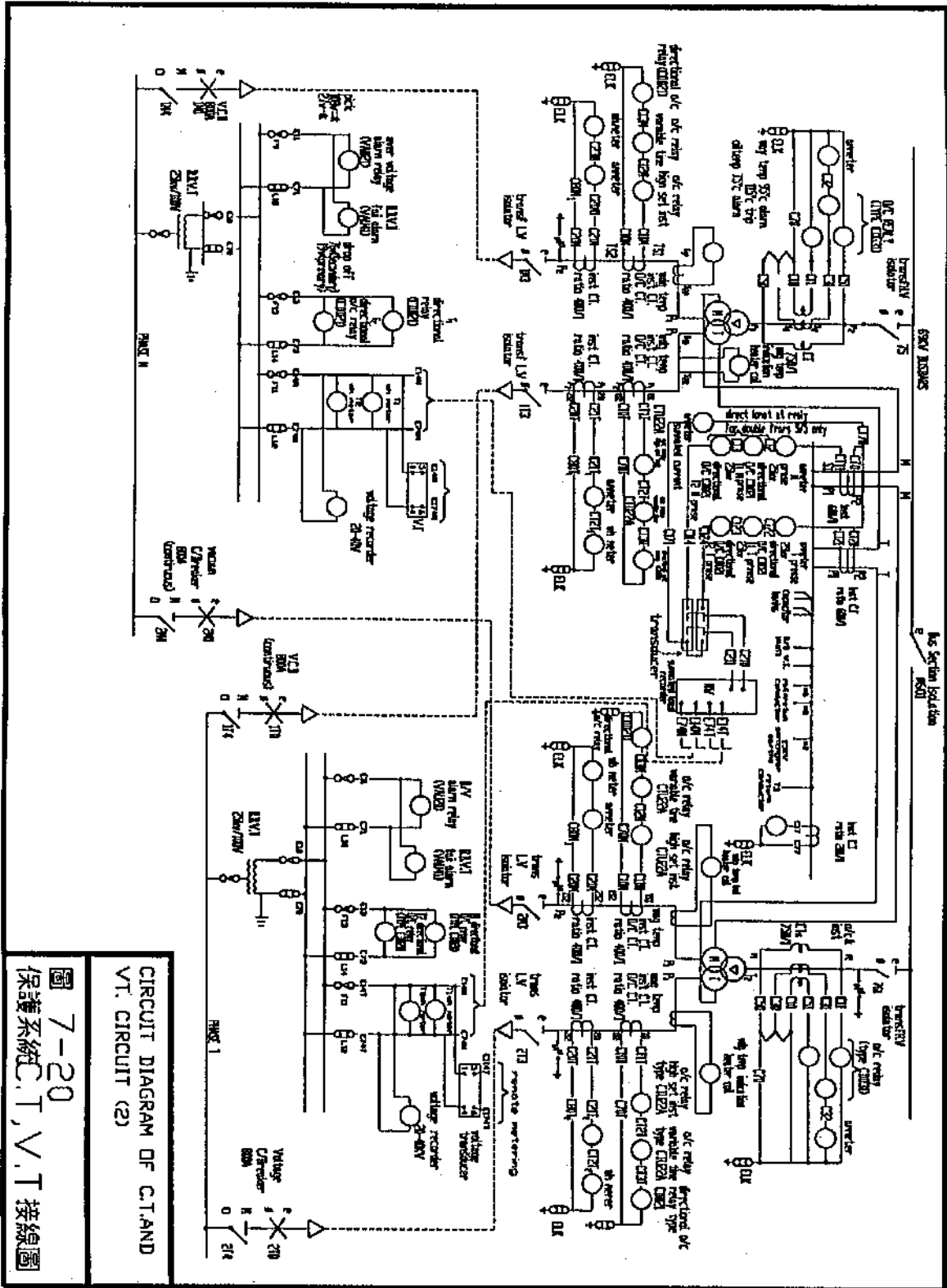
(2) 電車線 25 KV 電壓之監視

爲保護電車線供應電壓之正常，設有過壓電驛(Over voltage Relay)VAU 21 及低壓電驛(Under Voltage Relay)VAU 41 以監視電車線 25 KV 之電壓。

(3) 電車線饋電短路監視

台鐵電車線系統大約每二十公里爲一供電區間，在同一區間各站站內之電車線視行車、調車、路線維護及貨物裝卸作業等需要，利用電車線之絕緣重疊區分絕緣器及開關設備等，構成不同之網路，分成若干之電車線群 (Group)。爲使發生電車線饋電短路時，能迅速標示故障地點，以達迅速隔離之目的，在雙軌地段之站內均設有電車線饋電短路監示器(Ⓢ號開關 C.T. ALARM)。

如圖 7-21，於雙軌區間，各站均設有 ⑤ C.T.，分別連接站內東、西正線之電車線群(1 群及 2 群)，在正常情況下【各站電車線開關均置於閉合(Close)位置】，⑤ C.T.無電流通，當電車線部份區間斷電隔離(如甲、乙兩站間之東正線斷電隔離，甲站 ④ 及乙站 ② 開關啓斷)，則 ⑤ C.T.(乙、丙兩站)會有電流通，惟此時流通之電流值僅為電力車之負載電流。在此正常情況下，流過 ⑤ C.T.之電流值均在動作值以下，經 ⑤ C.T.二次側裝設於站內之監示器不會發生警報聲響。若遇電車線短路，則於短路地點較近之 ⑤ C.T.勢將流過極大之故障短路電流，超過 ⑤ C.T.之動作值，而使監示器動作產生蜂鳴警報，而可藉以判斷故障範圍，達迅速隔離故障地點之目的，減少對行車之影響。



CIRCUIT DIAGRAM OF C.T. AND V.T. CIRCUIT (2)

圖 7-20 保護系統C.T, V.T 接線圖

圖 7-20

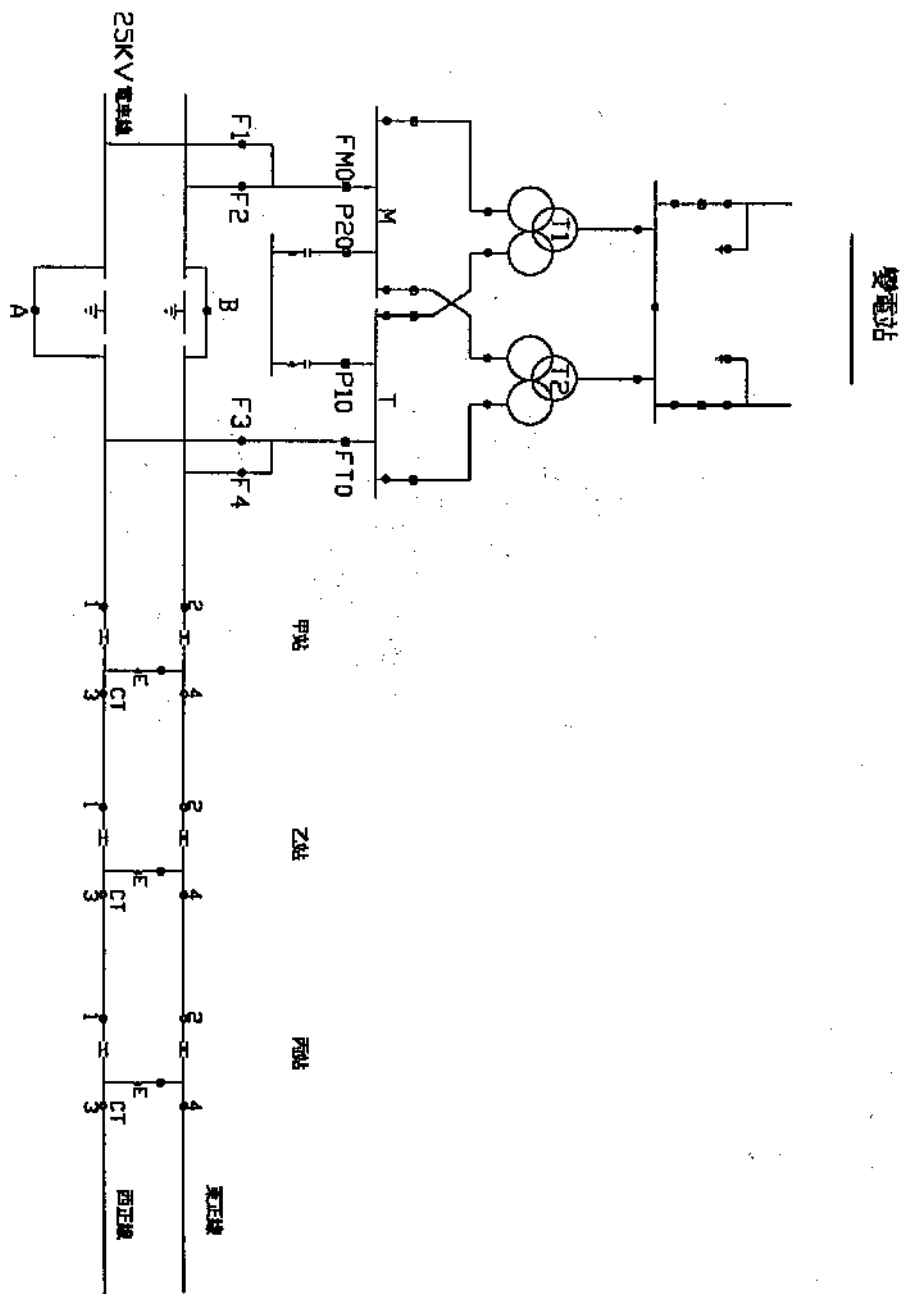


圖 7-21 雙軌區間簡易開關作業圖

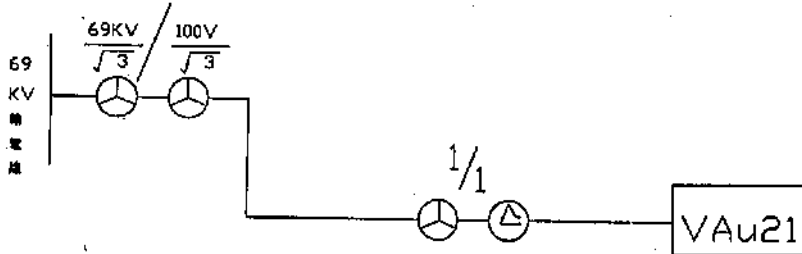
(三) 台鐵變電站保護電驛之標置

保護電驛之標置應視電驛之種類、特性及其設置保護之作用而定。雖屬同類型之電驛，如其設置保護之作用不同，其標置亦因之而異。因此，保護電驛之標置必須先擬訂可能之故障情況及故障地點，針對在上述情況下產生之故障電流

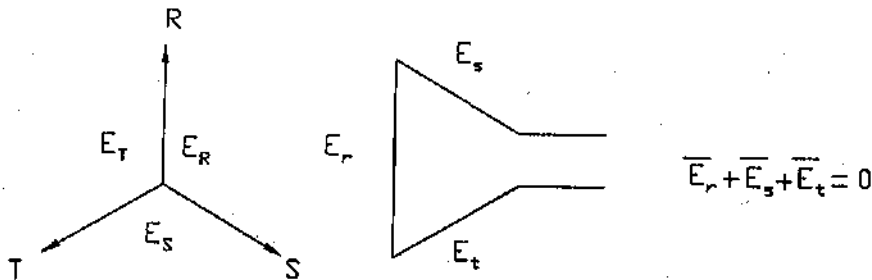
加以計算，以故障電流值作為標置之依據。

1. 69 KV 輸電線接地保護電驛(過壓保護電驛 VAU 21)

標置值：50 KV Phase to Earth 4.0 sec



本保護電驛之接線方式如上，利用一次比壓器($\frac{69KV}{\sqrt{3}} / \frac{100V}{\sqrt{3}}$)及二次比壓器(1/1)。惟二次比壓器採 Y — Δ (Star-Open Delta)接法，當無接地故障時



因此壓器之電壓比為 1 : 1

$$\therefore E_r = E_r, E_s = E_s, E_t = E_t$$

$$\overline{E_r} + \overline{E_s} + \overline{E_t} + \overline{E_r} + \overline{E_s} + \overline{E_t} = 0$$

故二次比壓器二次開口處無電壓。

設 R 相發生接地故障後，則 $E_r = 0$

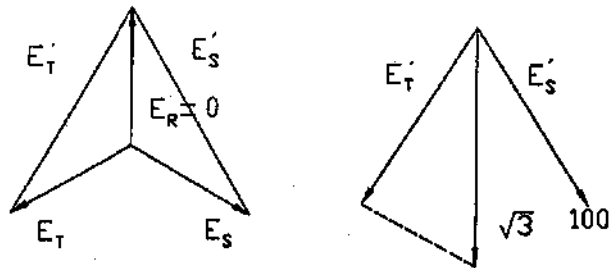
其電壓關係圖如下：

一次側：

$$\begin{aligned} E_T &= E_S \\ &= \sqrt{3} E_T = \sqrt{3} E_S \\ &= 100V \end{aligned}$$

二次側：

$$\begin{aligned} E_r + E_s + E_t \\ &= \sqrt{3} \times 100V \end{aligned}$$



本電驛採標置值 50 KV(Phase to Earth)，換算 V.T 二次側約為 70 V，低於比壓器二次側之端電壓之原因，係顧及電驛動作敏感性及防止二次側保險絲斷損所引起之過壓，以確保其動作而發揮保護作用。另標置 4 秒鐘之延時是為區別台電線路與台電至本路間輸電線路之故障。

2. 69 KV 輸電線相間短路保護電驛(方向性電驛 CDD 21)

標置值：C.T 400/1 P.M.S=0.5 T.M.S=0.1

為防止 69KV 輸電線相間短路時，由另一健全輸電線之反饋電流所引起之故障，台鐵變電站設置方向性電驛 CDD 21 於變壓器二次側至 25 KV 匯流排間之引出線，遇到任一方向性電驛 CDD 21 動作，即跳脫該變壓器二次側端之兩只 (§ M 及 § T) 真空斷路器。

3. 69 KV 低壓電驛 VAU 41

標置值：31 KV、Phase to Earth, 4 sec

69 KV 之三相中，只要任何一相低於 31 KV 時，此電驛經過 4 秒隨即動作。

標置 4 秒之延時，係避免台電一次變電所瞬間停電所引起之擾亂性故障。

4. 69 KV 匯流排過載保護電驛 CDG 61

標置值：延時元件(TIME)：C.T 400/1, P.M.S=1.5

T.M.S=0.5

瞬時元件(INST)：1600 A

- (1)瞬時性元件必須敏感性高，標置值愈低愈有利。69 KV 輸電線之短路電流約為 12 KA，故電驛之標置只要不超過其值，即可達到保護之目的。
- (2)本電驛之瞬時元件純為保護 69 KV 匯流排相間短路而設，故當 25 KV 側饋電線發生故障時，本電驛不應動作。即本電驛瞬時元件之標置值須較 25 KV 短路故障保護電驛 CTU 22 瞬時元件之標置值為高。(台鐵變電站 CTU 22 設定值最高為 1650 A，換算至一次側約為 360 A)。
- (3)延時元件之設定須不低於兩台變壓器額定電流值之 2.5 倍，應高於主變壓器一次側過載保護電驛 CDG 31 之標置值(225A)。

5. 自動復閉電驛 VAR 39Z

- (1)69 KV 側：標置 4 秒。當 69 KV 斷路器發生短路跳脫後，經 4 秒之延滯，該斷路器自動復閉一次。
- (2)25 KV 側：標置 2.5 秒。當 25 KV 饋電端斷路器發生短路跳脫後，經 2.5 秒延滯，該斷路器自動復閉一次。

6. 主變壓器過載保護電驛

(1)一次側：CDG 31-TIME

標置值：C.T.150/1, P.M.S.=1.5

T.M.S.=0.4

一次側之過載保護使用 CDG 31 延時性電驛，其起動電流不得低於二次側過載保護電驛之標置值，且時間之延滯要較二次側之標置值為長。

(2)二次側：CTU 22-TIME

標置值：500A, 5 秒

主變壓器二次側過載保護使用 CTU 22 延時性電驛。其動作電流之標置值一般約為主變壓器額定電流的 2.6 倍(主變壓器二次側額定電流為 191.5 A)。

延時元件：C.T.800/1 P.M.S.=1.0 T.M.S.=0.2
 (2)單軌區間 CTU 22(CTU 23)
 瞬時元件：800 A
 延時元件：600 A 1 秒
 CDG 13
 延時元件：C.T.800/1 P.M.S.=1.0 T.M.S.=0.2

11.25 KV 電源偵測電驛

(1)過壓電驛(Over Voltage Relay)VAU 21

標置值：27 KV

(2)低壓電驛(Under Voltage Relay)VAU 41

標置值：19 KV

以上各種電驛標置動作曲線如圖 7-22 69 KV 保護電驛標置動作曲線及圖 7-23 25KV 保護電驛標置動作曲線所示。有關各種保護電驛因不同故障而跳脫之情形如表 7-24 故障與保護電驛動作一覽表所示。

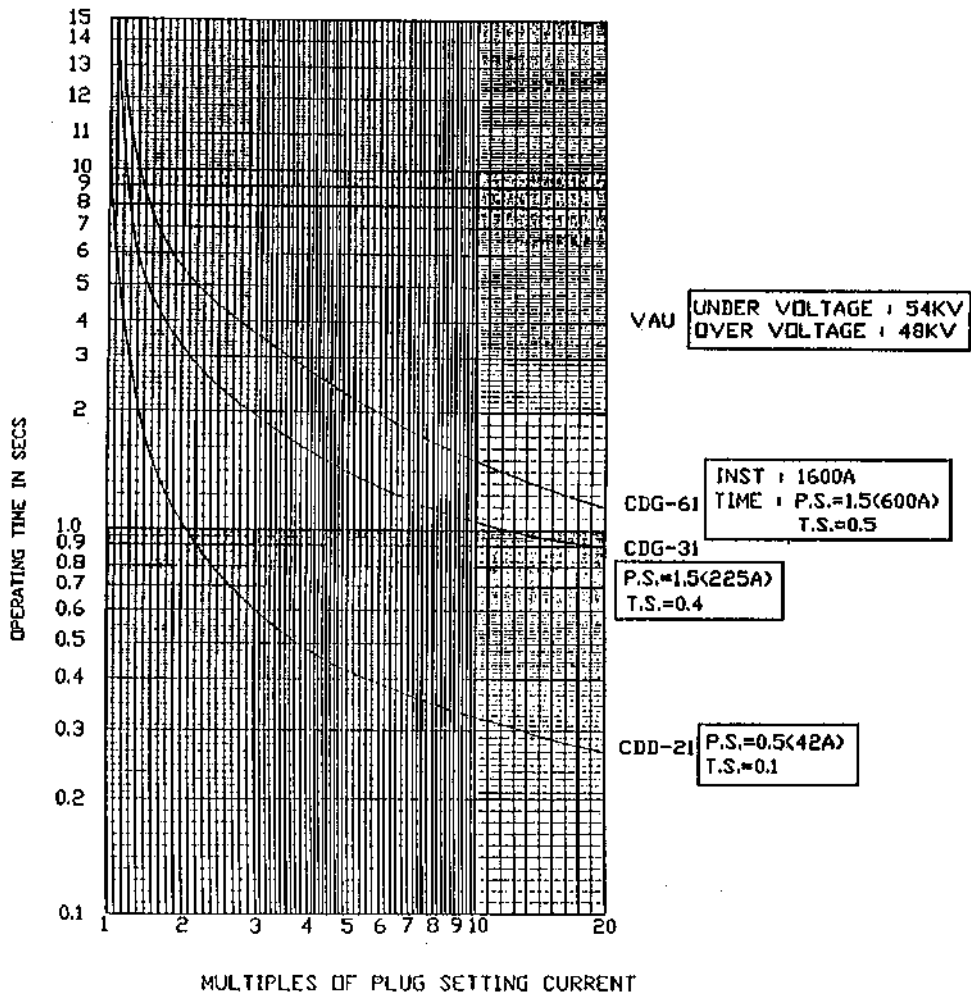


圖 7-22 69 KV 側保護電驛標置動作曲線

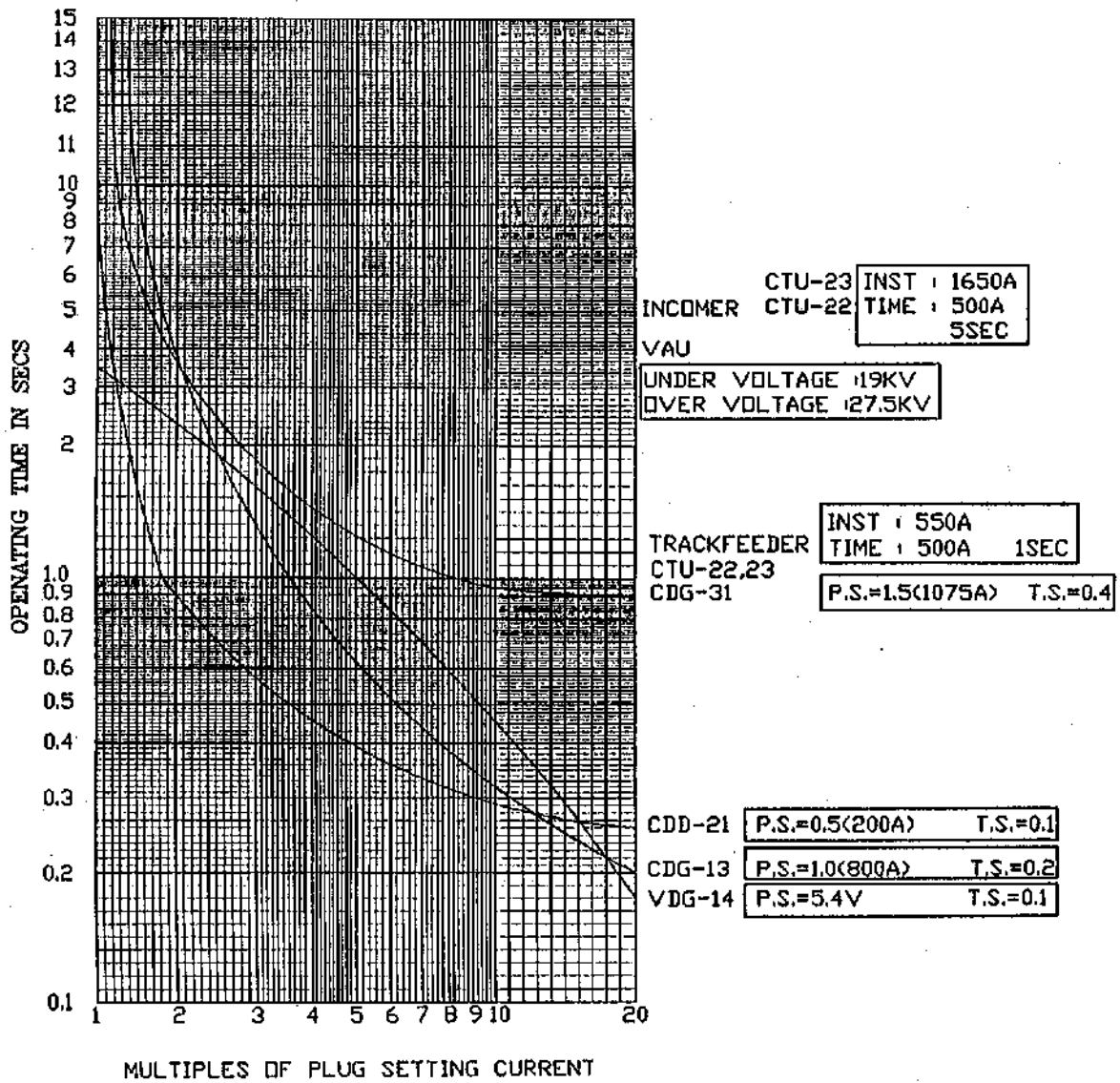


圖 7-23 25 KV 側保護電驛標置動作曲線

表 7-24 故障與保護電驛動作一覽表

故障情形 保護電驛及跳脫斷路器		台電端故障接地	69 KV 輸電線相間短路	69 KV 輸電線接地	台鐵 69 KV 匯流排接地	台鐵 69 KV 匯流相間短路	主變壓器內部故障	主變壓器過載	25 KV 匯流排短路	電車線短路	電車線過載
		T1	T1	T1							
69 KV 輸電線	台電端斷路器	T1	T1	T1							
	台鐵 69 KV 斷路器			T3	T2	T2	T2	○	○		
	過壓電驛 VAU 21			●2	○						
	低壓電驛 VAU 41										
	過載電驛 CDG 61				●1	●1					
變壓器	過載電驛 CDG 31							○	○		
	熱偶電驛							○			
	布氏電驛						●1				
	過載電驛 CTU 22							●1	●1		
	方向性電驛 CDD 21		●2		●3	●3					
	變壓器二次側斷路器		T3		T4	T4	T2	T2	T2		
25 KV 電車線	過載電驛 CTU 22									●1	●1
	過載電驛 CDG 13									○	○
	過壓電驛 VAU 21										
	低壓電驛 VAU 41										
		饋電線斷路器									T2

說明：T：跳脫

●：電驛動作

○：後衛保護動作或跳脫

1.2.3.4.：跳脫或動作順序

第八章電車線系統

一、概說

- (一)台鐵電車線系統由於須考慮本地自然環境如：氣溫、颱風、地震、地形、地質等及運輸情形如：運輸密度、平交道、變道陸橋及隧道等種種情況，必須按技術規範內容詳細設計施工。
- (二)台鐵西部幹線電車線之架設係採用單純懸垂式(Simple Catenary System)，施工時按照順序先建電桿基礎，然後豎立電桿及灌水泥漿，待乾固後裝設單桿跨軌門型架或獨腳臂架。並依序裝小鋼件、架線、調整，接著裝設連軌地線、吸流變壓器、當地控制盤、埋控制電纜及裝設警告標誌等，俟檢驗並經檢驗合格後，方通電啓用。
- (三)變電站係將電力公司供應之三相 69 KV 特高壓轉變為 60 HZ 之 25 KV 送電至電車線設備用以提供電化鐵路推動動力車所需之電力。

二、電車線性能

單相交流，60 HZ，25 KV，適應 $0^{\circ} \sim 45^{\circ}\text{C}$ 風速 26 公尺/秒最高車速每小時 120 公里，電車線允許最高溫度可達 80°C 。結構應可耐最大風速 60 公尺/秒。

三、電車線之結構

(一)架設方式：

電車線之架設與普通電力輸配線不同，係由主吊線、接觸線、吊掛線、回流線、架空地線組成如圖 8-1 所示。

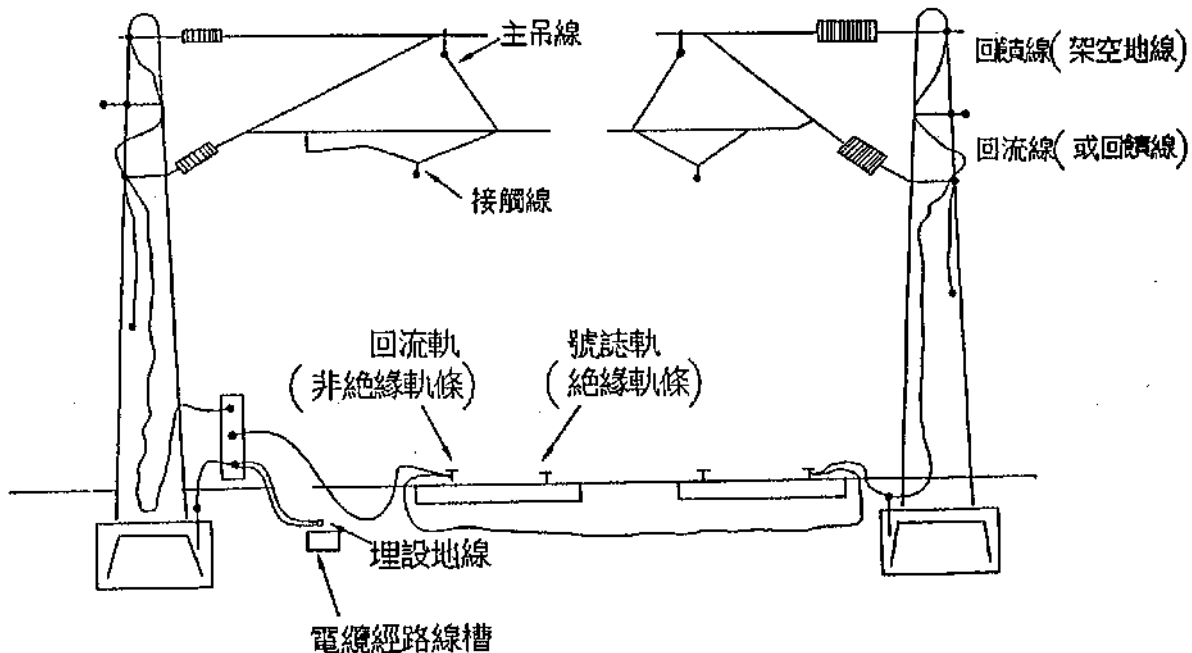


圖 8-1

爲使接觸線與鋼軌保持一定高度，每隔約 1600 公尺設有自動張力平衡裝置。通常電車線電桿面距離軌道中心爲 3 公尺。電車線電路以鋼軌爲回流電路，將電車線之電流流回變電站。

(二)電車線之架設長度

一條電車線之長度最長不得超過 1600 公尺，中點為固定式，半張力長度之電車線在一般線路不得超過 14 個桿距 778 公尺。

在海線不能超過 16 個桿距 800 公尺，主吊線及接觸線之張力各為 1000 公斤，每桿之接觸線，左右交替偏移形成鋸齒狀，以使動力車上集電弓之接觸面平滑，電車線偏移情況，如圖 8-2。

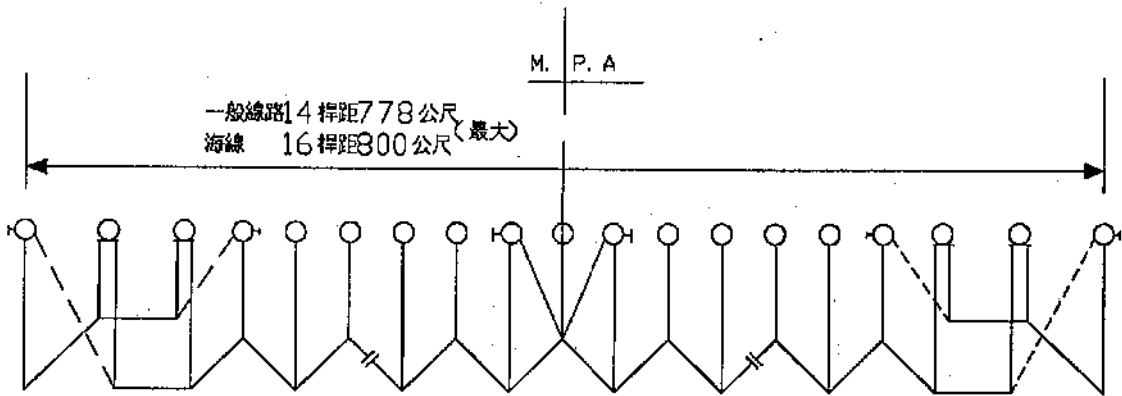


圖 8-2

(三)電車線之高度

電車線之高度係指接觸線至軌道面之距離，通常站外為 5 公尺，站內為 5.00 公尺，平交道為 5.4 公尺，橋樑或隧道最小為 4.42 公尺，接觸線與主吊線在電桿支持點之垂直距離謂之系統高度，台鐵系統高度為 1.2 公尺，如圖 8-3 所示。

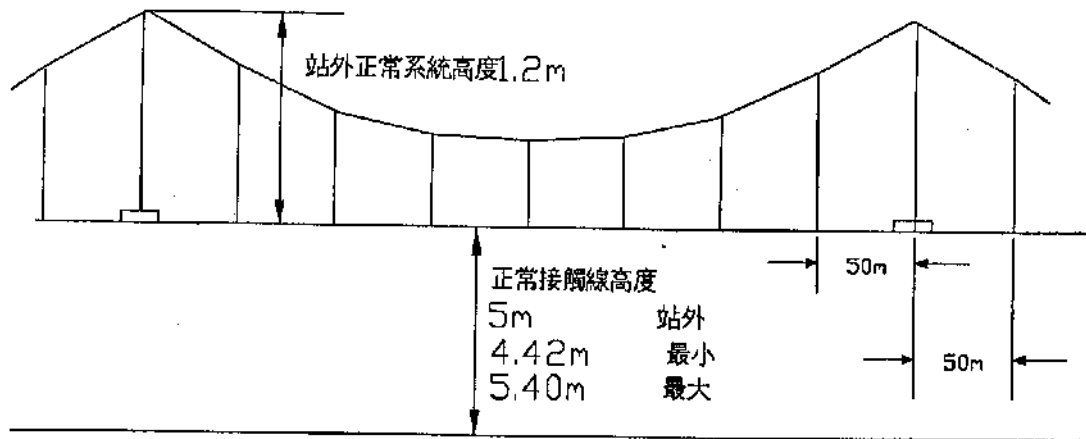


圖 8-3

(四)電車線之支架裝置：

站外電車線之支架結構為簡單型，如圖 8-4 所示附有隔電子、支架(懸臂組)、固定桿……等等。

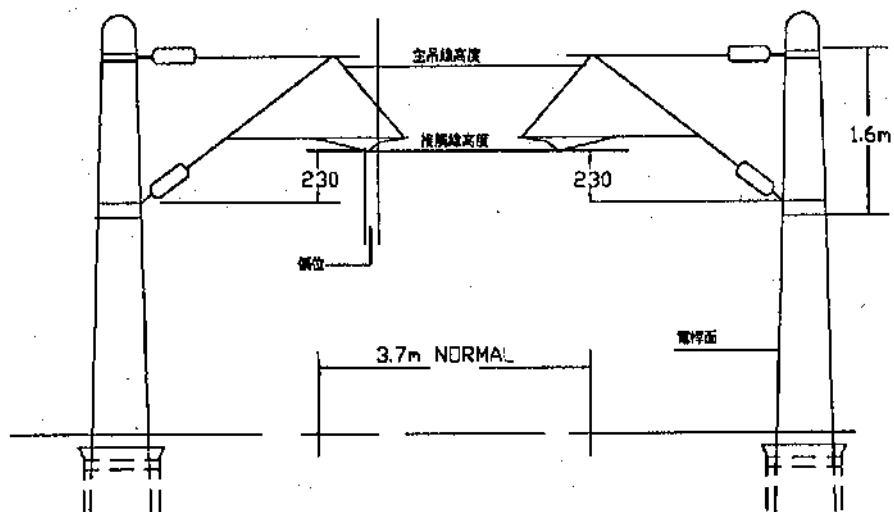


圖 8-4

站內電車線視行車、調車，電車線維護及貨物裝卸等實情構成不同之電車線群，如圖 8-5 所示。

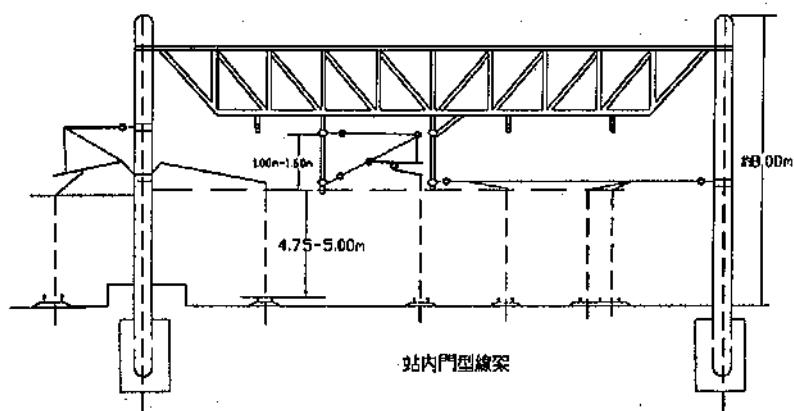


圖 8-5

(五)電車線之重疊區間由於每一條電車線之張力長度不得超過 1.6 公里如前述，如在兩條電車線接合處之特殊裝置稱為重疊區間。可使列車由一條電車線吸取電流轉換至另一條電車線時，無電流中斷之虞。如圖 8-6 所示。重疊區間之安排有非絕緣式與絕緣式等二種方式。

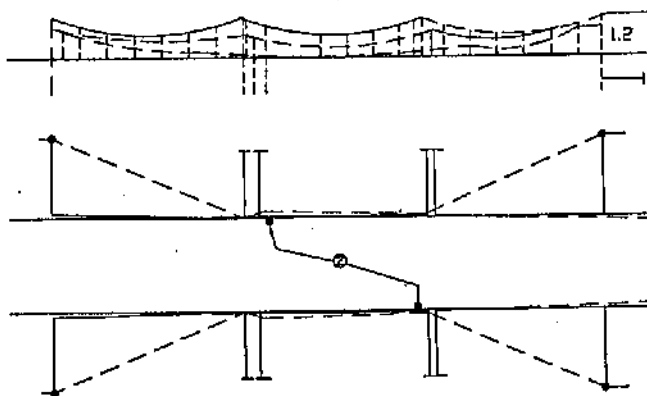


圖 8-6

(六)電車線自動平衡裝置通常每張力長度電車線之兩端分別設置有自動平衡裝置用以確保電車線保持一定高度。不致因氣候之變化使電車線過度伸張或縮短。電車線過度之伸張可使電車線之弛度增加，致使電力機車之集電弓與電車線接觸不完全而產生火花。電車線過度縮短致使張力增加而易於斷落。當溫度上升時，電車線伸張，平衡錘下降，反之；溫度下降，電車線縮短，平衡錘上升。故可確保電車線在不同溫度之變化下仍不致改變電車線一定高度。其裝置如圖 8-7 所示。

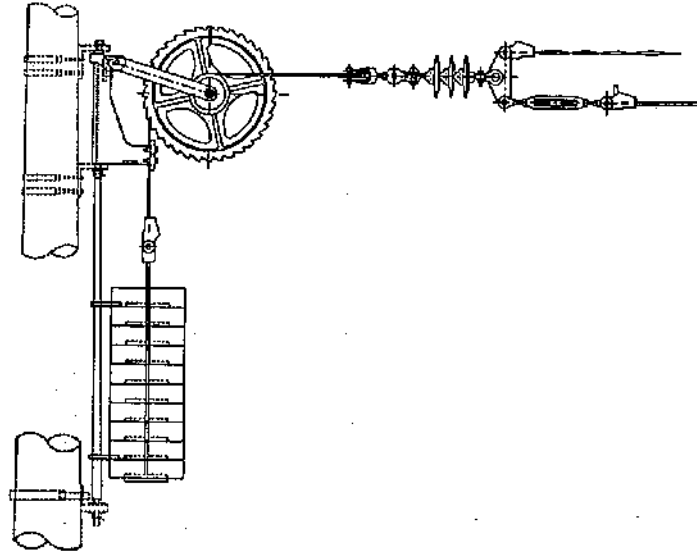


圖 8-7

(七)電車線中點錨(Mid-Point ANCHOR)

每一條電車線最長 1.6 公里，在其中央之處加以固定，此裝置稱為中點錨。使電車線在平衡張力下免受風力，集電弓推力，溫度變化或其他外力而導致首尾兩端平衡錘往一端滑落，而造成電車線障礙。如圖 8-8 及 8-8 A 所示。

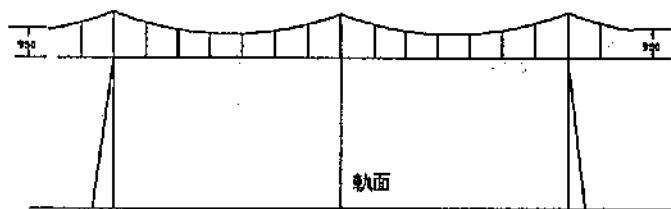


圖 8-8

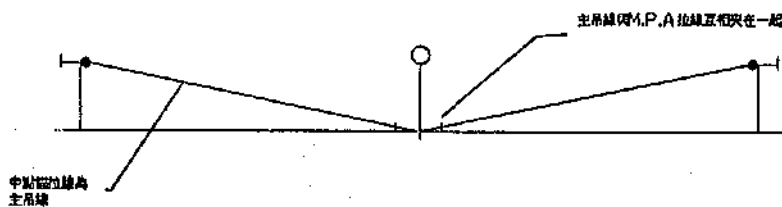


圖 8-8 A

(八) 站內岔道之電車線安排

站內電車線由於橫渡線及分叉線等不同，因此電車線之架設長度常因現場長度之需要有所不同，通常兩端之一端使用固定型裝置，另一端乃採用自動平衡裝置。如圖 8-9 所示。

(九) 平交道上電車線之架設

一般站間電車線高度為 4.75 公尺，平交道之高度為 5.4 公尺，爲了使電車線保持一定高度，才不致於因電車線某處之高低不平而使集電弓有時沒有接觸至電車線而產生火花，燒壞電車線。因此電力機車通過平交道，其接觸線之斜率如圖示 8-10 所示可使集電弓於通過平交道時，保持良好之。

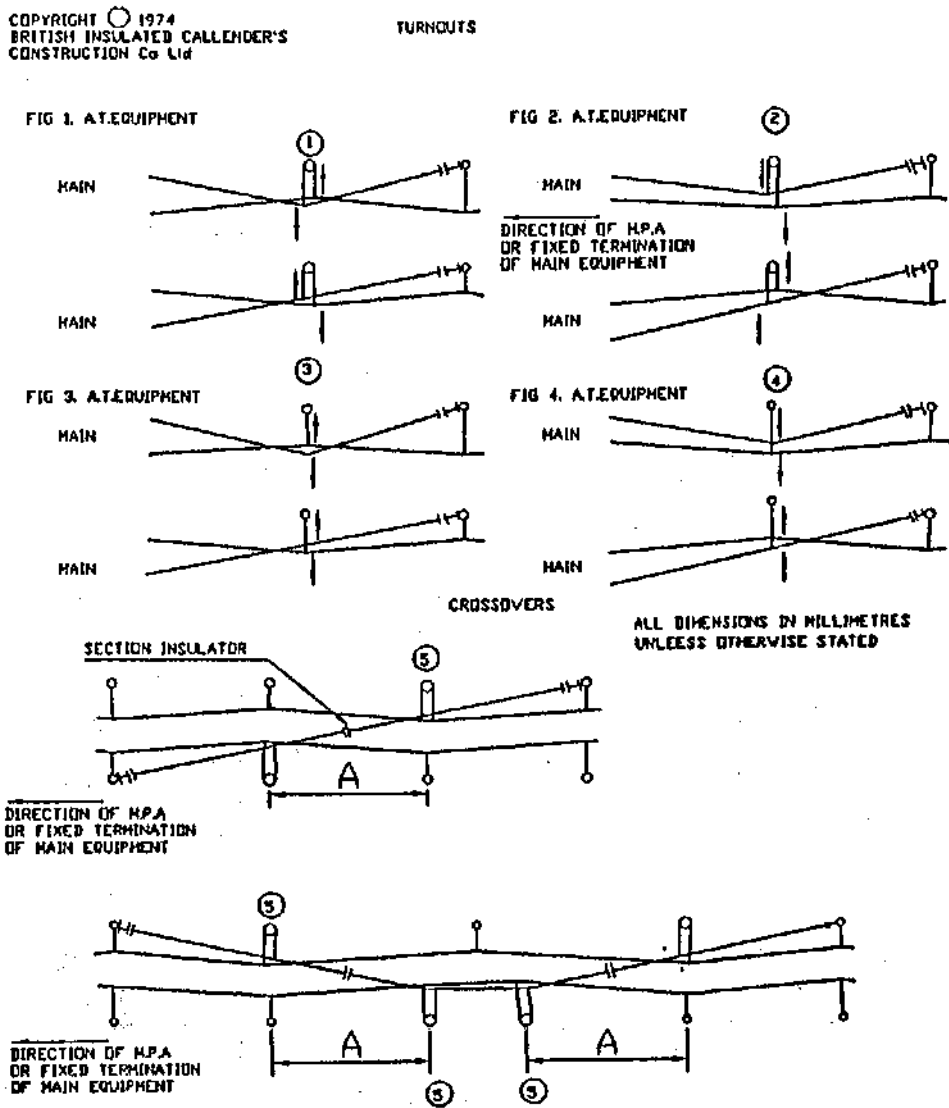


圖 8-9

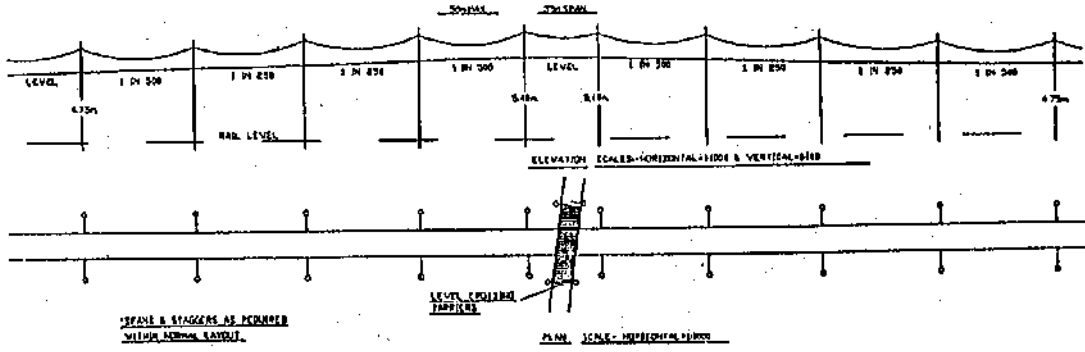


圖 8-10

(十) 天橋及陸橋下電車線安排

如圖 8-11 所示，建立電桿與橋面應保持 7M 以上之距離，主吊線距橋底應保持靜態 300 公厘及動態 200 公厘以上之絕緣距離。

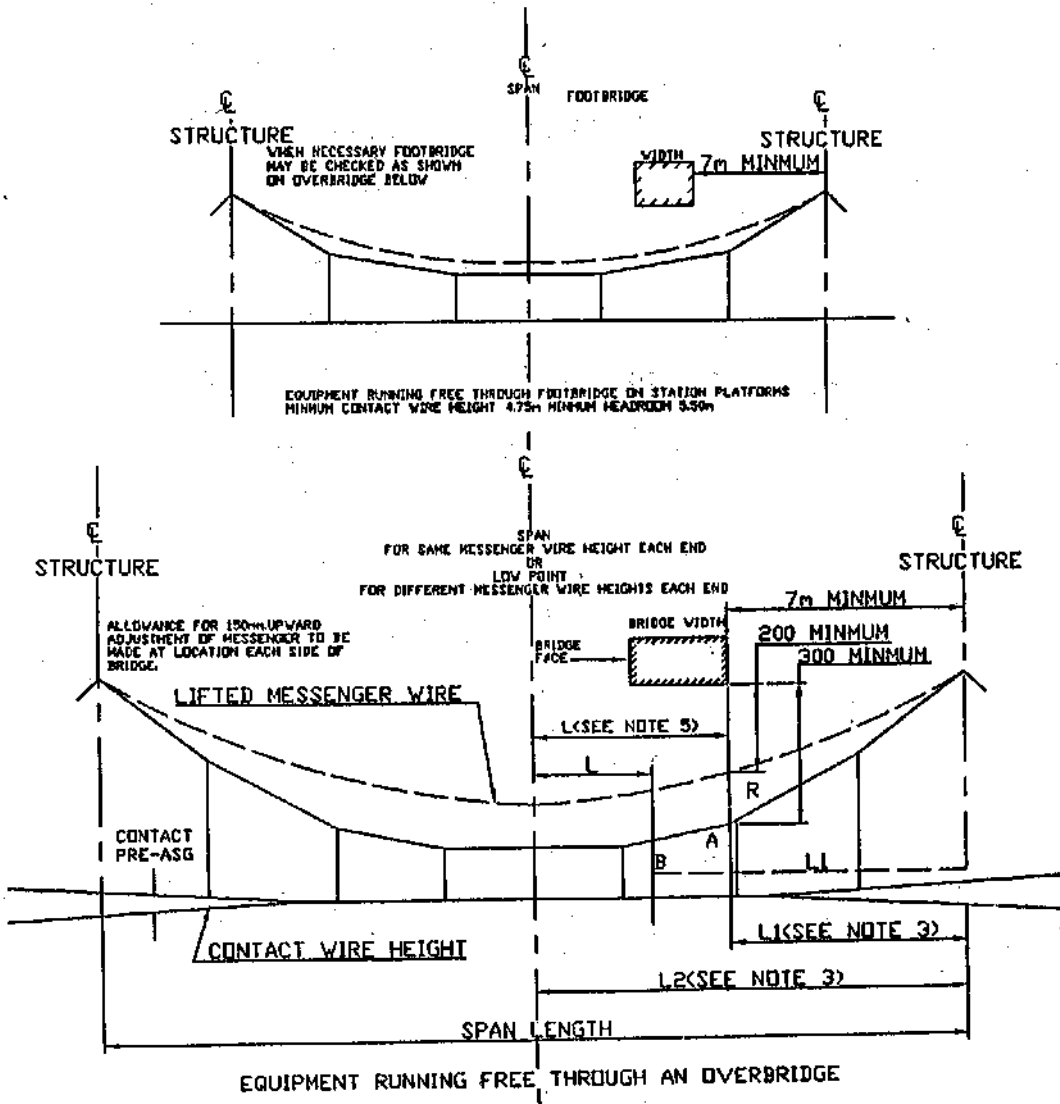


圖 8-11

(十一) 隧道內電車線之安排

(A) 單軌隧道電車線之安排如圖 8-12 所示。電車線活線部份應至少保持 200 公厘之絕緣距離，每隔 10-20 公尺(視支持物型式而定)裝設一個支持點。參閱 OCS/14/23.24。

(B) 雙軌隧道內電車線之安排如圖 8-12 A 所示。

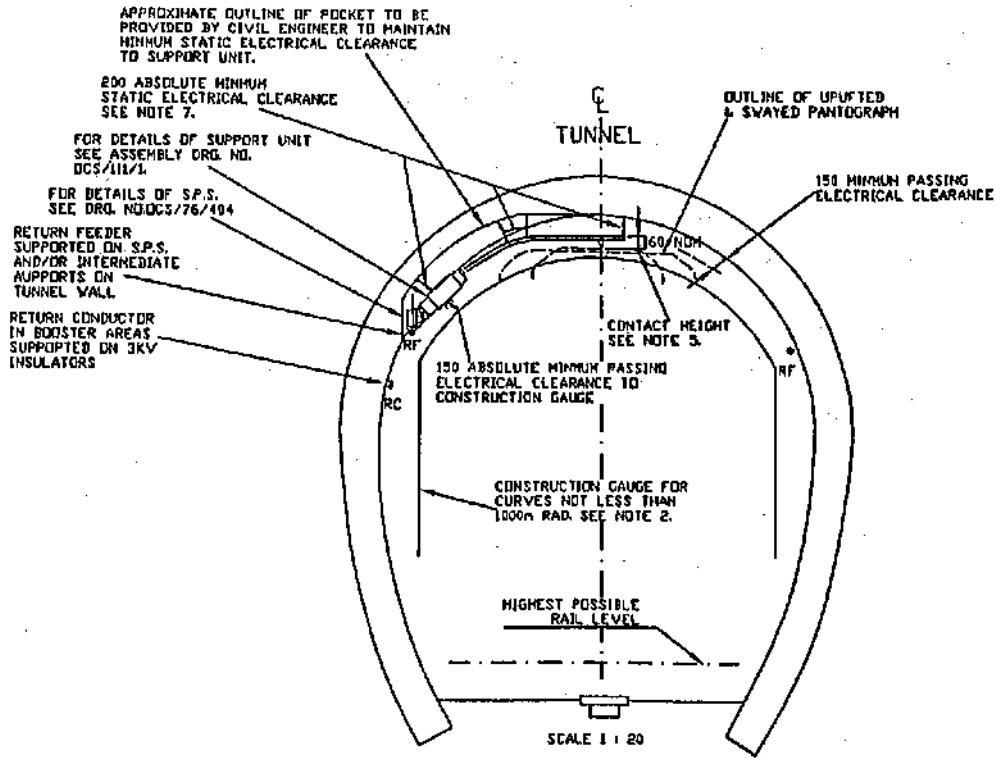


圖 8-12

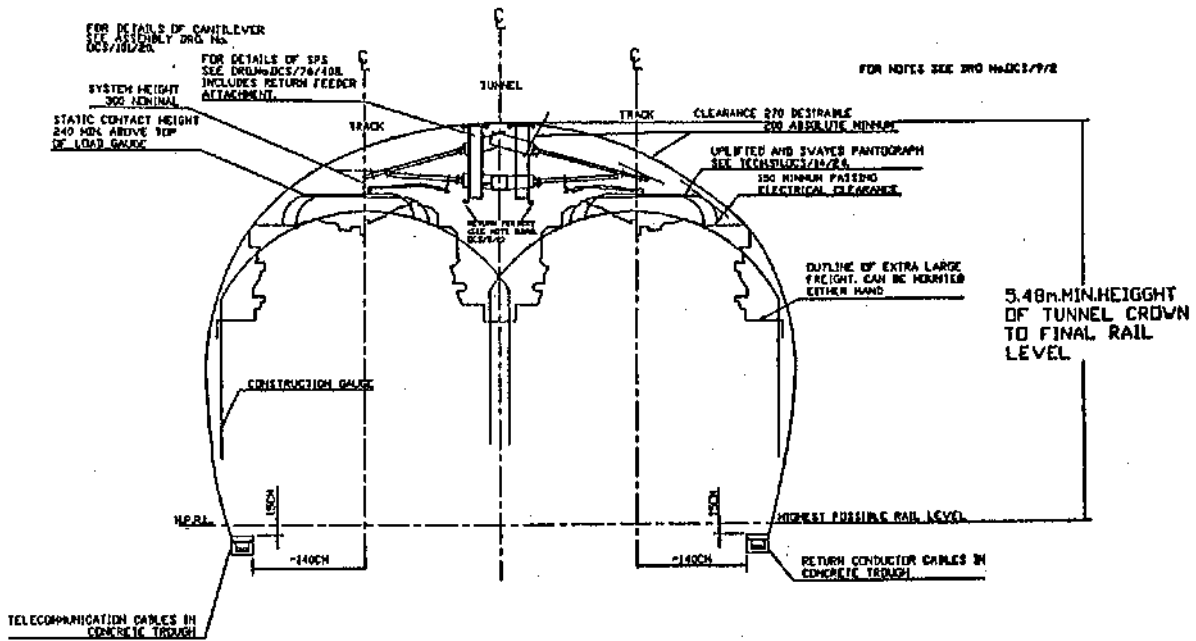


圖 8-12 A

(十二) 接地安排

電車線鄰近之金屬體均必須與回流軌連接，以免行人觸及產生危險。埋設地線均每隔 4 根電桿有一個出頭與回流軌及架空地線連結，以確保良好之接地系統，如圖 8-13、8-13A 所示單軌及雙軌接地系統之安排情形。

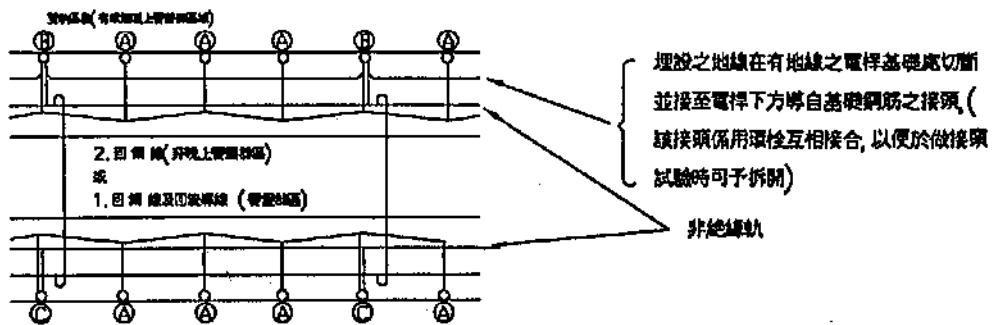
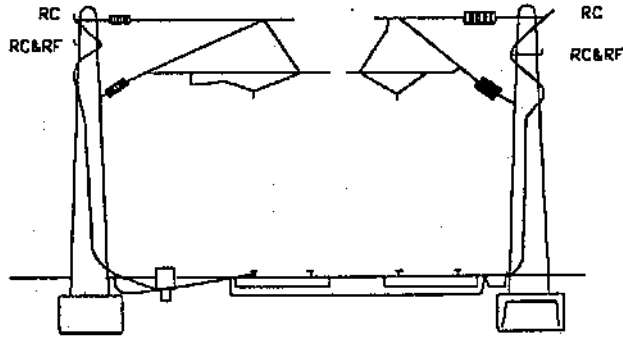


圖 8-13

在電桿B處(每回線一處)之接線,亦可
並包含基樁之鋼筋在內,其位置參照圖:
OCS/190/65或OCS/190/66

在電桿位置C處(每回線一處)之接線可
均包含基樁之鋼筋在內,其位置參照圖:
OCS/190/65或OCS/190/66



1. 單軌區段有四個電桿所接之電線及非絕緣軌
2. 雙軌區段每線段之軌道之一側,每四個電桿所接之電線,均用絕緣材料包圍一個之軌道,每四個電桿所接之電線至非絕緣軌,而在兩絕緣軌之間用絕緣材料包圍
3. 其他小物件,如拉線,支索,平衡鋼,支索及沿軌道之回流線支索,用絕緣材料包圍一閃接點

圖 8-13 A

(十三)中性區間

中性區間裝置使兩變電站供應之電源絕緣而分離,在中性位置之電車線裝置無電,故經中性區間之前,電力機車或電車組必須切斷電源開關,通過後再閉合,繼續前進。圖 8-14 所示為中性區間之電車線設備。

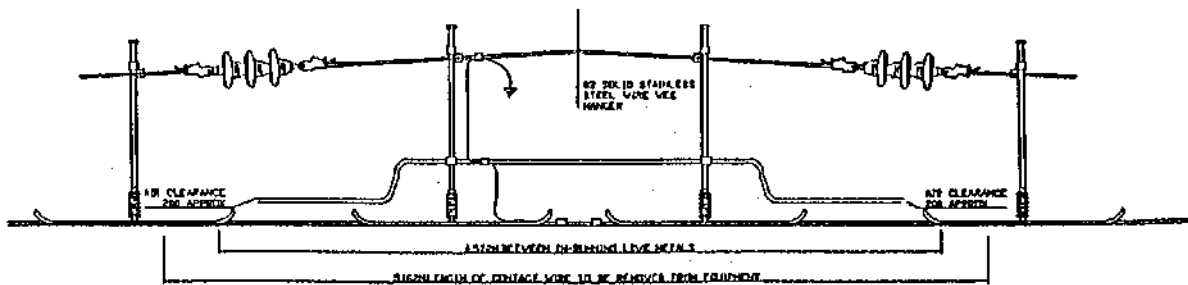


圖 8-14

(十四)吸流變壓器原理

電車線路在適當地點裝設吸流變壓器,可使大部份之動力車電流經吸流變壓器之回流線流回變電站,減少漏電至大地之電流,對於干擾程度減至最小請參考圖 8-15 (流至大地之電流可使軌道旁金屬體感應帶電,亦可使通信線路產生雜音)

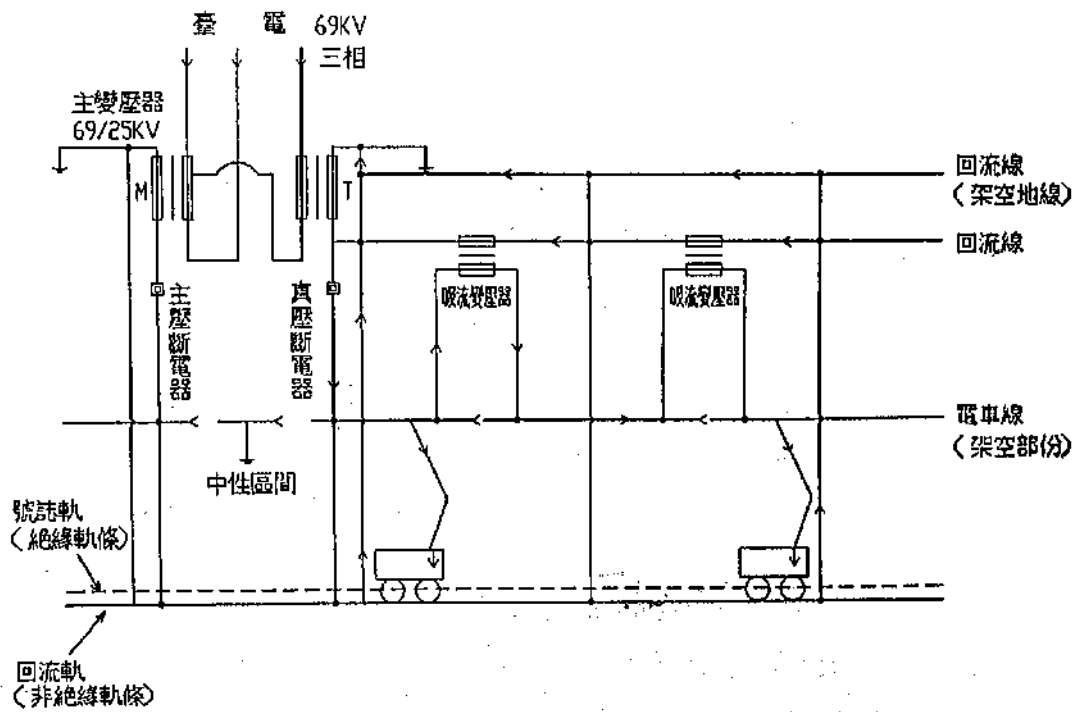


圖 8-15

(十五) 站內電車線饋電回路

① 雙軌區段站內饋電回路，如圖 8-16 所示分爲①，②，③，④，等群，兩群之間以區分絕緣器分隔爲獨立之電車線群，並可藉開關之“斷”與“通”，使各電車線群無電或有電。

② 單軌區段內站內饋電回路如圖 8-17 所示。

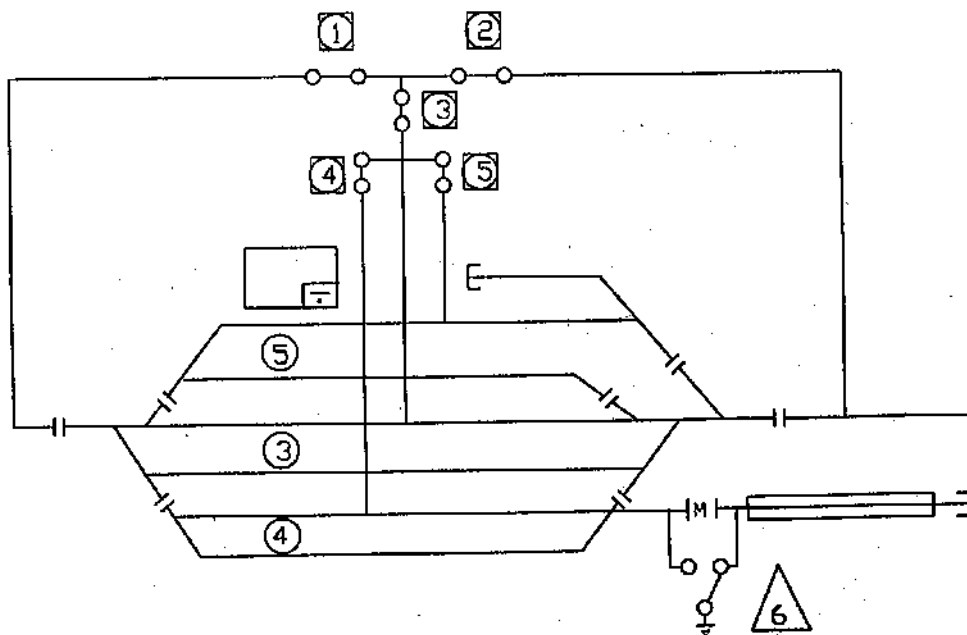


圖 8-16

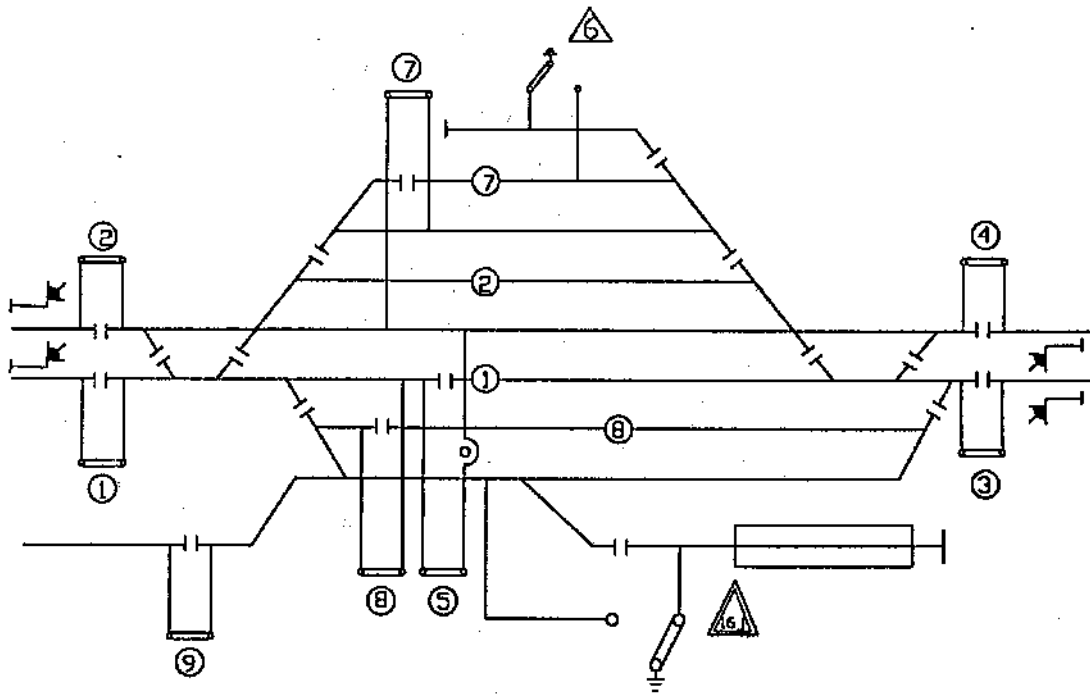
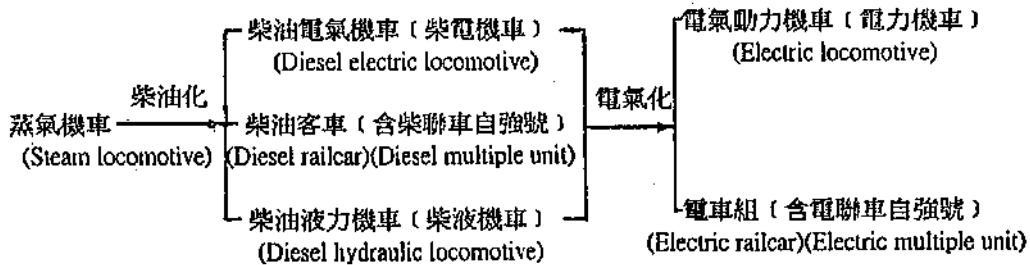


圖 8-17

第九章電力車輛概要

一、鐵路動力車之演進

鐵路動力車依科技之進步及生活品質之提昇，已由早期燃燒煤炭之蒸汽機車改變為如今之電力動力車如下：



(一)機車動力之傳動

機車動力之傳動則由蒸汽機車之直接推動連桿或經由齒輪變速機之機械傳動，轉變為使用液體變速機之液力傳動和使用電氣變速控制之電氣傳動系統，乃至如今電力機車之電氣傳動方式。請參圖 9-1 機車動力傳動系統圖。

1. 機械傳動：

熱能→機械能→直接驅動機車動輪，含早期之蒸汽機車，為外燃機(External combustion engine)係燃燒煤炭所發生之蒸汽，導入汽缸斷熱膨脹發生動力，直接經由曲柄帶動連桿、驅動動輪、歸屬為機械傳動外，凡是使用齒輪變速機傳動之動力車輛均屬之(含柴油機械機車 "Diesel mechanic locomotive" 及台鐵早期之汽油車 "Gasoline car")

2. 液力傳動：

熱能→機械能→經由液體傳動→驅動機車動輪，含台鐵之柴液機車及柴油客車；使用液體變速機，將引擎之動力介由液體傳動扭力，再經推進軸、逆轉機以驅動機車動輪者。

3. 電氣傳動：

熱能→機械能→電能→電動機驅動機車動輪，亦則引擎動力藉由發電機轉變為電力，直接以牽引馬達帶動動輪，台鐵之柴電機車屬之。另台鐵之電力機車及電車組係直接由集電弓引進電力再經牽引馬達轉變為牽引力，亦應屬電氣傳動方式之一種。

(二)柴油化：

柴油化比使用蒸汽機車有如下之優點：

1. 熱效率較高，為 16~24%。
2. 起動及加速度均十分迅速，可縮短運轉時分。
3. 長途運轉中途無須加油水。
4. 牽引力大。
5. 無煤煙。
6. 乘務人員勞力減輕(各引擎操作把手輕便操作不用力)。

- 7. 效率高而經濟。
- 8. 無槌打鋼軌現象。

(三) 鐵路電氣化之原因：

鐵路電氣化有如下之優點，也是世界陸上交通之潮流。

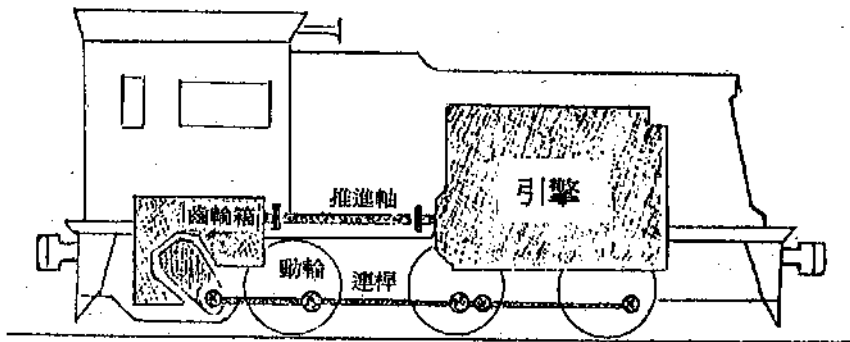
- 1. 能源之有效利用，熱效率最高約 30% (蒸汽機車 5~7%、柴電機車 16~24%、電力機車 30%)。

$$\text{電機運轉效率} = \text{火力發電效率}(0.40) \times \text{變電效率}(0.98) \times \text{送電效率}(0.96) \times \text{機車效率}(0.80) = 0.30(30\%)。$$

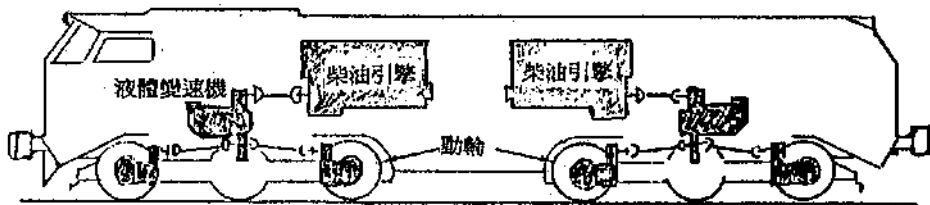
$$\text{蒸汽機效率} = \text{鍋爐效率}(0.62) \times \text{蒸汽效率}(0.11) \times \text{機械效率}(0.90) = 0.06(6\%)。$$

- 2. 輸送力之增強——提高速度、增加牽引力、加速快。
- 3. 輸送費用之降低——可減低動力費直接行車人工費及節省維修費。
- 4. 服務之改善——運行快又舒服，無黑煙少噪音。

圖 9-1 機車之動力傳動系統

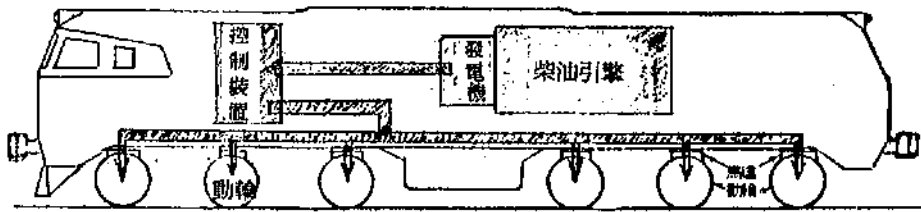


1、機械傳動：引擎→推進軸→齒輪變速機→連桿→動輪

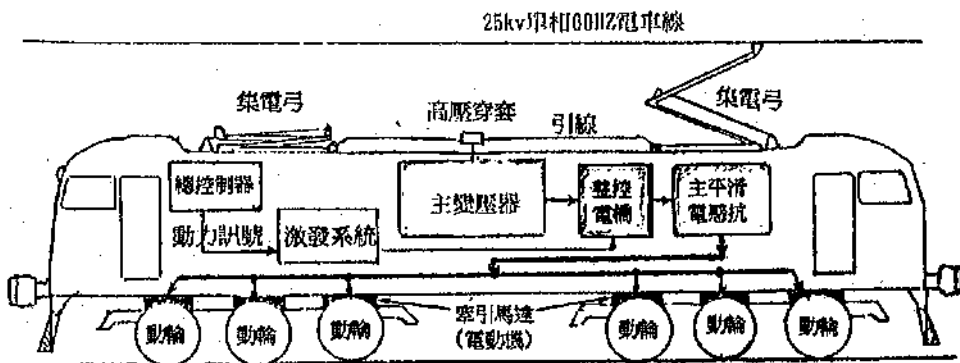


2、液力傳動：柴油引擎→液壓變速機→動輪

圖 9-1 機車之動力傳動系統



3、電氣傳動：柴油引擎→發電機→控制裝置→電動機→動輪



4、電力機車動力系統：電車線→集電弓→主變壓器→整流電橋→主平滑電感抗→電動機→動輪

二、電力動力車之型式

台鐵電氣化方式採用交流電化方式，則電車線供應單相 25KV、60HZ 交流電，故機車(含電車組)均為交流電力動力車。分為電力機車“Electric locomotive”則本身有動力但不載客、貨，專供列車牽引用之車輛和電車組“Electric rail car”本身有動力且能載客之車輛，其主要數據如表 9-1、9-2 所示；其中：

表 9-1 台鐵電力動力車型式及主要數據表

形式 項目		電力機車					備註
		E 100	E 200	E 300	E 400	E 1000	
車輪排列		Bo-Bo	Co-Co	Co-Co	Co-Co	Bo-Bo	
最高速度(K/H)		110	110	110	130	130	
使用電壓範圍		19-27.5KV	25 ^{KV±10%}	25 ^{KV±10%}	25 ^{KV±10%}	19-27.5KV	
連續額定出力		2050 ^{KW} / 2750 ^{HP}	2800 ^{KW} / 3758 ^{HP}	2800 ^{KW} / 3758 ^{HP}	2800 ^{KW} / 3758 ^{HP}	4400 ^{KW} / 5896 ^{HP}	E1000型一組 兩輛合計
連續最大牽引力(Kg)		18500	20100	20100	16800		
1小時額定出力		2150 ^{KW} / 2886 ^{HP}	2880 ^{KW} / 3866 ^{HP}	2880 ^{KW} / 3866 ^{HP}	2880 ^{KW} / 3866 ^{HP}		
1小時額定牽引力(Kg)		19500	20800	20800	17400		
起動最大牽引力(Kg)		27000	27200	27200	22600	33456	
加速度 (起步1分鐘平均) (K/H/S)		0.8	0.85	0.85	0.8	1.4	1.平坦線 2.牽引客車 15輛計算
總重量(噸)		72	96	96	92	120(60*2)	
動輪軸重(噸)		18	16	16	15.3	15	
輛數		20	39	39	18	64	
主變壓器		1 ϕ 60Hz 25AV 3581KVA	3650KVA	3650KVA	3650KVA		
牽引馬達		G413AZ 530KW 4具 DC	GE261 6具 DC	GE761 6具 DC	GE261 6具 DC	6FRA3031 AC 4*2=8具	
齒輪比 動輪直徑		67:18 / 1219m/m	91:20 / 914m/m	91:20 / 914m/m	88:23 / 914m/m	85:18 / 914m/m	
集電弓型式		交臂式	單臂式	單臂式	單臂式	單臂式	
馬達交流機組			380KW 3 ϕ 440V 60HZ		380KW 3 ϕ 440V 60HZ	450KW SIV	
尺寸 (m/m)	長	15120	17094	17094	17094	17211	
	高	4003	4100	4100	4100	4265	
	寬	2995	2972	2972	2972	2885	
製造廠商		GEC	GE	GE	GE	GEC	
備註		限用普通 客車、貨 物列車	空調列車 一般列車 均用	一般列車 、貨物列 車	空調列車 一般列車 均用	限用拖拉 式自強號 列車	

表 9-2 台鐵電力動力車型式及主要數據表

項目	電 車 組					備 註
	EMU100	EMU200	EMU300	EMU400	EMU500	
車輪排列	BO-BO	BO-BO	BO-BO	BO-BO	BO-BO	馬達車
編 組	EP+EM+ET+ET+ED	EMC+EP+EM	EMC+EP+EM	EMC+ET+EP+EM	EMC+ET+EP+EM	
座 位	244 (一組五輛)	144 (一組三輛)	148 (一組三輛)	240 (一組四輛)	240 (一組四輛)	
最高速度(K/H)	120	120	120	110	110	
使用電壓範圍	19~27.5KV	17.5~27.5KV	17.5~27.5KV	17.5~27.5KV		
連續額定出力	1154 ^{KW} /1547 ^{HP}	1000 ^{KW} /1340 ^{HP}	928 ^{KW} /1243 ^{HP}	1920 ^{KW} /2574 ^{HP}	2000 ^{KW} /2680 ^{HP}	
起動最大牽引力(Kg)	10800 ^{Kg/軸}	9200	14700	21200	21420	
加速度 (起動1分鐘平均) (K/H/S)	1.22	1.55	1.58	1.52	1.93	
總重量(噸)	225 ^{噸/組}	155	155	210	180	
動輪軸重(噸)	13	13	13	14	14	馬達車
輛 數	5 ^輛 *13 ^軸 =65 ^輛	3*11=33	3*8=24	4*12=48	4*86=344	
主變壓器	1 φ 60 ^{IZ} 25KV 2120 ^{KVA}					
牽引馬達	G414AZ 298KW 4具	G316BY 125KW 8具	TM2101A 116KW 8具	G414BY 298KW 8具	EZAT6444 250KW 8具	EMU500型 使用交流馬達
齒輪比 /動輪直徑	69:18 /860 mm	67:15 /860 mm	65:14 /860 mm	69:18 /860 mm	122:28 /860 mm	
馬達交流機組	3 φ 60HZ 440V 100KVA	3 φ 60HZ 440V 110KVA	3 φ 60HZ 440V 110KVA	3 φ 60HZ 440V 110KVA	SIV 150KVA	
集電弓型式	交臂式	單臂式	單臂式	單臂式	單臂式	
尺 寸	長	20365	20000	20000	20330	
	高	4170	4170	4170	4219	
	寬	2802	2880	2885	2890	2885
製造廠商	GEC	UCW	SOSIMI	UCW	DAEWOO	
備 註	自強號列車用	自強號	自強號	通勤電聯車	通勤電聯車	

1. 電力動力車均以 E (Electric)字頭命名，如 EMU100 EP201 等等，俾易於和原有柴油化機車分別。(柴油機車則以 R 及 S 命名，R 代表長距離用大型機車“Road engine”如 R20、R150 型等。S 代表調車用小型機車“Swither engine”之意，如 S200、S300 型等屬之，柴油客車則以 DR “Diesel rail car”如 DR2800 型自強號，柴液機車以 DH “Hydraulic locomotive”命名如 DH200 型柴液機車，蒸汽機車則以 DT、CT、或 EK 稱呼，其中之 D、C 各代表動輪排列數目 C=3、D=4、E=5、T 為 Tender 煤水車之意，K 為 Tank 車“煤水櫃車”之意)
2. 電車組俗稱電車或電聯車(E.M.U Electric Multiple unit)由駕駛車(Driving car)駕駛馬達車(Driving motor car，動力客車(Power car)馬達車(Motor car)駕駛拖車(Driving trailer)及普通拖車(Non-driving trailer)等車組成。計有五種型式，其中 EMU100 型以固定五輛一編組，編組中只有一輛驅動輪之馬達車，為一拖四出力電車組。EMU200 型 300 型固定三輛一編組，有二輛馬達車為二拖一，而 EMU400 型 500 型固定編組四輛有二輛馬達車為二拖二出力，輛數以 500 型最多有 344 輛，係通勤用電車。行駛最高速度 110K/H，而西幹線自強號則由 EMU100~300 型分別擔任最高行駛速度 120K/H。又拖拉式(Push Pull)自強號使用兩輛 E1000 型機車掛在列車最前端與最後端，中間掛客車 6-15 輛不等之編組，最高速度 130K/H。
3. 電車組編組中之電車車輛代號如下：

代號	中文	英文	說明
EP	動力客車	Electric power car	裝有集電弓，主變壓器、整流器、馬達交流機組，電氣控制設備等之客車，五輛組排在首車者設有駕駛室。
EM	馬達車 (駕駛馬達車)	Electric Motor car	車頂有電氣軋機設備，車下有風泵牽引馬達，為實際能產生牽引力之客車。三輛組及四輛組編在首車者各有駕駛室設備，亦稱駕駛馬達車。
EMC	駕駛馬達車	Electric Driving motor car	同上並附設有車長室(Conductor's room)者。
ET	拖車	Electric non driving trailer car	普通拖車供客車使用。
ED	駕駛拖車	Driving trailer	設有駕駛室、各種控制設備、馬達交流發電機組設備等之客車。

4. 車輪排列 Bo-Bo 或 Co-Co 為國際共用之稱呼方式；B 代表兩根動軸，英文字母後附以“0”者表示互相分離獨立，無機械聯接的動軸組；則 Bo-Bo 表示兩個轉向架，每 1 轉向架有兩根動軸單獨轉動。Co-Co 表示兩個轉向架每 1 轉向架有三根動軸單獨轉動。(又柴電機車車輪有 A1A 配置者表示有兩個轉向架每 1 轉向架前後兩軸有馬達“動軸”中間軸無馬達“惰軸”如 R20 型屬之)。
5. 電聯車可單獨 1 組運轉，亦可 3~5 組同型車種連掛 15 輛，由一位司機員總控制運轉。
6. E200、400 型機車及電車組 EMU100~400 型裝有馬達交流發電機組(MA-set) 輸出三相 60 HZ 440v 交流電，供應客車空調照明用電。
7. EMU 500 型空調用電係由動力車 Power car (EP) 主變壓器第二次側送出單相 1592V AC 至拖車 (ET) 共用二個靜態變流器 (SIV Static inverter) 變為三相 440V AC 60HZ 電力，供編組四輛共用。
8. E1000 型 PUSH PULL 機車主變壓器二次側送出 1500V AC 單相電力，至各客車各自單獨裝設之 SIV 變為 440V AC 60 HZ 三相電，供空調照明等用。

第十章電力列車用電設備

一、電力列車饋電電壓

電車線電壓一般所採用者，以直流 750V~3000V(捷運淡水線係地上第三軌供電，採用 750V DC)及交流 20KV~25KV、60HZ 為多，台鐵採用標準電壓 25KV、60HZ 交流電化之主要理由如下：

1. 直流 750V~3000V 電化區間之集電電流大，電車線需較粗，變電站間隔則需每 3~5KM 或 5~10KM 設一處，但交流 25KV 電化，每 30~40KM 設一處則可，可節省龐大建設費。
2. 直流饋電方式之集電裝置也較笨重，於高速運轉之追隨性較困難。
3. 高壓直流電化，對於大負載電流之故障電流之判別斷電及高速大電流集電有困難。
4. 交流 25KV 電化符合國際標準。
5. 25KV AC 比 20KV AC 之電壓降較少，變電站設置間隔可較長，受電點之選定較有彈性。
6. 交流區間之變電站不必將交流改變為直流而僅將電壓降低即可，故變電站之規模較小，設備比較簡單。

二、電力動力車主要設備

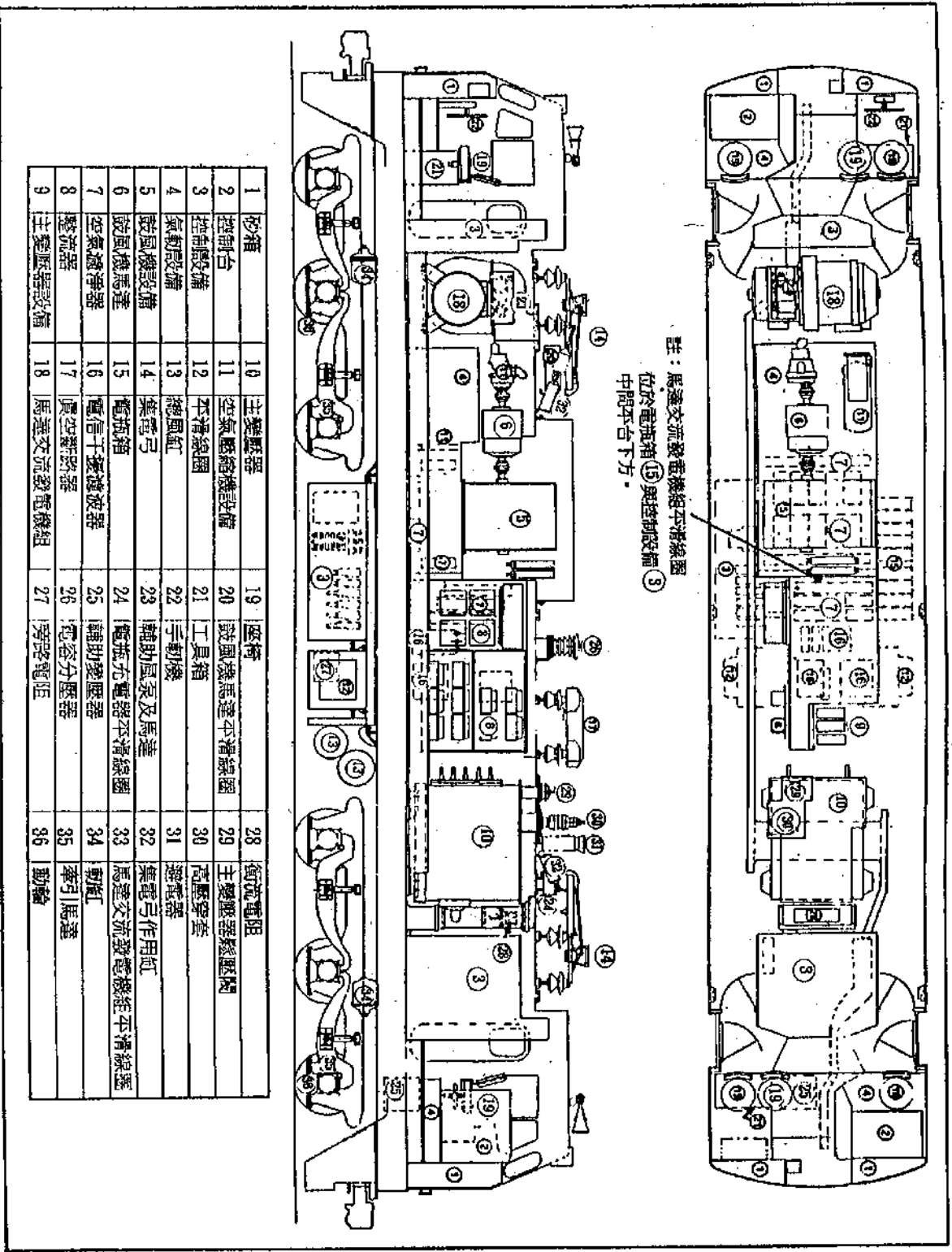
(一)主要機件設備位置及電路

電力動力車各主要設備機件包括自集電弓至接地之主變壓器第一次側及第二次側繞組各控制設備機件，依各廠商製造型式之不同而異，僅以 GE 機車為例，標示相關位置，如圖 10-1 所示。

至於電路方面大體可分為五大系統如下：

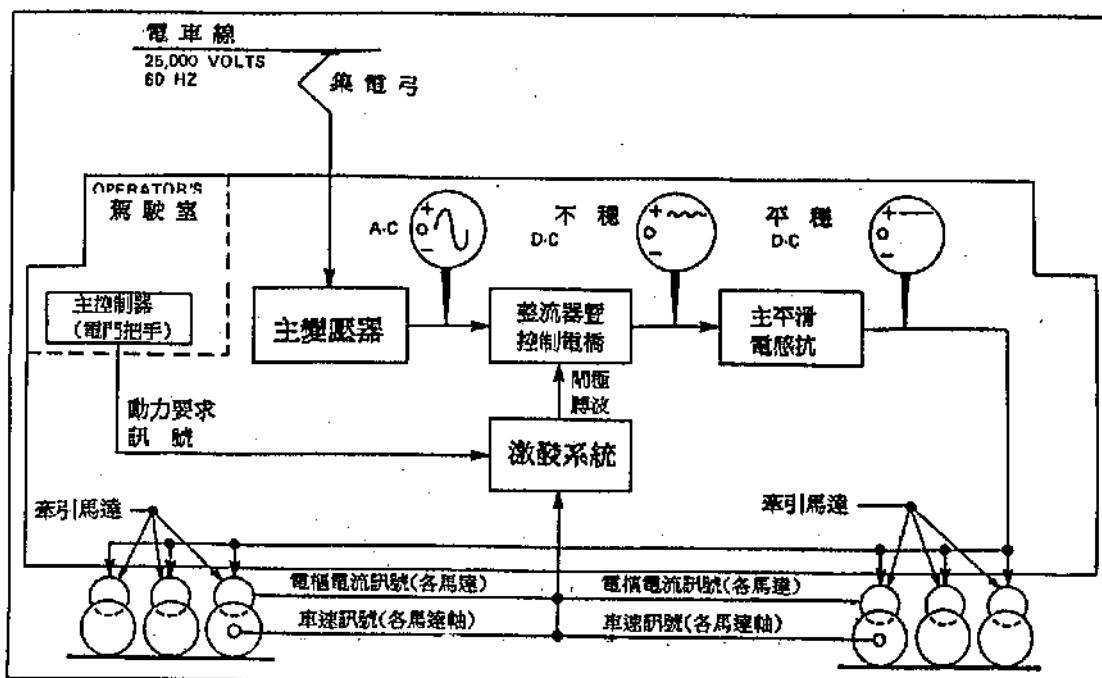
1. 動力系統。
2. 輔助機系統
 - ①吹風機、壓風機驅動馬達系統。
 - ②電瓶充電系統。
 - ③馬達交流發電機系統。
3. 激發系統。
4. 安全保護及故障警告系統。
5. 照明及其他系統

因圖片多達上百張，圖 10-2、圖 10-3 為其中之例圖。



1	砂箱	10	主變壓器	19	座椅	28	整流電阻
2	控制台	11	空氣壓縮機設備	20	鼓風機馬達平滑線圈	29	主變壓器鬆壓閘
3	控制設備	12	平滑線圈	21	工具箱	30	高壓穿套
4	氣動設備	13	總風缸	22	手動機	31	避電器
5	鼓風機設備	14	集電弓	23	輔助風泵及馬達	32	集電弓作用缸
6	鼓風機馬達	15	電瓶箱	24	電瓶充電器平滑線圈	33	馬達交流發電機組平滑線圈
7	空氣濾淨器	16	電信干擾濾波器	25	輔助變壓器	34	動缸
8	變流器	17	真空斷路器	26	電容分壓器	35	牽引馬達
9	主變壓器設備	18	馬達交流發電機組	27	旁路電阻	36	動輪

圖 10-1 GE 機車主要機件設備為置圖



(A) 基本動力(牽引)系統方塊圖解

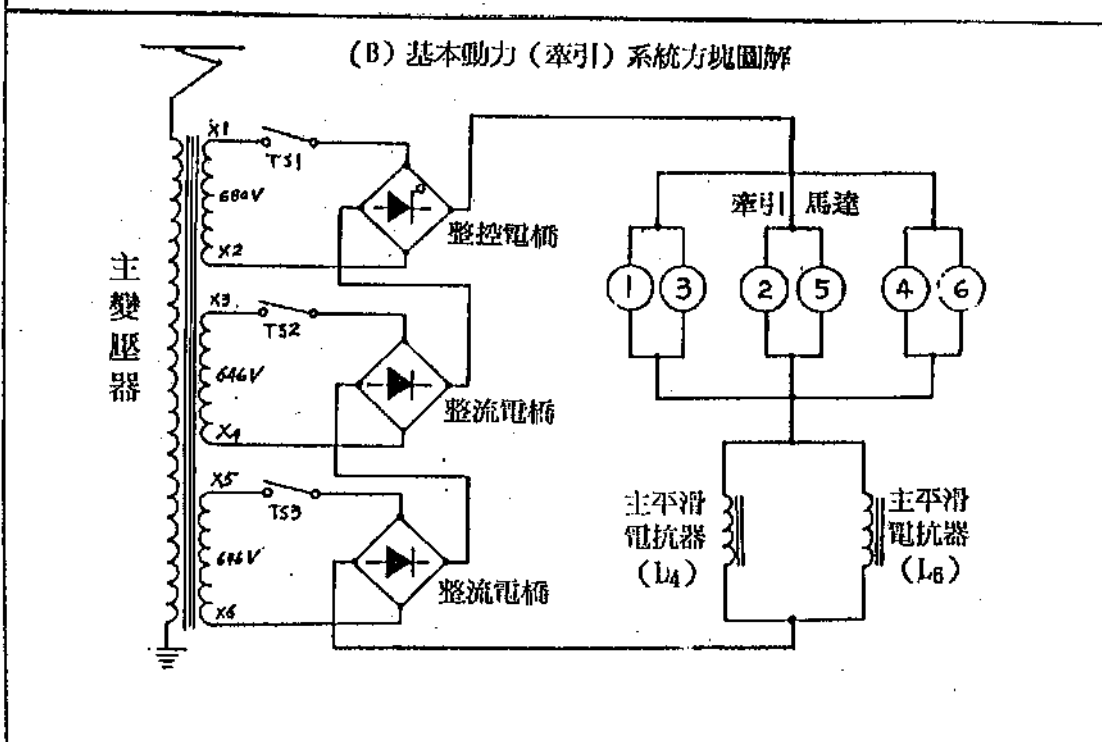
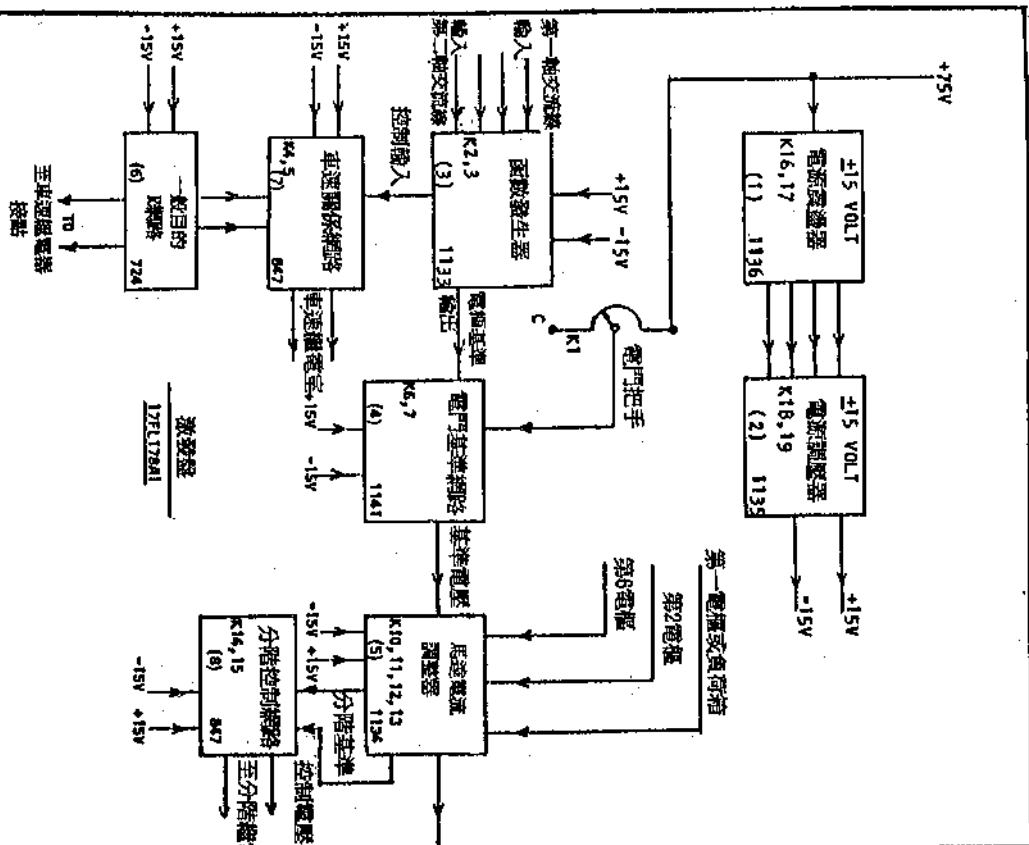


圖 10-2 基本動力系統圖解

激發系統方塊圖解 圖片 8



激發系統方塊圖解 圖片 81

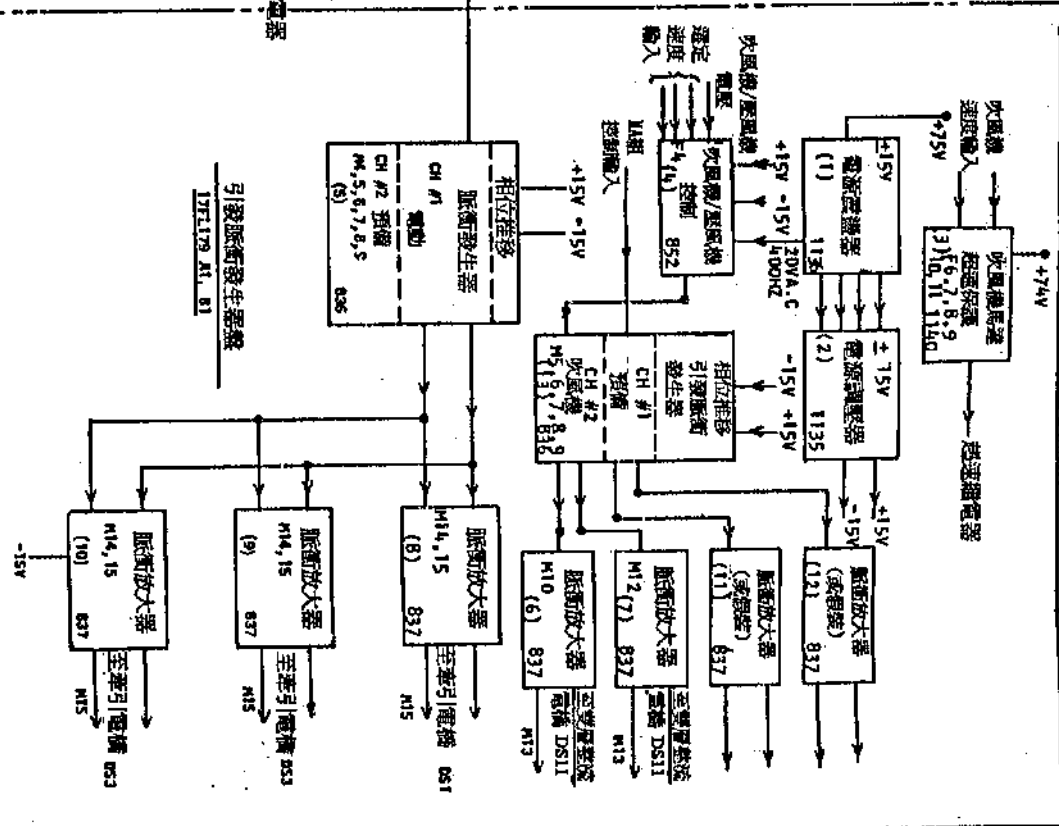


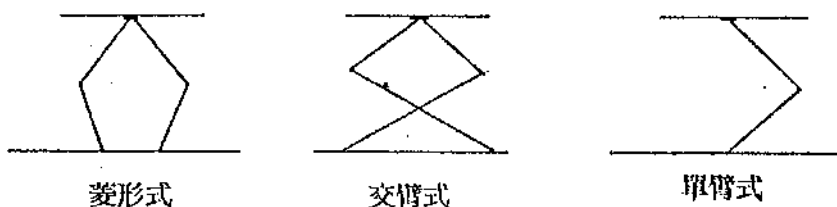
圖 10-3 GE 機車激發系統方塊圖

(二)電力機車主要設備機件

1. 集電弓(Pantograph)

鐵路交流電化區間沿線每隔約 40 公里就設有一變電站，並以架空電車線供應單相 25 KV 交流 60 HZ 電力，做為列車牽引動力、客車空調、照明等之用，為能順利匯集電力，裝設一具安全且動作非常靈活之集電設備，因與電車線接觸處所部份形成弓型狀，故謂此集電裝置叫做集電弓。(與直流電化鐵路，如捷運淡水線則以地上設第三軌供電略與集電弓不同)其種類及主要構造暨相關條件如下：

A. 種類：外型、特徵及使用情形：



種類	特徵	台鐵使用車型	日本使用例
菱形式	因係鋼支架構造及其框組剛性大，對電車線高低差之追隨範圍較廣，折疊高度較小。		一般電車組及一般電力機車。
交臂式	屋頂上之專用面積較小，使用上無方向性之差異。桿件較細小且複雜。	電力機車 E 100 電車組 EMU 100	新幹線。
單臂式	重量輕量化，屋頂上專用面積較小。構造簡單，配件種類較少。	電力機車 E 200~400 電車組 EMU 200~500 拖拉式機車 E 1000	新幹線。

B. 主要構造(請參考圖 10-4、圖 10-5)

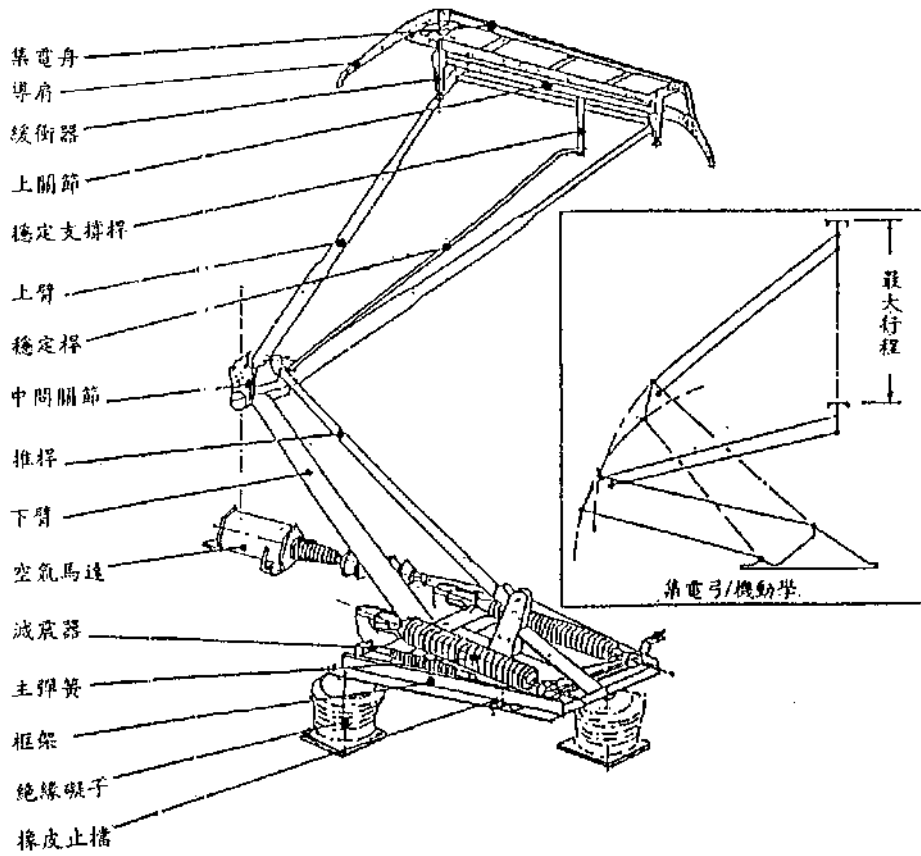
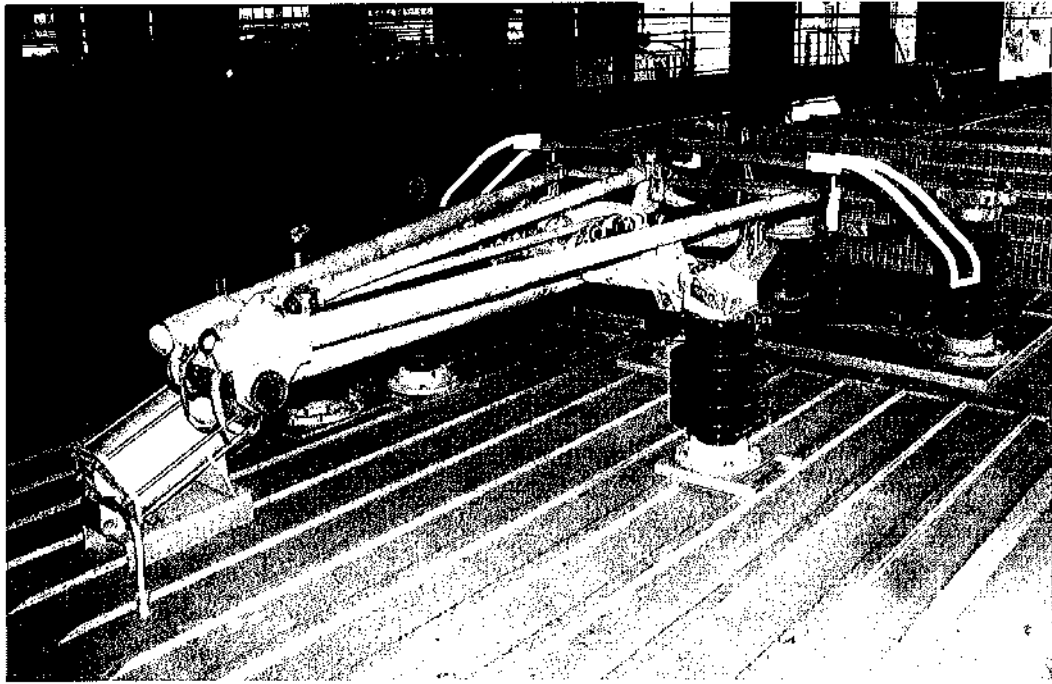


圖 10-4 單臂式集電弓構造圖

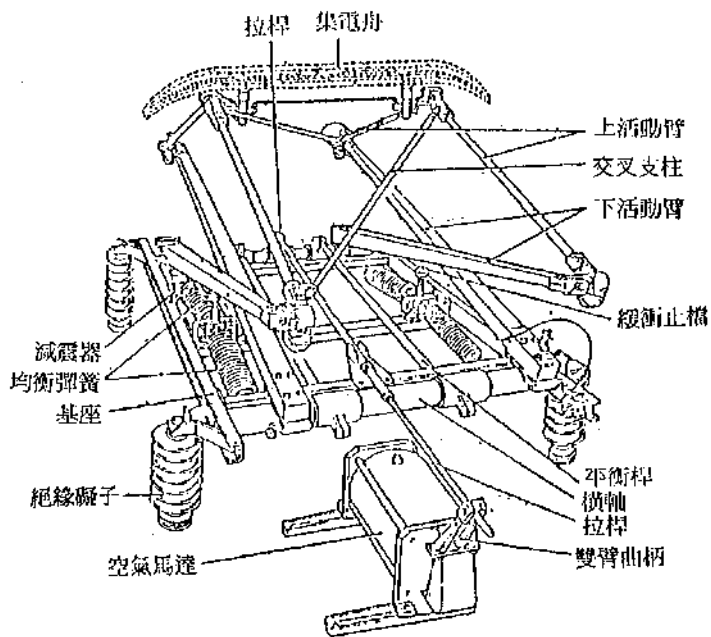
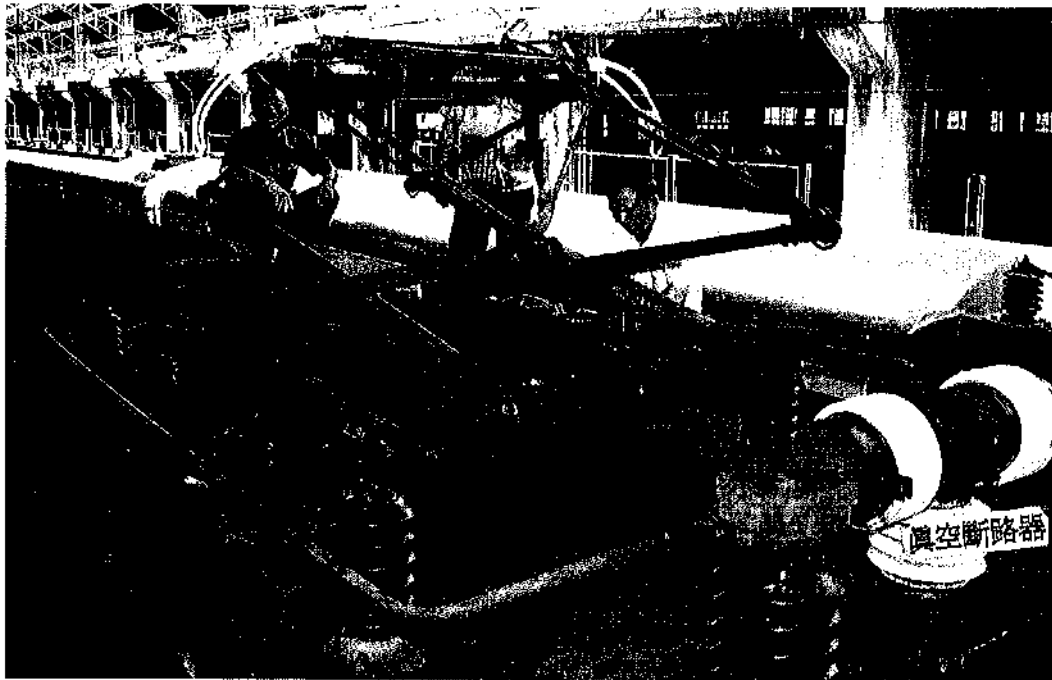


圖 10-5 交臂式集電弓構造圖

- ①框架：使用機械焊接金屬鐵管製成之基架，承載集電弓之活節系統。
- ②活節系統：承載集電弓，使舟以適當之壓力(平均 7.5±0.9 kg)與接觸線相接觸。
- ③均衡彈簧：二條，使活節系統升起及緩衝並抑制減少接觸力之變化。
- ④空氣馬達：一個內裝彈力彈簧之空氣缸，使均衡彈簧釋放而升弓或使均衡彈簧拉伸而達成降弓作用。
- ⑤節流閥：用以調整活節系統上升及下降速度。
- ⑥油壓減震器：裝於框架與活節系統間，用以抑制活節系統自由擺動時，使集電弓不致跳動並避免瞬間脫離電車線而影響動力系統。
- ⑦集電舟：裝有炭刷及導肩包括緩衝器元件，一個集電靴係直接與電車線相接觸，炭刷片硬度較電車線為小，故需定期更換。
- ⑧絕緣礙子：安裝於車頂上，包括三角柱及支撐，以隱固框架並隔離高壓電。
- ⑨其他含推桿、穩定桿、導肩拉桿緩衝止檔架。

C. 影響集電弓系統摩耗相關因素。

因素	集電弓炭刷	電車線
行車速度	高速運轉時摩耗大。	低速時摩耗大，不均勻狀況小，高速時摩耗小，不均勻狀況大。
集電舟推舉力	推舉力大時摩耗增加。 (但由於減少離線有時會減低)	與推舉力比例增多。
集電電流	按電流的 1.5 次方比例增加。	力行區間比惰行區間大，離線區間電流多時，顯著增大。
離線	與離線電弧量比例增加。	在集電舟離著線處所增大。
材質	依狀況而不同。	受炭刷片材質的影響。(鋁合金<銅)
潤滑	無離線的場合有效果。	電車線塗 10mg/m 以上油分時有效果。
雨水	摩耗會進行(無法防止摩耗)。	摩耗會進行(摩耗會繼續)
著霜 (下霜)	低電弧狀態顯著進行。	因電弧熱有溶斷之慮。

D. 附 EMU 500 型電聯車 FAIVELEY 集電弓操作說明(參閱圖 10-4)

①FAIVELEY 集電弓使用條件：

- a. 絕緣.....34.5KV
- b. 車輛最高速度.....110K/H
- c. 環境溫度最低..... 0℃
- 環境溫度最高..... 40℃

②機械特性

- a. 伸展：最高.....2.04m
- 集電最高點.....1.94m
- b. 接觸標準壓力.....7.5daN

- c. 重量：總成.....172kg
 - 集電舟.....9.9kg
 - 空氣馬達風缸.....47kg
- d. 控制
 - 空氣作用式(附保護系統)
 - 控制壓力：最高.....10bars
 - 最低.....4.5bars
 - 電磁閥電壓.....110V
- e. 集電舟
 - 尺寸：長度.....1750m/m
 - 寬度.....232.5m/m
 - 高度.....310m/m
 - 兩端軸承中間距離.....960±0.7m/m
 - 碳刷：新品.....24m/m
 - 磨耗厚度.....14m/m
 - 使用厚度.....10m/m
 - 導肩材質.....金屬
- f. 結構特性：所有軸承均採用防漏及永久潤滑軸承。
- g. 饋電電車線電源經過集電弓之金屬結構，再經過銅跳線渡錫絞線導入變壓器。
 - 銅跳線.....50mm²

③集電弓使用介紹：

一般概說：集電弓為一機械總成連接而成，將電車線電源經由接觸碳刷面流經機械架而至車頂電纜線，集電弓由空氣系統來控制。壓縮空氣進入空氣馬達後釋放二個主彈簧，這二個主彈簧使得集電弓可以伸展並維持集電弓與電車線呈接觸狀態。壓縮空氣排出空氣馬達後壓縮二個主彈簧，這二個主彈簧使得集電弓可以降下並維持集電弓呈降下位並坐於橡皮止檔上。運轉中，空氣馬達經常充氣使集電弓能隨電車線高低而自由調整昇弓高度。

如空氣供給中斷或電車線電壓過低時，集電弓會自動降下，此為空氣馬達之安全動作為歐洲型空氣系統。

④結構：

集電弓包括下列各組件：

- a. 絕緣礙子，安裝於車頂上，包括三支角柱及支撐。
(絕緣礙子由集電弓承製商提供給台鐵)
- b. 框架，集電弓之框架由機械銲接所組成。
- c. 空氣馬達一只，安裝於車頂上，經由一支絕緣桿連接到集電弓。
- d. 二個主彈簧。

e. 懸吊系統包括：一支推桿、一支下臂、一支上臂、一支穩定桿、一支上關節、均由鋼管所銲接製造。

f. 一個油壓減震器。

g. 一個集電舟，包括：

緩衝器元件

一個集電靴(集電舟安裝碳刷片)

⑤集電弓操作

集電弓之昇弓與降弓動作，是由於一個空氣馬達的充氣或排氣來完成，而控制進排氣是由一個調節閥內部的電磁閥(Solenoid Valve)通電斷電來決定。

本空氣管路確保下列各項：

使集電弓能升起至最大工作高度，隨後並能揚昇至接觸到電車線而不會發生任何不正常之衝動，由集電弓開始上揚動作至接觸電線為止最大不得超過 10 秒。

在降弓動作中，無論在任何高度之工作範圍，最初之動作是快速地，然後集電降下至降弓之最低位時速度降至最慢，以避免因為速度太快損壞集電弓。

⑥集電舟升起

集電弓之昇弓動作，是由於一個壓縮空氣充氣至空氣馬達之前空氣室。

電磁閥通電：電磁閥之滑閥開通，空氣經過調節螺減壓後進入空氣馬達內，然後柱塞前壓力增加，柱塞開始移動並壓縮空氣缸內部彈簧。(註：閥 C 禁止任何洩漏空氣流向排氣孔。)

推桿可自由移動因為受到柱塞影響使集電弓受到三個主彈簧動作，而伸張在柱塞移動時速度而決定弓之速度。

⑦集電舟降下

集電弓之降下動作，是由於一個空氣馬達之前空氣室排氣來控制，分為兩階段作用。

第一階段：

電磁閥斷電：電磁閥之滑閥後移，空氣經過 C 閥而排氣並產生壓力差。空氣馬達前室內之壓力空氣經由排孔排出，然後空氣缸內部彈簧使柱塞復原，柱塞開始移動並使集電弓快速降下。

第二階段：

供給之壓力空氣因受到調整螺之影響而適度調節，閥受到彈簧移動而使空氣經過調整螺而排出於電磁閥之排氣孔。

空氣之排出是依據柱塞緩慢動作之影響並且經常慢動作之下降使得集電弓慢慢下降。

2. 真空斷路器

設在集電弓與主變壓器間，於必要時切斷機車電源，係一種電磁作用式之斷路開關，參閱圖 10-5 及圖 10-6。因開關之接點在真空室內作用，故作用迅速確實，可以最小之間隙隔絕高壓電，接點不易燒損，同時體積較小，保

養簡單等之優點，係一種信賴度甚高之開關。

真空斷路器遇有下列情形時，會自動跳開，切斷電源以保護機件不致遭受損壞：

A. GE 機車

- ① 電車線電壓過高：超過 28.2KV 維持 6 秒以上時，電車線過電壓繼電器 COVT (Catenary Over Voltage TRIP Relag) 會作用，或電車線電壓超過 27.6KV 五分鐘時，電車線過電壓保護繼電器 COVD (Catenary Over Voltage Detection Relay) 使其真空斷路器切開。
- ② 電車線電壓過低，如電壓低於 16.5KV 以下時，電車線電壓過低繼電器 CUVT (Catenary Under Voltage Relay) 立刻跳開，使真空斷路器切開。
- ③ 主變壓器一次側繞組電流超過 525 Amp 時，一次繞組過電流繼電器 POCR (Primary Over Current Relay) 會作用切斷真空斷路器。
- ④ 變壓器二次繞組過電流時，二次繞組過電流繼電器 SOCR (Secondary Over Current Relay) 及過負荷繼電器 OLR (Over Load Relay) 作用，使真空斷路器切開。
- ⑤ 輔助電路接地時，輔助接地繼電器 AGR (Aux. Ground Realy) 作用使真空斷路器切開。
- ⑥ 變壓器二次繞組產生暫態高壓 (Transient Voltage) 而無法截割時，暫態高壓故障繼電器 TCFR (Clipper Failure Relay) 跳開，使真空斷路器切開，以保護二次繞組及其電路。
- ⑦ 主變壓器油壓過高時，主變壓器油壓過高開關 TOPS (Transformer Over Pressure Switch) 會作用切開真空斷路器。
- ⑧ 鼓風機馬達發生超速時，鼓風機超速繼電器 BOSR (Blower Over Spcecd Relay) 作用使真空斷路器切開。
- ⑨ 鼓風機馬達過電壓時，鼓風機馬達過電壓繼電器 BOVR (Blower Motor Over Voltage Rclay) 作用使真空斷路器切開。
- ⑩ 風泵過熱時，風泵過熱繼電器 COTR (Compressor Over Temperature Relay) 作用使真空斷路器切開。

以上真空斷路器切開時，集電弓亦隨之下降。

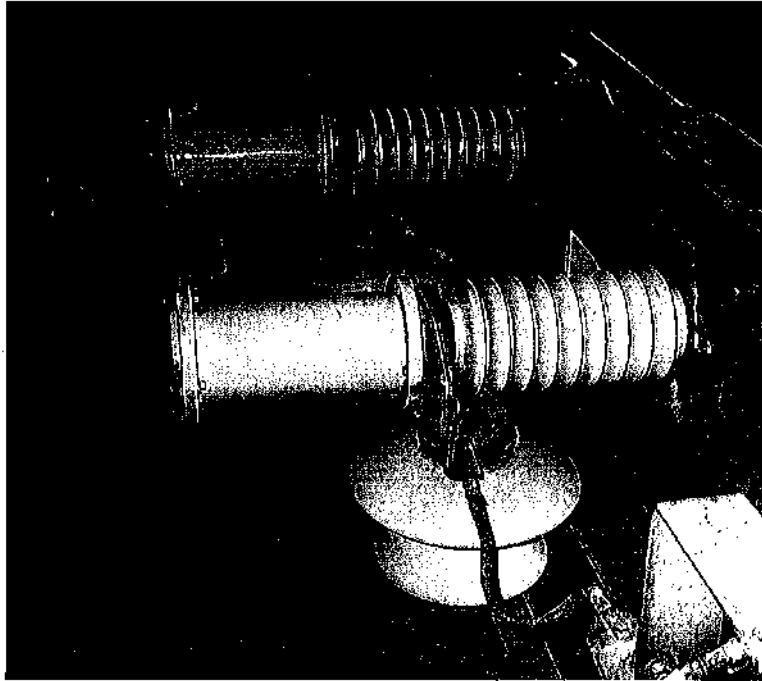


圖10~6 GE機車真空斷路器

B.GEC 機車

- ①電車線電壓過低時(17.5KV 以下)，因電壓過低繼電器 LVR (Low Volt Relay)作用，切開 VCB 。
- ②主變壓器發生湧流時，抑湧保險絲(SSF)會斷損，自動切開 VCB 。
- ③牽引馬達過電流時(超過 650 A)，馬達過電流繼電器 MOR (Motor over Load Relay)作用，切開 VCB 。
- ④牽引馬達或變壓器二次側接地時(接地電流超過 50 A)，接地故障繼電器 EFR (Earth Fault Relay)作用，切開 VCB 。
- ⑤變壓器內油壓突然昇高時，或油溫昇高，氣體增多時，布氏跳開繼電器 BTR (Buchholz Trip Relay)作用，切開 VCB 。
- ⑥變壓器一次側直流成分於一秒鐘內超過 2.6 A 時，直流分量繼電器 DCR (DC Component Relay)作用，切開 VCB 。

3. 避雷器

設在真空斷路器負荷端，如圖 10-7 所示。當有強大電壓湧到時會暫時接通短路，因此如電車線受到雷電閃擊時，主變壓器不致雷電打壞。

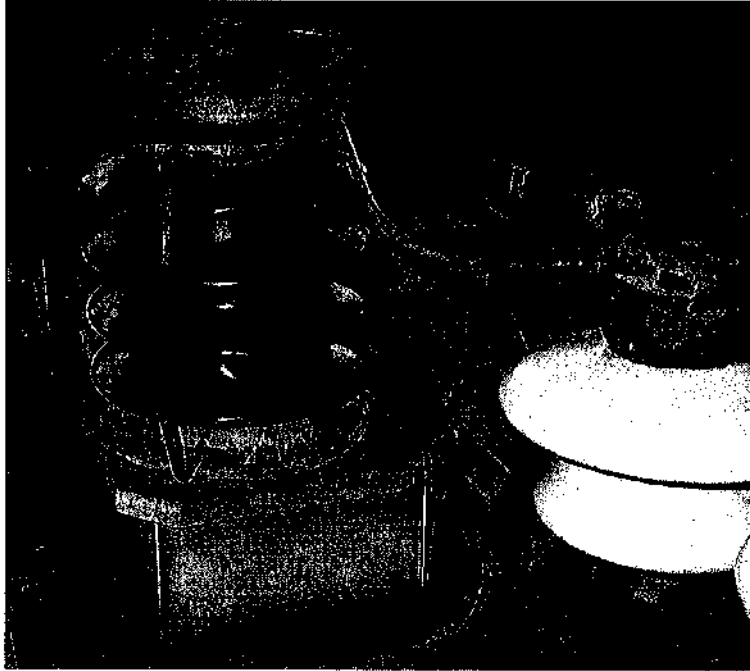


圖10~7 避雷器

4. 高壓穿套

為將電車線電源經過真空斷路器之接點後能送主變壓器之一次側，因此進入變壓器之端與車頂部份設一安全可靠之設備來完成此任務為高壓穿套，(如圖 10-1 ㉔ 所示)，內部充滿絕緣礙子，以防跳火故障。

5. 主變壓器

A. GE 機車主變壓器為油浴式強迫通風，冷卻油係利用油泵循環，使其在變壓器內部各繞組及散熱器間循環流動，完成散熱作用。由真空斷路器送來之 25 KV 高壓交流電，經高壓穿套輸入一次繞組，將其降至較低電壓，再由二次繞組供應各種電器所需之電力。

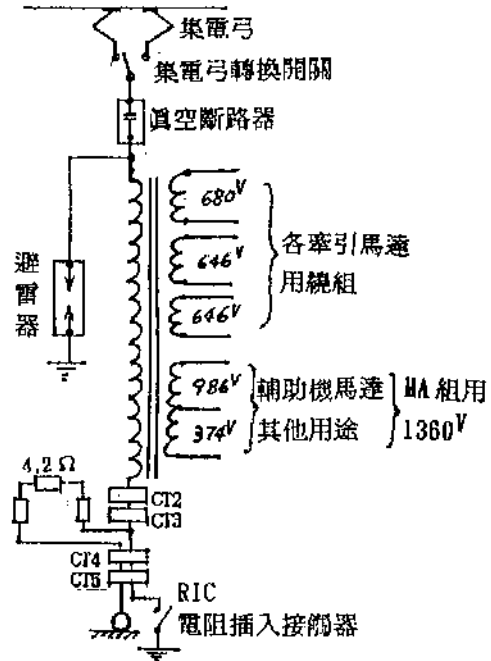
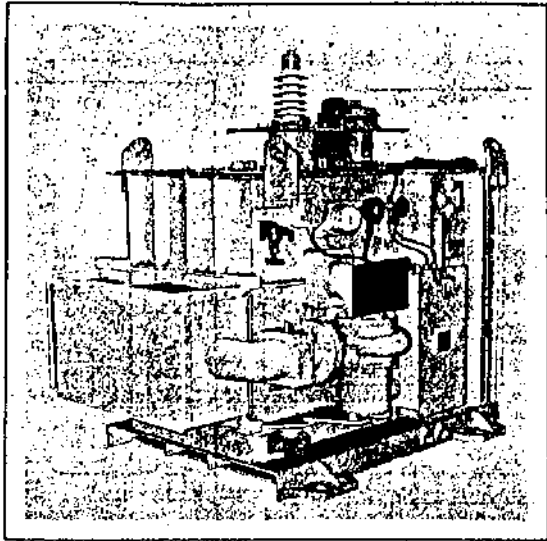


圖 10-8 GE 機車主變壓器外貌及繞組示意圖

主變壓器之二次繞組包括如圖 10-8 各繞組：

- ① 680 V 繞組：引出之交流電壓經閘流晶體控制整流電橋(Thyristor Controlled Rectifier Bridges)與二極體整流電橋(Diode or Rectifier Bridges)，整流後轉變為直流電送往串激直流馬達，以該項整流而得之直流電為起伏不穩直流電，故須流經主平滑電抗器(Main Smoothing Reactor) 平伏電壓。
- ② 二組 646 V 繞組：經整流電橋，供應機車牽引馬達電力。
- ③ 986 V 繞組：經整控電橋供應鼓風機馬達電力。
- ④ 374 V 繞組：經輔助變壓器，供應充電及其他負荷之用。
- ⑤ 1360 V 繞組：上述 986 V 與 374 V 兩繞組合併經整控電橋供應馬達交流發電機組之電力(E 200、400 型)。

B. GEC 機車變壓器為油冷式變壓器，因此在散熱器上裝有兩個散熱風扇，此風扇由二個交流電動機驅動。每二個牽引馬達有 2 組 1070 V 二次繞組，當速度低時，只使用一組二次繞組，待速度昇高時，因牽引馬達之反電動勢也增加，為使牽引馬達電樞能得到足夠之電流，需增加其電壓故速度達到某一數值後另一組二次繞組也會串聯到原二次繞組上，故最後每一牽引馬達電樞電壓為 $1070\text{ V} + 1070\text{ V} = 2140\text{ V}$ ，但因整流器有電阻等實際加至牽引馬達電樞之電壓約 1900 V 左右，一次側最大容量為 3581 KVA。

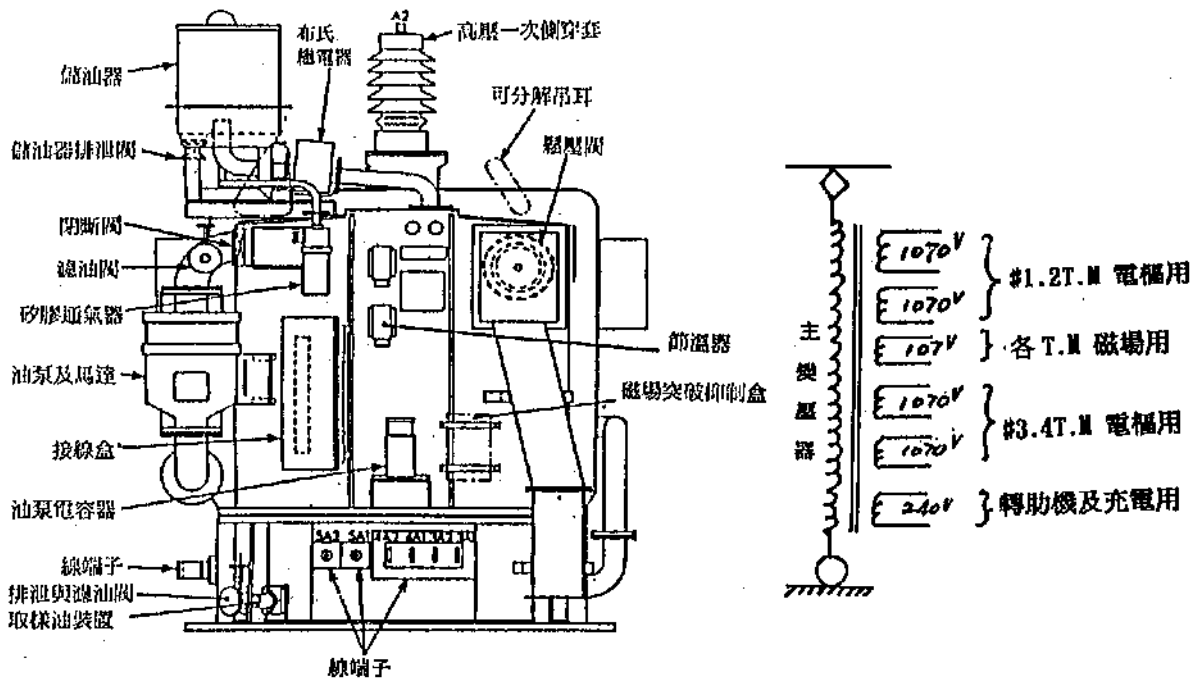


圖 10~9 GEC 機車主變器及繞組示意圖

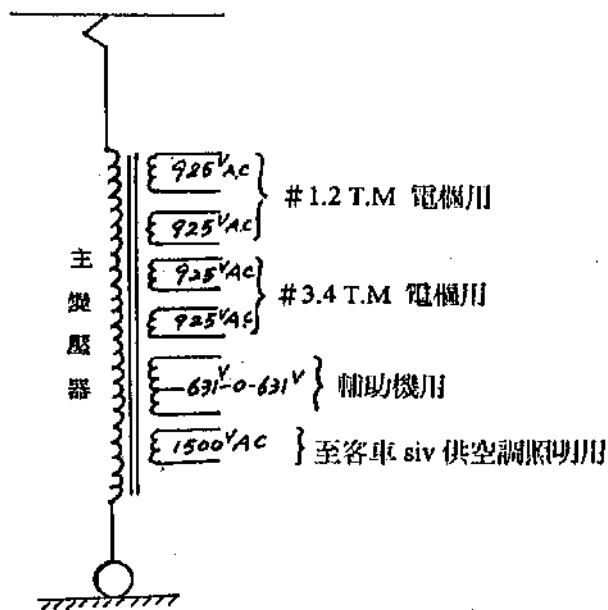


圖 10~10 E1000 型機車主變壓器繞組示意圖

C. 拖拉式機車 E1000 型變壓器：如示意圖 10-10 所示，25KV 電車線電壓經由車頂高壓穿套及一次側比流器(PCT)連接至一次側繞組，並設有真空斷路器(VCB)且端接點設有一接地開關，此接地開關與集電弓互為聯鎖，

所以接地開關必須在集電弓降下後才可放置於接地位。

每二個牽引馬達(TM)使用 2 組 925V 二次繞組，(一次繞組電壓 25 KV 時二次繞組額定電壓 925 V，最大額定電流 909A)為控制電壓以提高車速，當低速時只使用 1 組，高速時再增加另 1 組。二次繞組電壓經牽引整流器及變波器被轉換成變壓變頻(VVVF)之三相交流電力。

以上各型車之主變壓器均設有保護設備於變壓器，備瓦斯油溫等升高或油流不正常等時，隨時將其故障情形顯示出來，促使作適當處理，以防發生變壓器之損壞。

6. 主變壓器一次側電路附屬其他機件

(1) 電車線電壓偵測變壓器 H.V.T:

EMU 500 型用 HVT(Hight Voltage Transformer)由 25 KV 變為 150V 電壓，將信號送至 EP 車之電車線電壓錶，並送至駕駛室內之電車線電壓指示燈，因 EMU 500 型無設電車線電壓過低繼電器 UVR，故電壓不足時燈仍然點亮，只不過亮度會減弱，若偵測值小於 17.5KV 或大於 27.5KV 時，真空斷路器 VCB 會跳開，但允許電車線電壓小於 19.0KV、10 秒內 VCB 不跳開及電車線電壓低於 22.5KV 時牽引控制組件(TCU)會使其出力降低。

(2) 直流分量偵測器(DC Component Detector):

A. GE 機車在主變壓器一次側有一插入電阻器及其並聯短路開關電路以抑制 VCB 閉合瞬間或行駛中發生急突變化(閘流體電橋或整流器半波故障)時之暫態現象所發生之直流電，此抑制偵測電路裝置謂之直流分量偵測器。

蓋號誌繼電器之作用電源，係按直流電設計，亦即不受交流電之直接作用(交流電具有免疫力)，但受直流電最低作用電壓(通常為設計標準電壓之 2/3, 惟其吸引力受安培匝數之大小而定，可能很低之電壓就會發生作用)之勵激動作，因此機車湧入電流的直流分量(2.6 A 一秒鐘後)就很可能引起號誌機的錯誤顯示；則閉塞區間有列車但顯示進行號誌。

一次側抑制突變直流成分暫態現象之方法為插入電阻，其步驟如下：

① 正常運轉狀態時——RIR ↓ RIC ↑，插入電阻被短路之作用如下：

因 RIR ↓ (插入電阻繼電器作用線圈斷電)(請參閱圖 10~8BC)

RIC ↑ (插入電阻接觸器作用線圈通電)

RIC 主接點閉合(如圖 10~8B)，短路電阻，亦則電流不經所插入之 4.2 Ω 電阻(此 4.2 Ω 電阻值為可抑控直流分量之設計值)。

② 當真空斷路器 PLB 閉合(閉合瞬間有可能發生直流分量超過限值)使 RIC ↓ 插入電阻緩和電流一下，再使 RIC ↑ 以恢復正常電路狀態其作用如下：

PLB 未閉合前，52/B 閉合令 PLBR₂ ↑，PLBR₂ 通電後其常開接點閉合。

RL1 ↑ (RL2 ↑)(直流成分偵測繼電器通電)RL1~1 常開接點閉合令 RIR

↑ (插入電阻繼電器作用線圈通電)RIR 之常關接點跳開使 RIC ↓ RIC 主接點跳開，在一次側比流變壓器 CT2 與 CT5 之間插入 4.2 Ω 電阻與主變壓器一次側串聯(因 RIC 主接點跳開)令一次電流流經此電阻，以緩和湧

入電流，可加速衰減暫態電流至 2.6A 一秒鐘後。同時 RL1-2(直流成份偵測繼電器之第二接點)跳合使 CHR ↑(查驗繼電器通電) CHR 具有 0.5 ~1.0 秒的延時作用，如果此時的過量直流成份在 CHR 之調定時間內降低至能使 RL1 ↓的程度，則不致引起 PTR 的跳開，故 RIC 主接點應該很快的重新閉合，維持其牽引電力，否則 CHR 之常關接點跳開令：

PTR ↓(集電弓切離繼電器斷電)，其常開接點跳開令：

$VCB \frac{TRIP}{coil} \downarrow$ (真空斷路器跳開作用線圈斷電)，又 RIC ↓同時 PLR1 ↑令

$VCB \frac{CLOSE}{coil} \uparrow$ (真空斷路器閉合作用線圈通電)PLB 閉合 52/B 跳開：

PLBR2 ↓其常開接點跳開

RL1 ↓(直流成份偵測繼電器斷電)

結果再使 RIC 通電(RIC ↑)短路 4.2Ω 電阻，為 GE 機車正常運轉狀態電路。

註：RIR：Resistor Inserting Relay 插入電阻繼電器。

RIC：Resistor Inserting Contactor 插入電阻接觸器。

CHR：Check Relay 查驗繼電器。

PTR：Pan Trip Relay 集電弓切離繼電器。

PLBR：Primary Line Breaker Control Relay 真空斷路器控制繼電器。

B. EMU 500 型之所謂直流成份比流器 DCCT(DC Current Transformer)每編組四輛中有兩個牽引控制組件 TCU(Traction Control Unit)只有一個作偵測。目前該車組之設定值不得超過 2.5A 1 秒，否則禁制出力，若 1 秒後還大於 2.5 A 時，則切開 VCB。

控制車之 TCU 均故障而不能偵測直流成分時，VCB 則不能閉合。EMU 500 型亦設有插入電阻，於當 VCB 閉合瞬間抑制直流成分。

(3)接地比流器 ECT (Earth Current Transformer)：

在正常情況下不能有電流經過，若有大於零之電流經過時 TCU 感測到會令變流器切斷出力。

(4)接地開關 EAS (Earthing swith)

有機械連鎖亦有電氣連鎖，升弓後無法扳動 EAS 於接地位，在接地位時亦無法升弓，只准在車子停車並降弓狀態下，才能操作接地開關。

(5)接地炭刷：

連接一次側回路，防止感電事故，減少軸箱軸承之電蝕磨損，每一轉向架至少設一組接地炭刷。

7. 牽引馬達

牽引馬達是一種電動機，因其用途在於發生列車牽引力為目的，故此種電動機謂之牽引馬達(Traction motor)，鐵路車輛用牽引馬達使用直流串激馬達及交流三相馬達二類，如圖 10-11、10-12 所示。

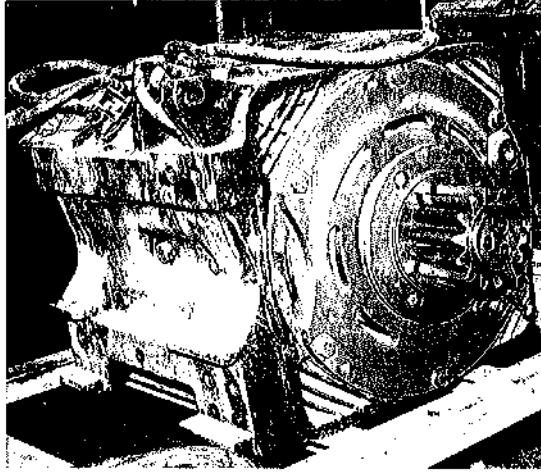


圖 10-11 直流串激牽引馬達

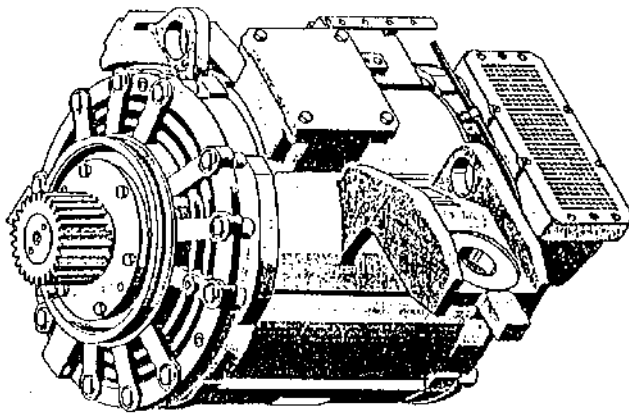


圖 10-12 交流三相感應馬達

(1) 牽引馬達應具備的條件：

- a. 起動扭力要大，以適合鐵路車輛起步時阻力較大，起步需較大牽引力之要求。
- b. 馬達電流隨轉速之升高而減小，適合鐵路列車低速時需較大牽引力以高加速起步及高速低加速牽引力之條件。
- c. 馬達可用轉速範圍要大，適合鐵路車輛行駛速度變化大，使用範圍要寬之條件。
- d. 能適應各種惡劣環境下運轉，不受風吹雨打，天氣變化及行進振動等之影響。
- e. 電力消耗量要經濟，以適合鐵路運輸以安全、正確、迅速、舒適經濟之要求。
- f. 陡坡區間之均衡速度要高，以適合高速運轉。
- g. 體積小但容量要大，以適合安裝不佔面積，易保養出力足夠之鐵路車輛之要求。

鐵路用牽引馬達為符合上述高起步扭力的特性及設計適合於重負荷運轉，故早期之牽引馬達均採用直流串激電動機，目前除新購買之 EMU 500 型通勤電聯車及拖拉式 E1000 型機車為交流馬達外其他型式之牽引馬達均為直流串激馬達。

(2) 直流串激牽引馬達改用交流牽引馬達之優點：

- a. 出力大，使用範圍可寬(變更電壓與周波數以有效的控制馬達出力，則 VVVF “Variable Voltage and Variable Frequency”)控制。
- b. 可減少因整流問題方面之故障，可靠性佳。
- c. 無整流設備，體積小，安裝不佔面積。
- d. 維修容易及費用減小。
- e. 可減低對軌道之壓力，可提高路線最高限速。

(3) 牽引馬達轉速與機車運轉速度

$$a. N \propto \frac{E_t}{I}$$

牽引馬達轉速大體與電壓成正比而與電流成反比。

$$b. V = \frac{60\pi DN}{1000Gr}$$

機車速度受動輪直徑，馬達回轉數及齒輪比之限制。

N : 電樞回轉數……………(r.p.m)

E_t : 馬達端電壓……………(Volt)

I : 馬達電流……………(Amp)

D : 動輪直徑……………(m)

Gr : 齒輪比

V : 機車運轉速度……………(Kk/hr)

(4) 牽引馬達扭力與機車動輪周牽引力

$$M = 0.975 \frac{E_t I}{N} \eta$$

$$T_d = \frac{2mMGr}{D} \eta_1$$

$$T_d = 0.3672 \frac{E_t I}{V} \eta_2$$

M : 馬達扭力……………(kg-m)

E_t : 馬達端電壓……………(Volt)

I : 馬達電流……………(A)

N : 馬達回轉數……………(r.p.m.)

η : 馬達效率

η₁ : 動力傳動效率

η₂ : η₁ × η₂

m : 馬達數

Gr : 齒輪比

T_d : 動輪周牽引力……………(kg)

V : 車速.....(km/hr)

(5). 牽引馬達之額定

A. 額定之意義

電機不能僅比較出力以判斷電機之大小及容量，因此必需適合使用者所要求之規格標明出來，如額定出力、額定電壓，額定電流、額定回轉數、額定回轉力以及使用時間以免使用過度而發生阻礙，總稱這些規定謂之電機之額定，即電機在正常使用條件下(通風正常)允許使用之電壓、電流、出力及使用時間之謂。

使用時間依使用狀態及使用時間之長短，分為連續額定及短時間額定。

B. 一小時額定與連續額定

電機使用一小時之溫昇在允許安全使用範圍內謂之一小時額定，此時之電流謂之一小時額定電流，此電流所作之工作量；即出力($E_t \times I$)叫做一小時額定出力。

長時間連續的使用，其溫昇不致超過允許之範圍，能使用在安全的限界內謂之連續額定，限制此電流在連續額定電流時之出力叫做連續額定出力。

C. 溫昇與額定

電動機使用超過規定允許之溫度為電機故障及縮短電機壽命之主因，故制訂主電動機絕緣體之溫度上昇限度，在限度內條件使用謂之額定。

D. 額定之種類：

- a. 額定電壓.....允許電機能安全運轉之最高電壓。
- b. 額定電流.....允許電機能安全運轉之最大電流，係對主電機之入力電流而言，有一小時額定與連續額定，普通以一小時額定為基準。
- c. 額定回轉數.....使用在額定電壓額定電流下之回轉數，分為全磁場與減弱磁場。
- d. 額定出力.....在額定電壓，額定電流下之電機出力如次：
額定出力 = 額定電壓 × 額定電流 × 效率
- e. 額定回轉力.....在額定電流之電動機回轉力，有全磁場與減弱磁場之分。

(6) 機車牽引力

牽引馬達扭力經傳動齒輪傳至動輪周成為牽引力，馬達電流愈大牽引力亦愈大，但機車牽引力受如下三項之限制：

- a. 起動牽引力.....由起動平均加速電流求得之牽引力。
 - 站開車.....一小時額定電流之 120%。
 - 中途開車.....一小時額定電流之 160%。
- b. 特性牽引力.....依電車線公稱電壓查定。
- c. 粘著牽引力.....粘著重量 × 粘著係數。

(Ta)

(Wd)

(μ)

粘著係數採用：

$$\mu = 0.245 \frac{1+0.05V}{1+0.100V} \dots\dots\dots \text{電聯車}$$

$$\mu = 0.326 \frac{1+0.279V}{1+0.367V} \dots\dots\dots \text{電力機車}$$

(V:速度 Km/hr)

在同一速度下能利用之牽引力為其中最小之部份，謂之機車有效牽引力，如圖 10-13 所示之 a.b.d.e.部份。

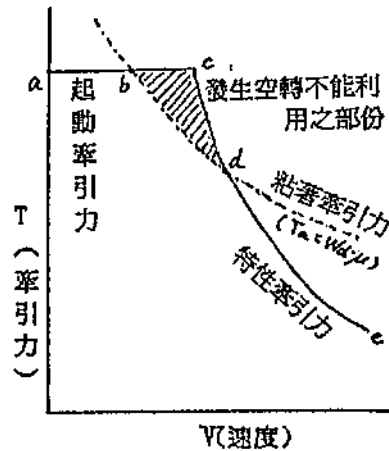


圖 10-13 機車有效牽引力

如圖 10-14 為 E200、300 型機車牽引力—速度電流曲線其中：

粘著牽引力： $T_a = Wd \cdot \mu$ 。

特性牽引力： T_d ：按電壓 22.5 KV 求得之牽引力

起動牽引力：受短時間額定(short time duty)電流之限制，該型機車馬達短時間額定電流及機車牽引力如下：

4 分鐘額定電流……735 安培 牽引力 26450 kg 最大電流調整值
765 安培 27900 kg。

15 分鐘額定電流……600 安培 牽引力 20300 kg。

30 分鐘額定電流……575 安培 牽引力 19150 kg。

60 分鐘額定電流……565 安培 牽引力 18700 kg。

連續額定電流……550 安培 牽引力 18300 kg。

該型機車在千分之十之上坡度地段，牽引莒光號車廂 15 輛 525 噸可維持 92km/hr，牽引貨車 1250 噸為 58km/hr 之均衡速度行駛。

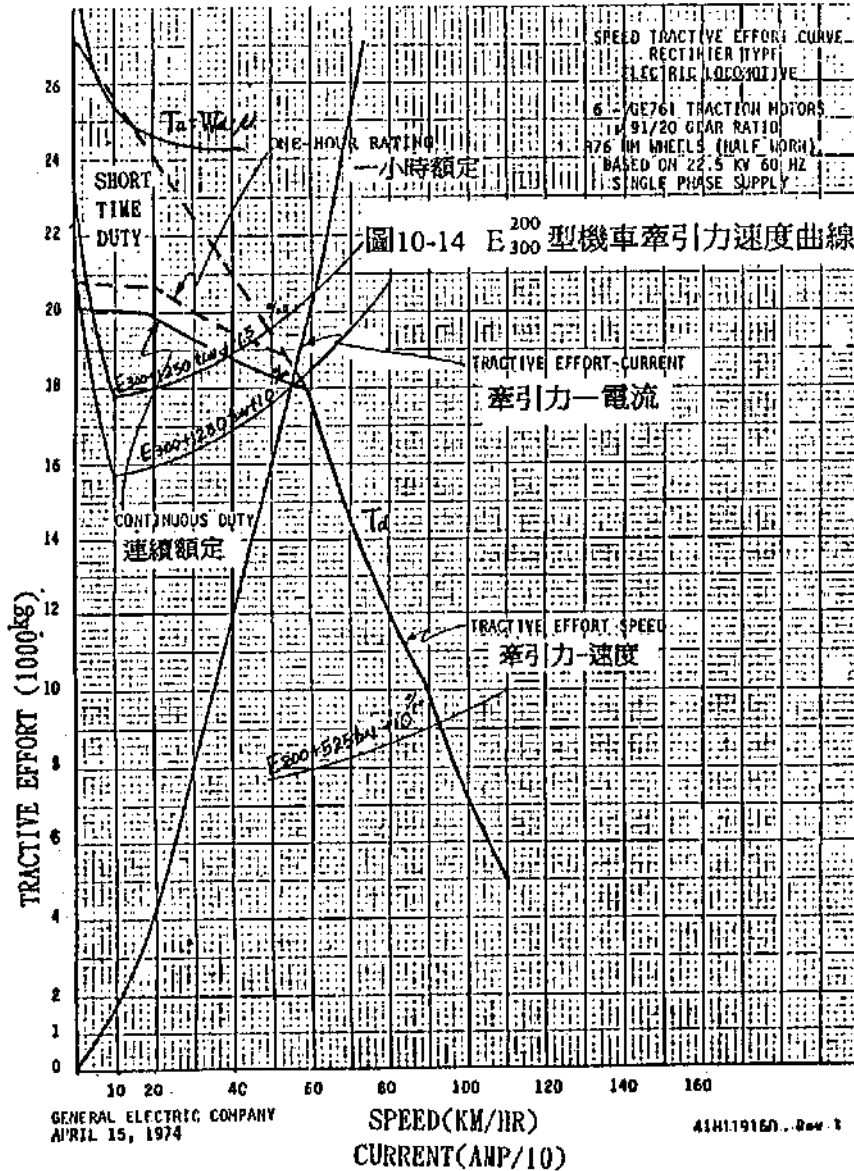


圖 10-14 E²⁰⁰/₃₀₀ 型機車牽引力速度曲線

如圖 10-15 為各型電車組牽引力/速度曲線圖，係各車輛製造廠商應購車規範之規定要求所提供之出力曲線，為計算列車運轉時分，加速及研究列車運轉性能之重要依據。

如圖 10-15 所示，在低速範圍內因列車需趕快加速，故牽引力要大，但牽引力受馬達粘著力之限制，不能無限度之提高，因牽引力如大於粘著力則發生所謂動輪空轉，列車則無法發揮既有之牽引力繼續前進，在陡上坡區間甚至發生因空轉而無法爬上坡之事故，粘著力等於馬達車動輪重量乘與鋼軌間之摩擦係數(粘著係數)。各型車起步牽引力以 200 型最小有 9200 kg、100 型、10800 kg 次之，500 型 21420 kg 最大，但最易發生空轉之車型為 100、400、500 等三種車，因 100 型為一拖四編組，僅有一輛馬達車，

粘著重量約 55 噸，但要發揮 10800 kg 之牽引力所需要之粘著係數已在空轉限界之邊緣，也就是說需要之牽引力已靠近粘著力。

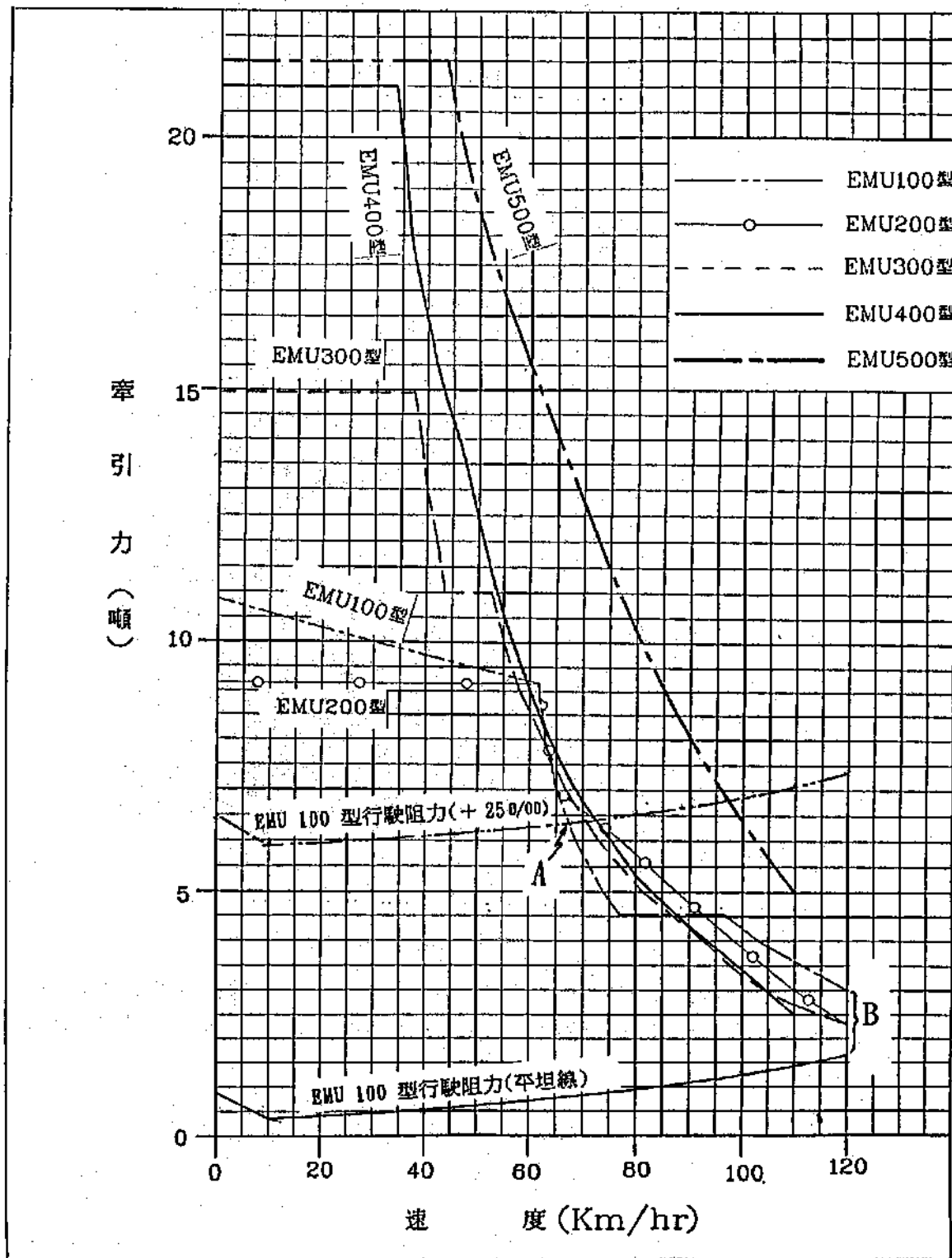


圖 10-15 各型電車組牽引力/速度曲線圖

又 400、500 型為二拖二，雖其粘著力大(500 型為交流馬達，其粘著性能又較 400 型佳)，但出力約為 100 型之二倍，故如遇下雨或軌而上濕水時，因粘著係數降低亦易發生空轉。如此電車組之牽引力在低速時受粘著牽引力之限制，而在高速時則需要相當程度之牽引力以符合運轉上之需求；諸如需求 100 型在 +25 ‰ 上坡區間需要 65K/H 以上之均衡速度(如圖之 A 點)，或在平坦線以 120K/H 行駛時仍需要某程度(B 區域)之加速力等等。

8. 整流器與閘流晶體

電力機車將交流電變為直流，送至牽引馬達，係以電晶體來完成整流作用。電晶體由一種叫做半導體之特殊材料作成。電晶體常用材料為矽與鍺，實際上在電力機車上使用以二極體最多，如主整流器等屬之。

電力機車之整流作用使用閘流晶體與整流器(二極體)混合電橋而完成整流及電樞電流控制，以提高速度(則進變速)，其作用如下：

(1)GEC 機車(先逐漸控制提高牽引馬達端電壓後再減弱磁場以達成機車變速之方式)。

GEC(E100 型)機車牽引馬達之勵磁電路為外激磁場方式，磁場另由一獨立之整流電橋控制，在車速 40K/H 以下時，磁場為全磁場 170A，車速由 40K/H 增至 70K/H 時磁場逐漸減弱為 32A，車速大於 70K/H 以上時，變為串激馬達之出力特性。由司機員移動電門把手之位置來決定需要之牽引力(電流量)，以要求電子裝置控制閘流晶體閘極點弧，以改變點弧角度來改變馬達端電壓之高低，使牽引馬達得到適當之電流(牽引力)，分二段電橋控制，最大電流 550A，牽引力 27000Kg。

(2)GE 機車(E200、300、400 型)

GE 機車之速度控制法為低壓段開關控制方式，係在主變壓器二次側設段開關(Tap switch)TS1、TS2、TS3 為三組串聯整流電橋，除第一組有閘流晶體外，其他二組二次繞組僅有二極體整流電橋全波整流，車速在 24K/H 以下時 TS1 閉合，僅由 680V 繞組供電，車速大於 24K/H 而小於 64K/H 時，TS1 及 TS2 均閉合，車速大於 64K/H 時才讓 TS3 亦閉合，以逐漸增加牽引馬達端電壓，以克服其反電壓，提高車速(則進變速)。上述進變速作用，依司機員之提高電門把手位置而變其把手下方之變阻器，以送出不同電壓之訊號至電子裝置，以激發(參閱圖 10-2、圖 10-3) 控制閘流晶體之點弧角度。

(3)電車組

EMU100 型電車整流電橋分為二段整控串聯電橋，由二組以閘流晶體之閘極點弧，改變相位角度，先控制直流牽引馬達端電壓之高低，輸出電流提高車速至 78K/H 後，再以減弱磁場之變速方式，起步最大電流 545A，牽引力 10800 kg 逐漸提速至 60K/H 時電流降為 475A，至 78K/H 時發生變速作用，電流約由 300A 增至 375A。再繼續增速至 120K/H 時之電流為 290A 牽引力約 3000 kg，另電車組電門把手由高速移回低速時，牽引馬達則發生電軔作用。又電車組電門把手並兼備速度把手之功能，

可依把手之位置保持該位置之速度行駛。

9. 平滑線圈

經整流電橋將單相交流電全波整流後，變成一種脈流，將此不穩之直流電，直接送至電動機(含牽引馬達，MA 組馬達或鼓風機馬達等)時，會使直流馬達溫度上昇，整流不良等而影響馬達性能，因此需將此脈流中之交流部份減少，而使此脈流儘量接近直流，故需要加一套平滑線圈來改善，平滑線圈本身為一電感器，如圖 10-16 所示，脈流在平滑線圈內通過時，脈流中之交流部份與電感器產生電抗作用，可使漣波分量(Ripple Component)降低，令電流趨於平滑。

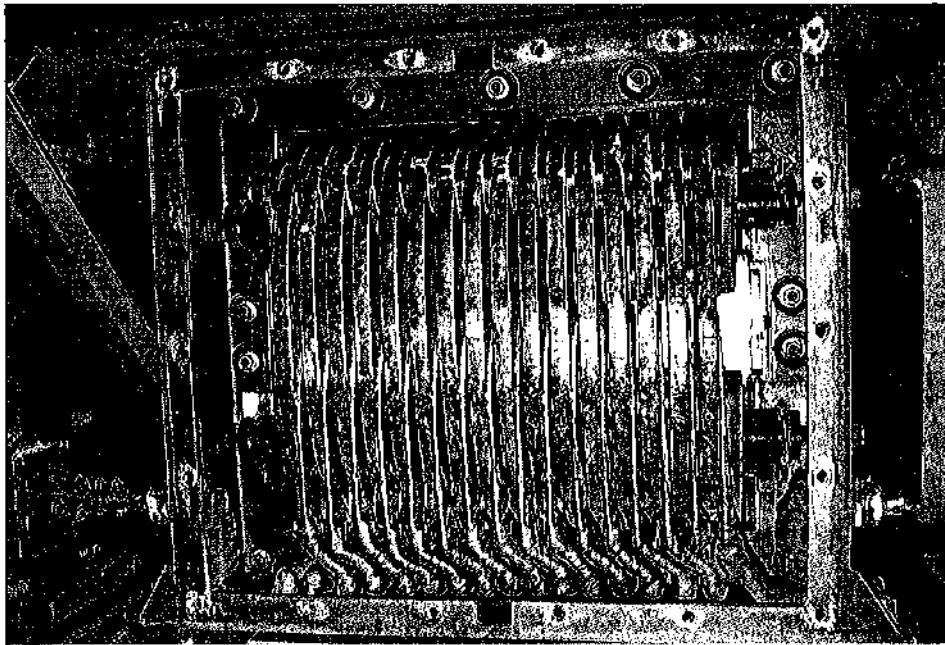


圖 10-16 牽引馬達平滑線圈

10. 主變壓器二次側其他設備機件(輔助機系統)

(1) 散熱風扇(又名鼓風機或吹風機)及空氣壓縮機(又名風泵或壓風機)：

在列車加速過程中，機車牽引馬達轉速越慢，電流越大，亦是越需要通風冷卻的時候，故牽引馬達之散熱不能以自己通風方式散熱，必須專設散熱風扇予以強迫通風冷卻，才不致使馬達過熱，又列車氣軔系統，自動門控制及揚水裝置等需要大量之壓縮空氣。電力機車散熱風扇及空氣壓縮機均以電動機直接驅動。

(A) GE(E200~E400 型)機車散熱風扇及空氣壓縮機電源取自主變壓器

986V 的二次線圈，由同一直流馬達驅動。其整流系統也採用閘控方式，平滑線圈(平滑電抗器)亦與牽引馬達電路相似，電流受脈波發生器控制，其轉速由控制裝置調節至半速 1275R.P.M. 或全速 2550R.P.M. (TM 電流 550A 以上時)，但如下列情形時保持全速運轉，俾能儘速充氣及

加速散熱。

- ①逆轉機把手在中立位而電門把手放在最高段位時。
- ②驅動整流器過熱時。
- ③空氣濾清器阻塞繼電器(P.F.R)作用，接點閉合時。
- ④主變壓器各繞組過熱時。
- ⑤第一、三牽引馬達隔離時。

散熱風扇及空氣壓縮機馬達在真空斷路器閉合起動後最初 100 秒鐘內，也以全速運轉，之後如無其他異狀則自動恢復半速 1275 R.P.M. 運轉。

(B)GEC(E100 型)機車

散熱風扇——驅動馬達電源為 240V, AC, 取自主變壓器二次側，每車設有二套，每套散熱風扇擔任同一轉向架兩個牽引馬達之冷卻作用，但冷卻空氣先經由平滑線圈後再送至牽引馬達。

又主變壓器裝有變壓器散熱風扇，吹向變壓器油泵所送出之熱油管以冷卻變壓器油。

空氣壓縮機——電源由 240V 主變壓器二次側供應，經整控變為直流後驅動馬達，每車有二套，正常時二套並聯運作供應總風缸空氣，但如有一壓縮機故障時，亦可由另一正常之壓縮機單獨維持運轉上必要之空氣，總風缸壓力由壓力開關(調壓器)控制保持壓力在 9.5~8.0 kg/cm²(140~118 #/in²) 之間。

(C)電中組

空氣壓縮機——EMU100 型空氣壓縮機裝在馬達客車車下，電源取自輔助供電系統為三相交流 440V，供應動機裝置及空氣彈簧、汽笛等之空氣。其他型式電車組除電源系統略異外，系統控制及構造相似。

散熱風扇——EMU100 型除馬達車裝有四個牽引馬達散熱風扇(500 型裝二個)個別散熱四個牽引馬達(500 型二個 T.M 共用一個風扇)外，並在動力客車裝有變壓器散熱風扇以冷卻變壓器油及裝有整流器散熱風扇。電源亦由輔助供電系統供應。

(2)輔助風泵——集電弓及真空斷路器之作用空氣由總風缸供應，如總風缸空氣壓力低於某定壓力(約 65~75 #/in²) 以下時，集電弓則無法上昇，故設有輔助風泵，由低壓系統中之電瓶供電，於機車起動前充足昇弓之作用空氣壓力。空氣壓力超過 75 #/in² (GE 機車 65 #/in²) 以上時，則由風泵調壓器之作用(GE 機車為放鬆手動按鈕)，自動切斷輔助風泵之電源，總風缸空氣可繼續由主風泵(則空氣壓縮機)供應。

- (3) 電瓶及充電設備——各型動力車均需裝設電瓶，俾作控制低壓系統、點燈等之電源，電瓶大都使用鎳鎘電瓶組成，電壓依控制機件設計而異。E100 型機車為 110V 由 72 只鎳鎘電瓶串聯，由主變壓器之 240V 輔助繞組供應，降壓後經整流器整流再向電瓶充電。EMU100 型之充電設備略同 E100 型機車。GE 機車由 50 只鎳鎘電瓶組成，充電設備亦大同小異。
- (4) 馬達交流機組——電聯車及電力機車牽引之莒光號、復興號等空調機用電，由馬達交流發電機組(Motor Alternator Set 如圖 10-17 所示)供應。又圖 10-18 為 E200、400 型冷氣客車用電供應設備之馬達交流機組，其電源取自輔助機馬達及電瓶充電系統之主變壓器二次繞組的串聯端壓，故電壓為 $986 + 374 = 1360V$. A.C. 經整流控制電橋，平滑線圈變為平穩直流電至驅動馬達。發電機輸出則由調壓器及整流器盤控制輸出 440V 三相 60HZ 交流電，出力 380 KW。

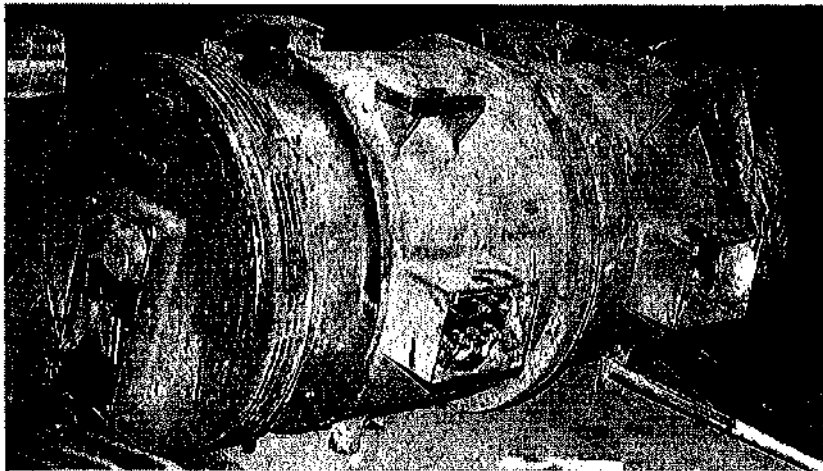


圖 10-17 電車組 100 型馬達交流機組

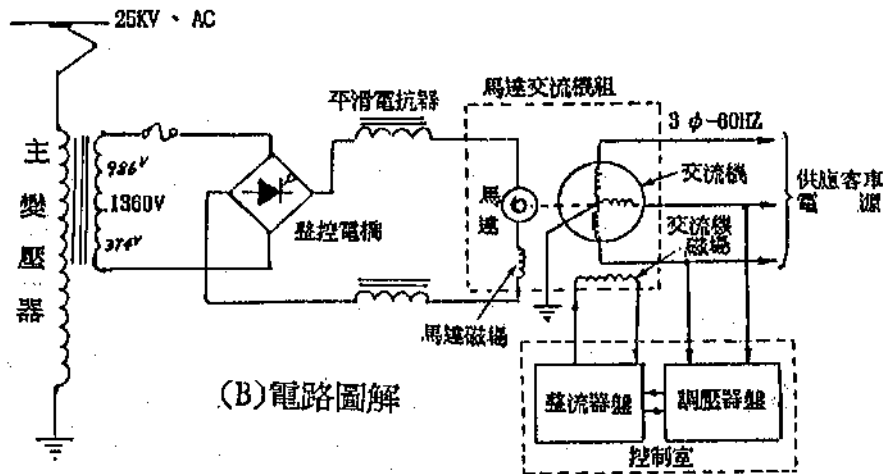
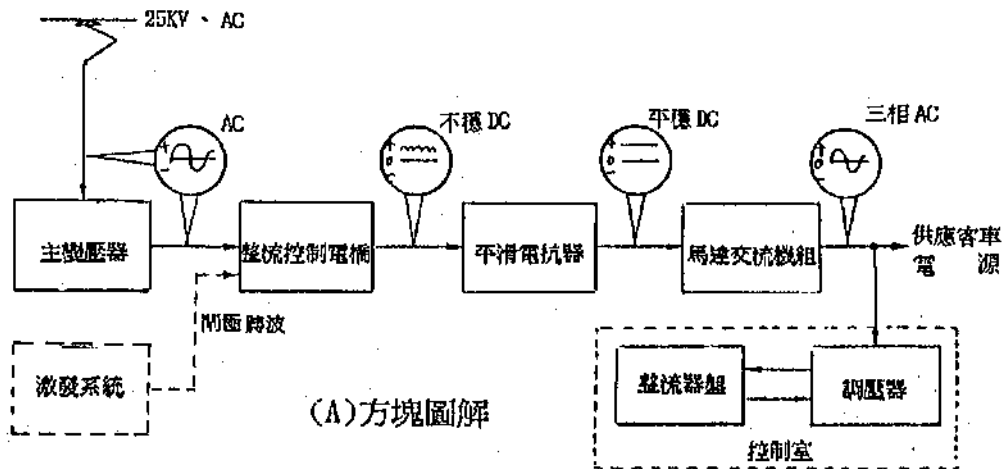


圖 10-18 冷氣客車電源供應系統設備

上述電力列車馬達交流機組(MA-set)在電力機車上只裝一套，在電車組上則裝二套，以備其中一套故障時，可以緊急支援其他車廂用電。

在非電化區間客車空調用電，則另掛一輛裝有柴油引擎帶動發電機之所謂電源車，產生三相 440VAC 電供應。

又 EMU500 型及拖拉式自強號則裝設靜態變流器 SIV(Static inverter) 以代替傳統之 MA-set；能減少故障、減輕重量、保養簡單、改善噪音、不佔面積等之優點。

(三) 列車運轉控制設備

直接控制列車運轉之設備，均集中在駕駛室機車長或司機員(以下簡稱司機員)雙手能到達之處所，包括總控制器之電門把手、逆轉把手、無人裝置及司軔把手、昇弓按鈕、列車自動警告/停車(ATW/ATS)裝置操作盤、警醒裝置等等。又電門把手與逆轉把手間互有機械聯鎖作用，可避免不當之操作。列車運轉控制設備主要有：

1. 電門把手

①電門把手位置：

- a. 機車電門把手之位置有“切斷位”(OFF)及“動力位”1(最小出力位)至10(最大出力位)，但1至10位間移動平滑並無顯著之段分，為牽引力控制式電門把手，此把手依所放位置之高低，牽引馬達之電流大小與電門把手之置放位移成正比。
- b. 電聯車電門把手則有“切斷位”(OFF)“調車位”(INCH)及“運轉位”(RUN)，為速度控制式電門把手，則電門把手為速度把手，列車速度依把手之位置設定為目標速度，以自動響應是否應增速(發生牽引力)或減速(發生電軔)；如路線為下坡道致速度增加超過目標速度2 km/hr 以上時，則自動發生軔力，以降低速度，如因列車阻力增加致速度下降超過2 km/hr 以上時，則自動發生牽引力，以維持該把手位置之速度行駛。如因故將緊急開關(E.S)扳置在切斷位時，則電門把手變為牽引力把手，其位置功用及處理方法類同機車電門把手。

②電門把手之處理：

- a. 機車電門把手為牽引力把手其開度越大，發生之牽引力亦越大，電門自切斷位移置於出力位(1段)時，應稍停片刻，俾拉緊連結器後即可提高電門段位加速，但應注意馬達電流之變化情形，在不發生動輪空轉或動力限制之範圍內，分數次提高加速電流為宜。正常開車時之最高加速電流，GE機車(E200~E400型)，以不超過678安培(1小時額定電流之120%)，GEC機車(E100型)400安培為原則。
- b. 電聯車電門把手；正常時為速度把手使用，在出力速度控制之範圍內，因依電門之位置可決定列車速度，故其電門之操作較單純，列車起步時將電門把手(即速度把手)先放置於調車(INCH)位片刻，俟列車起步後再提高電門至欲提高速度之位置，但如下雨天或鋼軌面潤濕時即應在低速加速過程內，按下減少牽引力開關「T.E」或電門(速度)把手分數次提高至最後需要之目標速度，以免因牽引力過大而發生空轉。

2. 逆轉把手

逆轉把手係用以控制機車進行方向，該把手有“前進”“中立”“後退”等三位置，把手在中央時為“中立位”，由中立位向前扳離司機員時，係“前進位”，向後移近司機員時為“後退位”。逆轉把手只有當電門把手放在切斷位時，把手始可自中立位取下。又機車停止不動時，該把手應經常放在中立位，僅在停止狀態下，才准許扳移逆轉把手至進行之相反位置；以免發生擦傷車輪。

逆轉把手與電門把手間有如下之機械聯鎖關係：

- ①逆轉把手在中立位時，電門把手可移任何位置。
- ②電門把手在切斷位時，逆轉把手可自中立位取下。
- ③逆轉把手取下時，電門把手被鎖住在切斷位不能移動。
- ④電門把手在切斷位時，逆轉把手方可在前進、後退位間移動。

⑤電門把手移至切斷位以上各位置(動力位)時，逆轉把手則被鎖住在某一位置，不能移動。

3. 司軔把手

有自動司軔閥把手與單獨司軔閥把手，自動司軔閥把手簡稱自閥把手，係控制整個列車之軔力，單獨司軔閥簡稱單閥把手，僅機車裝設，係直通控制機車軔缸壓力。

4. APC/NSR：

列車經過電車線中性區間(NS：Neutral Section)時，為防止集電弓發生嚴重之火花及避免空調客車車廂內照明燈熄滅，在電車組(含拖拉式自強號機車)車上裝設電力自動控制(A.P.C；Auto Power Control)予以自動控制及在 GE 機車裝設中性區間繼電器(N.S.R； Neutral Section Relay)，由司機員操作控制：

(A)電車組及拖拉式機車——裝設 A.P.C 電路為自動式，於通過 N.S 前 33 公尺處之 A.P.C 地上感應器之激發作用

，瞬間切斷列車全部出力，通過後自動復電。

(B)GE 機車——裝設 NSR 為手動式，由司機員於中性區間前 200 公尺處所設立之「預」標誌附近，將電門放置在切斷位，至中性區間前 20 公尺處所設立之「切」標誌時壓下「昇弓按鈕」(PRS1-2)使中性區間繼電器通電(NSR↑)即可；蓋列車機車通過 NS 前壓下「昇弓按鈕」開始，在約 1~2 秒鐘內(設列車平均速度約 80 K/H，電車線不帶電長度 5 公尺，則通過時間

$$t = \frac{3.6S}{V} = \frac{3.6(5+20)}{80} = 1.125 \text{ 秒}$$

應可通過不帶電區間，但通過不帶電區間即時，由于電車線電壓過低繼電器(CUVT)之作用又使 NSR↓機車即自動復電，當 NSR↑↓同時由于馬達交流機負荷延時繼電器通電復斷電(MALR↑↓)開始，延時作用 15 秒鐘之切斷客車空調機電源，此時交流發電機之負載減少，可緩和其電壓之下降；經測 440V 降至 375V (切斷客車供應電壓)約需 3.5 秒左右(視負載而異)，因列車通過不帶電區間僅 1~2 秒，故機車仍應不致切斷客車之送電，客車照明應不熄滅。又 NSR↑同時切斷機車輔助系統電力，集電弓之火花應可防止。

(C)GEC 機車——由司機員直接操作真空斷流器(VCB)，予以控制斷電或復電，操作方法略同 GE 機車。

5. ATW/ATS：

鐵路列車速度之控制，一向全靠司機員依據路況及號誌之顯示條件予以控制，但當氣候惡劣或濃霧等能見度低，確認號誌困難，或因司機員一時意識中斷，或因憶測行車，致延誤煞車時機時，則極易發生列車邊撞、追撞等嚴重

行車事故。

近半世紀來大眾行的需要，列車速度的提高，車次的增密，列車交會待避的機會也相對的增加，而行車失誤的機會亦隨著增加，為確保鐵路行車的安全，及提高行車效率，隨之鐵路行車號誌保安系統之自動號誌化，繼電聯動化，在列車速度控制操作上也隨著採用所謂之自動列車警告/自動列車停車裝置 ATW/ATS(Automatic Train Warning/Automatic train Stop System)，係屬一種自動列車保護裝置，(ATP; Automatic Train Protection system)。

台鐵原有 ATW/ATS 裝置概要：

A 構造：包括車上設備與地上設備兩大部份。

(1)地上設備由地上感應器、繼電器、號誌電路等構成如圖 10-19 所示，感應器(Beacons)成對裝設於兩條鐵軌正中間，每一對由一個 A 感應器與 B 感應器組成一情報傳送控制點。

A 感應器並不轉換任何有效的情報，而在於選別列車運轉方向，及確認控制點，是一個無電源獨立裝置，與號誌條件不發生關係，從車上接收 27MHZ 的斷續訊號，利用此一接收到之訊號(電力波)，再傳送一連串的訊號(4.4MHZ)回車上，以啓發邏輯單元而產生作用，若列車運行方向先通過感應器「B」而後「A」，則邏輯單元不發生作用。

B 感應器是用來傳送號誌情報到車上，其所傳送的資料是隨號誌條件而有所不同。號誌系統來的控制條件，經由電纜傳送一直流電，至裝置的數位網路與供給裝置，再傳送所需的(警告、停車或進行)訊號。感應器通電時，送進行訊號，斷電時，警告感應器送警告訊號，停車感應器送停車訊號，地上感應器故障時為故障訊號(由車上邏輯單元判別)。

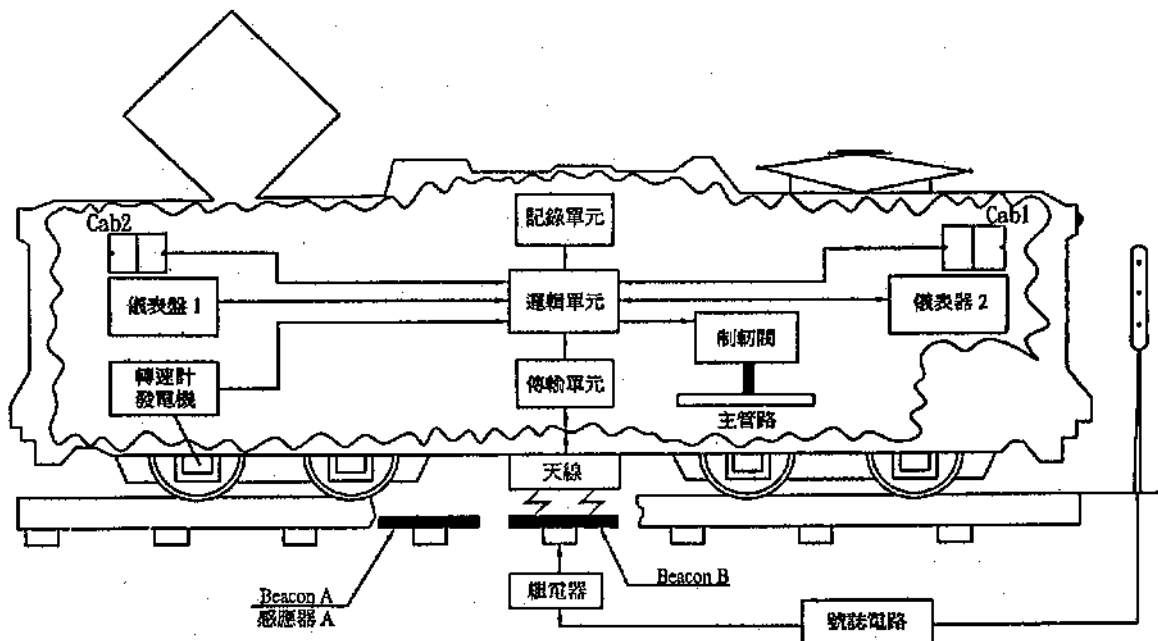


圖 10-19 ATW/ATS 裝置構成圖

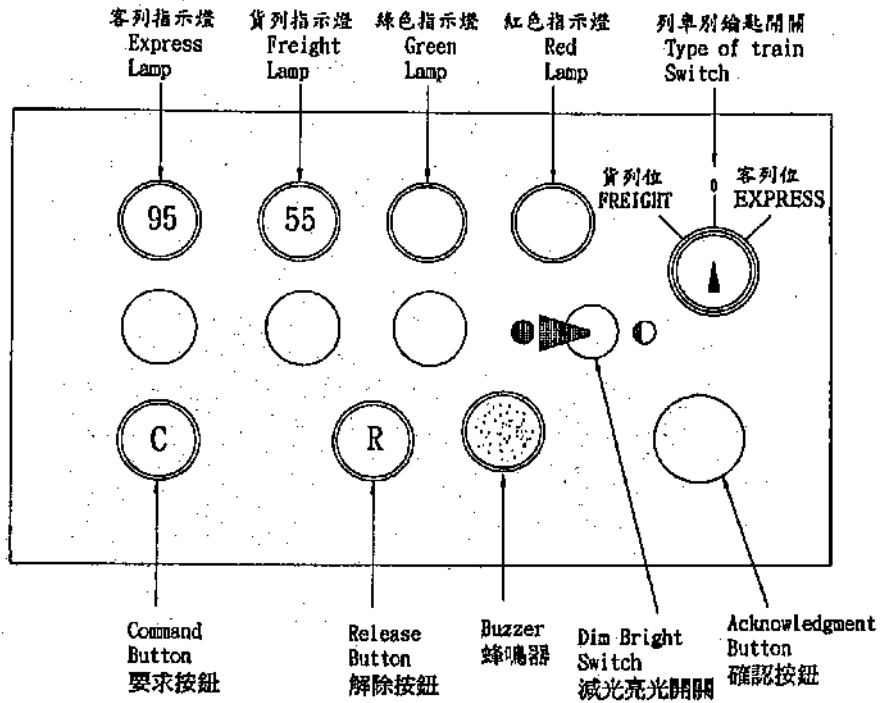


圖 10-20 ATW/ATS 儀錶盤

(2) 車上設備包括天線、傳輸單元、邏輯單元、記錄單元、車速發電機、制軔閥及儀錶盤等構成。邏輯單元將傳輸單元送來的情報加以分析、校對並在儀錶盤上顯示，及產生警告或煞車作用。記錄單元配合車速錶記錄紙帶，如圖 10-21 所示；可記錄 ATW/ATS 啓用時刻、客列位或貨列位、時間、速度、距離、警告、煞車及司機員操作情形以及地上感應器故障，車上設備故障等等。

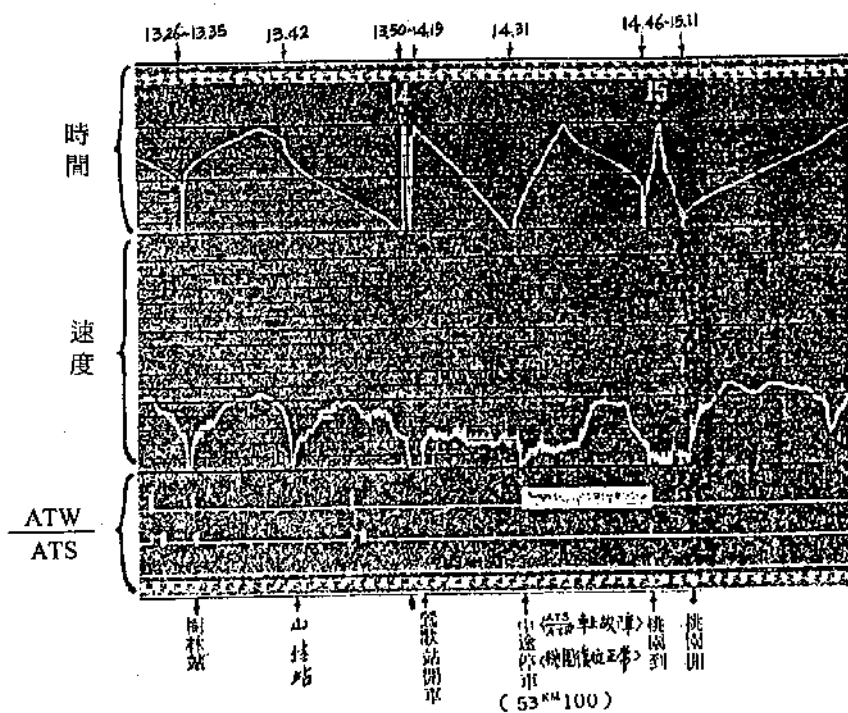


圖 10~21 車速錶記錄紙帶實際記錄情形

B 作用

- (1) 當號誌機顯示減速號誌(低速、慢速、緩速、中速或險阻)時，在該等號誌機前方約 1500 公尺附近地點(依行經該號誌機前之列車速度而異，大約 1100m~1800m 之地點)所設置之警告用地上感應器(ATW)即送出警告訊號(請參閱圖 10-22)，機車上收到該訊號後即在儀錶盤(如圖 10-20)上亮起紅燈，蜂鳴器同時鳴響，並於規定時間內自動產生速度查核，司機員必須在 4 秒內按下“確認按鈕”不然 4 秒鐘後發生緊急煞車之警惕作用。雖按下“確認按鈕”，但旅客列車應在 20 秒內將車速降至 95 km/hr 以下，貨物列車則在 35 秒內降至 55 km/hr 以下，否則列車即發生緊急煞車停車。為使司機員更能提高警覺起見，在速度查核前 10 秒，儀錶盤面上之紅色指示燈開始閃亮，司機員應在其僅剩之 10 秒內將車速降至查核速度以下注意前進，直到顯示紅燈前 15 公尺或 150 公尺處，接收到該地上感應器所發出之停車(Stop)訊號後，機車才會自動發生緊急煞車。目前該 ATW/ATS 裝置並無自動列車控制(ATC; Automatic Train Control)降速之功能，為“點”之監視，但旅客列車並已增設第三點之監視；則旅客列車警告 35 秒內應降速至 60 K/H 以下，否則亦發生煞車作用。
- (2) 停車用(ATS)地上感應器設於出發號誌機、閉塞號誌機前 15M(如附圖 10-22 所示)，或進站號誌機、掩護號誌機前 150M 處，當號誌機顯示險阻(停車)號誌 R 時，該停車用地上感應器會送出 ATS 訊號，機車越

過該感應器並收到該訊號時，即會作用，開啓制軔閥，使列車自動緊急煞車，故司機員應絕對遵守號誌之顯示條件，手動煞車(非自動煞車)在ATS前停車，但如運轉上規定得越過險阻號誌運轉時，得在該號誌機顯示險阻之條件下降速至 15KM/HR 以下，並按下“要求按鈕”，並在 20 秒鐘內越過該號誌，以利列車運轉。

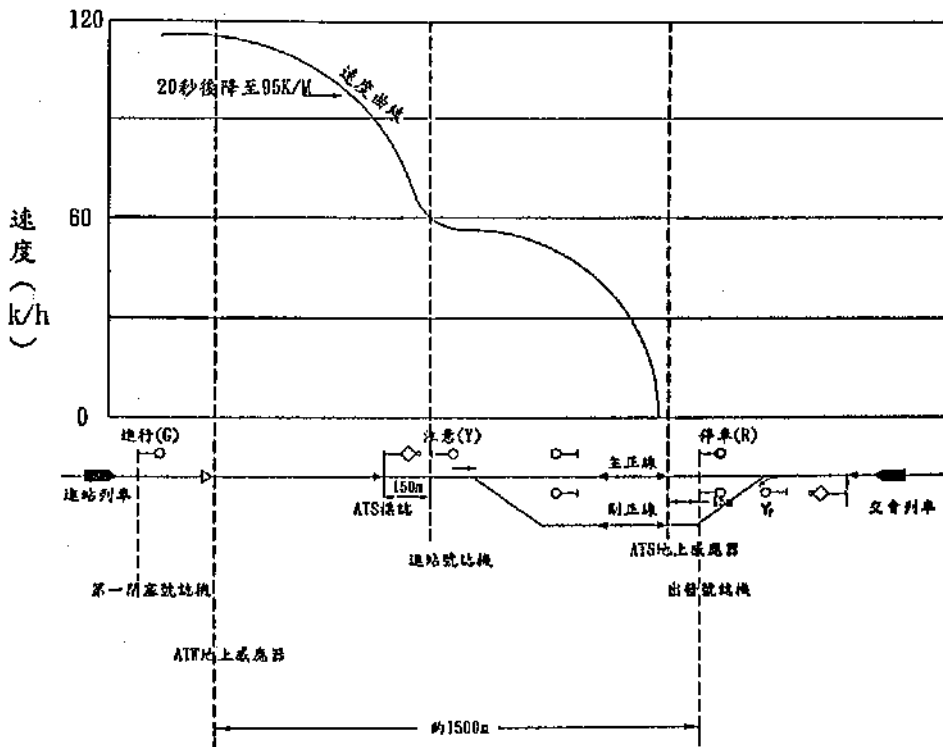


圖 10-22 原有 ATW/ATS 裝置作用說明圖

6. 警醒裝置 (Vigilance) :

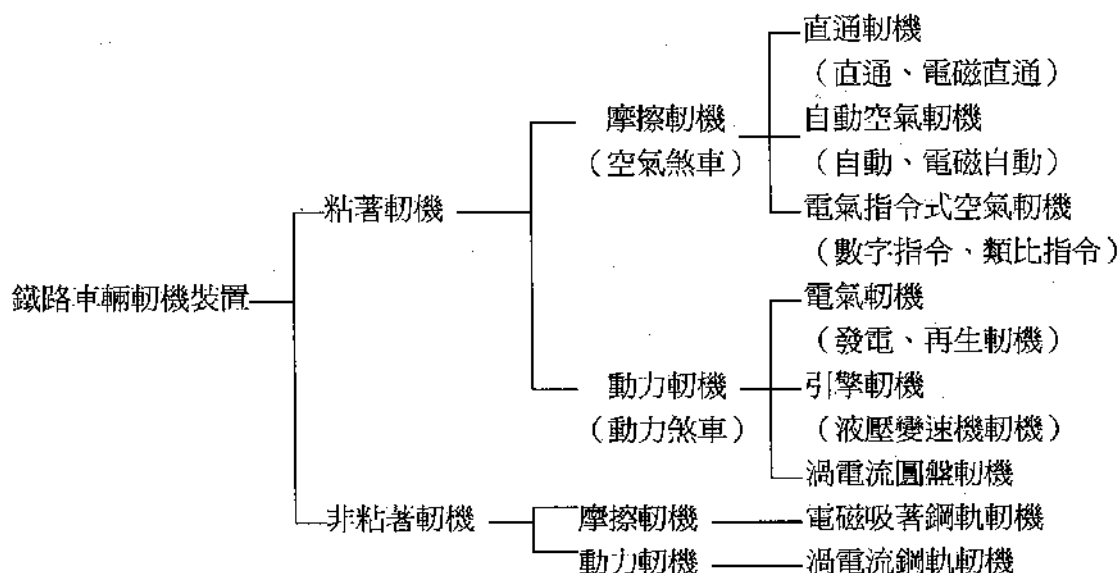
此裝置以確保司機員保持清醒為目的；係偵測時間和車速兩項數據，以激發裝置之作用。當逆轉機把手放置進行位或車速在二公里/小時以上時，開始偵測，如司機員踩下腳踏開關超過 60 秒 (GE 機車 90 秒) 或運轉中放開腳踏開關後未再踏下 (兼具無人開關“Dead man switch”之功能)，警告蜂鳴器將鳴響，如鳴響 6~9 秒鐘以內，司機員未將腳放開再踩一次，會自動發生緊急煞車並切斷動力。故司機員必須在每 60 (或 90) 秒鐘內，放鬆腳踏開關後再踩一次。但逆轉機把手放置中立位時，則無偵測作用司機員可不踩腳踏開關。如因處理不當發生緊急煞車後，必須踩下腳踏開關二次，始能復位。

7. 軔機裝置 (Brake equipment)

列車運轉需要機車有足夠的牽引力外，同時更需要有完備之軔機裝置以發揮足夠的軔力，俾控制列車速度，並能確實控速停車。此裝置為不可或欠之設備，不論機客車，每一輛上都要，而由機車 (含電聯車、柴聯車之控制駕駛

車) 整個控制，這時需要每一車的制力都能不均，作用時間一致，並能防止萬一列車分離，直通管破損時，亦能自動煞車為要件。

煞車方式分為利用車輪與軌道間粘著力之粘著制機與非粘著制機，再分為利用摩擦力之摩擦制機 (Friction Brake) 及利用驅動裝置之逆回轉力等之動力制機 (Dynamic Brake)；略如下表所示：



台鐵車輛制機裝置如比較表所示，可分為自動空氣制機和電氣制機兩大部份，但電氣制機兼備自動空氣制機之作用，各裝置並藉制管貫通至連掛各車之三動閥，輔助風缸暨附加風缸等構成整個列車完整之制機作用。由司機員操作制閥把手，以控制整個列車車輛之制力。

台鐵車輛制機設備比較表

設備型式	裝設車種	主要配件	備註
西屋 6-SL 型空氣制機 (Westing House air Brake)	RO 型日立機車	空氣壓縮機、調壓器 KH6-P-自動制閥，SA6 單獨制閥、分配閥、充氣閥、放風閥、減壓閥、緊急繼動閥、轉換閥、制管、制缸無人裝置、電磁閥、自動排水裝置等。	自動空氣制機
西屋 26LA 空氣制機	S300~S400 R20~R180 E100~E400 型機車	空氣壓縮機、自動制閥、單獨制閥、26-D 控制閥、J-1 繼動閥、F-1 擇位閥、放風閥、電磁閥、Mu-2A 三位閥、制缸、制管、自動排水裝置等。	自動空氣制機 (R71、R72 兩輛曾有電制設備)

西屋 27LA 空氣軔機	S200 型機車	略同上，司軔閥把手兩側共用 (調車用設備)	自動空氣軔機
S.M.E.E	DR2700~DR3000 型柴聯車	空氣壓縮機、調壓器、司軔 閥、繼動閥、E 控制閥、軔機 控制總成、電空控制器、緊急 閥、電磁閥、軔缸、軔管等。	電磁直通兼自動 空氣軔機
S.E.	DR2100~DR2400 型柴油客車	空氣壓縮機、調壓器、G2A 型 司軔閥、緊急閥、B-2 繼動閥、 軔缸、軔管等。	直通空氣軔機兼 備緊急作用功能 。
W.E.P	EMU100~EMU400 型電聯車	空氣壓縮機、B-8 司軔閥、七 段繼動閥、電磁閥、電碼變換 組、三動閥總成、防止車輪滑 走裝置、自動排水裝置。	電軔與氣軔並用 (電磁直通兼電 氣指令空氣軔機)
Knorr E.P. Brake	EMU500 型電聯車	空氣壓縮機、EE4V1-SB 司軔 閥、七段電磁閥、KE 分配閥、 RLV 可變負荷閥、GV12-1A 防 滑走電磁閥、調和閥、脈衝電 磁閥、緊急作用閥、段位閥、 溢流閥、水平閥、自動排水 閥、軔缸、軔管等。	電軔與氣軔並用 兼電氣指令空氣 軔機。
Knorr E.P. Brake	E1000 型拖拉式 列車	使用 KE3 分配閥、繼動閥等。 略同 EMU500 型	電軔與氣軔並用 兼電氣指令空氣 軔機

司軔閥為自動保壓式，均以改變司軔閥把手之位置來發生鬆軔或緊軔之作用，自動司軔閥把手（自閥把手）位置，依型式略有不同，大體可分為鬆軔（運轉），常用緊軔、緊急緊軔、以及取把手等位。當司機員欲煞車而操作自閥把手至常用緊軔位時，即可將貫通至客貨車之軔管；原已充滿 5 kg/cm^2 之壓力空氣排出大氣，即發生所謂「軔管減壓」，此減壓之結果，除機車本身發生軔力外，其他被控車（含客貨車）亦同樣發生軔力，僅以客貨車發生緊軔、鬆軔之基本動作，略以圖 10~23 之三動閥說明如下：

- (1) 軔管增壓（司機員移自閥把手至鬆軔位時）活塞被壓向右移，空氣由軔管經充氣溝進入輔助風缸是謂充氣。
- (2) 活塞右移充氣同時，軔缸空氣經滑閥排出是謂鬆軔。
- (3) 軔管減壓時活塞被輔助風缸，原已充滿 5 kg/cm^2 之空氣左移，充氣溝通路斷絕，輔助風缸空氣流入軔缸是謂緊軔。

惟三動閥之基本要件尚須包括一個遞開關，以達成重疊作用及緊軔力之階段加強。但實際上三動閥尚須考慮緊急緊軔，全緊軔等作用，構造很複雜。

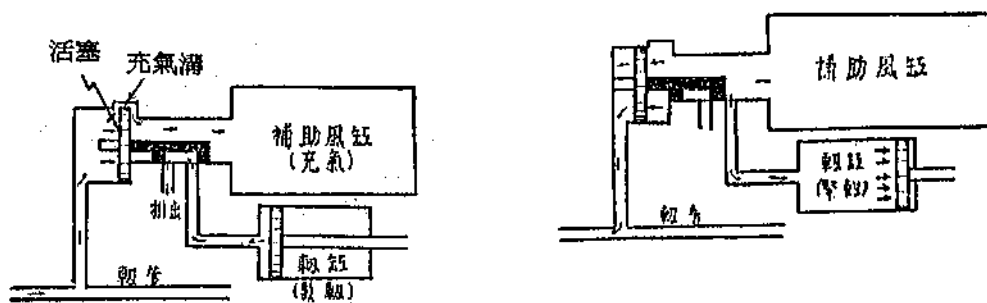


圖 10-23 基本三動閥作用示意圖

一般軔機裝置摘要：

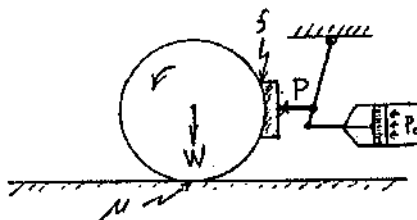
- ◎無論自閥把手之位置如何，單獨司軔閥把手（單閥把手），均可控制機車軔缸壓力。
- ◎如因故發生列車分離，致軔管破損或脫開時，列車即自動發生緊軔停車（Fail to safe 之功能）。
- ◎客車裝有 A 動作閥並加裝附加風缸（容積為輔助風缸之 2.4 倍），可施行階段鬆軔，並加速鬆軔後之充氣時間。又緊急緊軔時之軔缸壓力可高至 4.5 kg/cm^2 。常用最大緊軔壓力為 3.6 kg/cm^2 ，和貨車相同。
- ◎控制車加設電空（E.P; Electro Pneumatic）裝置使用同步電氣連結線，由司軔閥連動，可使列車前後車廂軔機作用時間一致。
- ◎電動機（牽引馬達）構造上已具備發電機之條件；將電動機轉變為發電機，可將機械能變為電氣能之變化過程中，利用電樞之逆回轉力作為軔力之方式叫做電氣軔機（簡稱電軔），可分為發電軔機與再生軔機兩種，發生之電力經主電阻器變為熱能，向大氣散熱之方式謂之發電軔機，為電阻式（EMU100~500 型屬之），構造簡單，但不經濟。
發生之電力，送回電車線之方式謂之再生軔機為再生式；係以主電動機為他激發電機之作用，使發生電壓符合電車線電壓等之控制裝置，構造較為複雜。
- ◎緊軔力（ $P \cdot f$ ）應小於或等於粘著力（ $W \cdot \mu$ ），以免發生緊軔時車輪滑走，刮傷踏面。

不發生滑走之條件：

$$P \cdot f \leq W \cdot \mu$$

$$\downarrow$$

$$\frac{P}{W} \leq \frac{\mu}{f}$$



- P：閘瓦總壓力
- f：車輪與閘瓦間之摩擦係數
- W：有閘瓦軸之總重量
- μ ：車輪與鋼軌面之粘著係數

電車組裝有防滑裝置，以控制軔缸壓力，機車則緊急煞車時自動撒砂以增加粘著係數，均可預防車輪滑走。

⊙緊軔時之車輪與鋼軌面之粘著係數 μ

$$\mu = \frac{0.2}{1 + 0.0059V} \quad V: \text{速度}$$

⊙煞車距離理論上採用之公式：

$$S = S_1 + S_2$$

$$= \frac{Vt_1}{3.6} + 4.17 \frac{V^2}{\frac{P}{W} f_m \pm r_g + r_c + r_m}$$

- S : 煞車距離 (m)
- S₁ : 空走距離 (m)
- S₂ : 實軔距離 (m)
- V : 煞車初速度 (km/hr)
- t₁ : 空走時間 (sec)
- P : 閘瓦總壓力 (kg)
- W : 列車總重量 (TON)
- f_m : 閘瓦平均摩擦係數 (鑄鐵閘瓦)
- r_g : 坡度阻力 (kg/TON)
- r_c : 彎道阻力 (kg/TON)
- r_m : 平均行駛阻力 (kg/TON)

⊙裝有空重自動轉換裝置之車輛，重量達至某一程度之狀態下，能自動的增加軔缸壓力，以增加重車時之軔率，縮短高速列車之煞車距離。

⊙路線狀況、旅客載重量之多寡，閘瓦摩擦係數以及天氣等均影響煞車距離，尤其閘瓦摩擦係數影響最大。閘瓦大體採用合成與鑄鐵兩種，合成閘瓦以中摩擦係數 (0.28±0.03) 設計軔率 (P/W)，傳統用鑄鐵閘瓦之平均摩擦係數如下；隨速度之增加而減少，設計軔率範圍為 60~80%。

$$f_m = \frac{0.5CV^2}{2.5V^2 - 400V + 92104 \log(1 + 0.01V)}$$

- f_m : 鑄鐵閘瓦平均摩擦係數
- C : 天氣係數 (平常採用 0.32)
- V : 速度 (km/hr)

◎煞車時間理論上採用之公式

$$t = t_1 + t_2$$

$$t_2 = 30 \frac{V_2 - V_1}{f} \quad (\text{減速時之實軔時間})$$

$$t_2 = 30 \frac{V_2}{f} \quad (\text{停車時之實軔時間})$$

$$t_2 = \frac{7.2 S_2}{V_2}$$

$$f = \frac{P}{W} f_m' \pm r_g + r_c + r_m$$

$$f_m' = \frac{CV}{5V - 921 \log(1 + 0.01V)}$$

- | | | |
|---|---|------------------|
| { | t | : 煞車時間 (sec) |
| | t ₁ | : 空走時間 (sec) |
| | t ₂ | : 實軔時間 (sec) |
| | f | : 平均減速力 (kg/TON) |
| | V ₂ | : 煞車初速度 (km/hr) |
| | V ₁ | : 煞車末速度 (km/hr) |
| | S ₂ | : 實軔距離 (m) |
| | f _m ' | : 鑄鐵閘瓦平均摩擦係數 |
| | C | : 天氣係數 |
| | V, P, W, r _g , r _c , r _m . 同煞車距離說明 | |

◎自將司軔閘把手移于緊軔位置開始至閘瓦壓下車輪發生應有之緊軔作用，所經過之時間是謂空走時間。在空走時間內所行駛之距離謂之空走距離。

◎設計上客貨車之輔助風缸與軔缸（行程 200 mm 時）之容積比為 3.25，故減壓後之：

$$\text{軔缸壓力 } P_c = 3.25R - 1$$

$$\text{閘瓦總壓力 } P = \frac{\pi}{4} d^2 (P_c - 0.35) N L \eta$$

- P_c : 軛缸壓力 (kg/cm²)
- P : 閘瓦總壓力 (kg)
- R : 軛管減壓量 (kg/cm²)
- d : 軛缸直徑 (cm)
- N : 軛缸數
- L : 軛機倍率
- η : 傳動效率

⊙最小減壓量規定為 0.4 kg/cm²；是因軛缸活塞背面裝有復原彈簧，其反撥力為 0.35 kg/cm²，減壓 0.4 kg/cm²之軛缸壓力為 0.3 kg/cm² (P_c = 3.25 (0.4) - 1 = 0.3) 之作用力，僅能推動軛缸活塞，使閘瓦接觸車輪並沒有擠壓車輪壓力。又太輕微的減壓可能不足使三動閘中之活塞發生作用，故規定最小減壓量為 0.4 kg/cm²。

⊙最大減壓量

軛缸壓力與輔助風缸壓力相等時之軛管減壓量謂之最大減壓量。規定最大減壓量為 1.4 kg/cm²之原因是因輔助風缸壓力為 5 kg/cm²和軛缸容積比是 3.25 : 1，軛缸壓力 P_c = 3.25R - 1，軛管減壓量累積達到 1.4 kg/cm²時，輔助風缸壓力為 3.6 kg/cm²，而軛缸壓力 P_c = 3.25 × (1.4) - 1 = 3.6，兩者已達平衡狀態。

8. 駕駛台上之其他設備

- ①動力切斷開關(紅色鈕)——GE 機車用於單機牽引運轉時，令該車輸入之高壓電源切斷並降弓或多輛機車重連總控制運轉時，控制各車集電弓下降。
- ②導輪撒砂開關——用以進行方向第一前輪撒砂。
- ③撒砂開關(黑色球柄)——用以機車正常撒砂控制。
- ④真空斷路閉合開關——用以機車真空斷路器通電。開關有“切開”及“閉合”兩位置。

其他有喇叭閥，前後頭燈開關、警鐘閥、燈開關暨各指示燈壓力錶、電流錶、電壓錶空氣流量錶、各種開關斷流器以及列車無線電話機等等，設在司機員易於操作處理之處所，依各車型別略有差異。

第十一章電力列車運轉

操作電門或司軔閘把手，以控制列車運轉速度及 ATW/ATS、APC/NSR、無人、警醒裝置等控制設備之處理要領，已如上章記述，茲再以列車運轉理論合併實際列車運轉，試車記錄等以了解電力列車運轉：

一、列車運轉曲線圖

(一)運轉曲線圖之意義：

運轉曲線圖又叫做運轉線圖；係表明列車運轉速度，經過時分、距離、路況、坡度、彎道、站中心以及列車關閉電門地點、煞車開始地點、甚至耗電量等之總合記錄圖；廣義而言；車速記錄紙帶之記錄表亦算為運轉曲線圖。

(二)運轉曲線圖之一例：

如圖 11-1 及圖 11-2 所示，為現行「E 客甲 B」速，則莒光號或復興號列車之標準運轉曲線圖之一小段，係運轉計畫前為查訂各站間基準運轉時分時，依列車運轉性能，按一般理論公式計算繪成；茲以下行列車、保安—中洲間，如圖 11-2 為例，說明如下：

- ①「E 客甲 B」之意義：以電力機車(E)牽引甲種客車（限速 100K/H）以上之車種，525 噸（B 噸數）編成之列車。
- ②速度：每公厘代表 1 km/hr。
時間：每公分代表 1 分鐘。
距離：每公分代表 500 公尺。
- ③該區間之最高速度；「通」列車可達 100 km/hr，「停」列車為 93 km/hr。
- ④「停」列車保安站開車以動力運轉（開電門運轉），至 369 公里 250 公尺附近時關電門，以惰力運轉（則關電門運轉），至 370 公里 500 公尺附近，速度 85 km/hr 時，開始進站煞車停車。保安—中洲間費時 3.95 分，基準運轉時分「停」訂為 4.0 分。
- ⑤「通」列車保安站以惰力運轉約 90 km/hr 之速度通過後改為動力運轉，但因前方有 595 公尺半徑之彎道限速 95 km/hr，須略降低出力，俟列車後部車廂通過彎道後再提高電門，加速至該「E 客甲 B」之最高限速，並保持以該限速經過 370 km 處所後，因前方有一 90 km/hr 之特別限速，故關電門以惰力運轉約 90 km/hr 之速度通過中洲站。保安—中洲間費時 2.45 分，基準運轉時分「通」訂為 2.5 分。

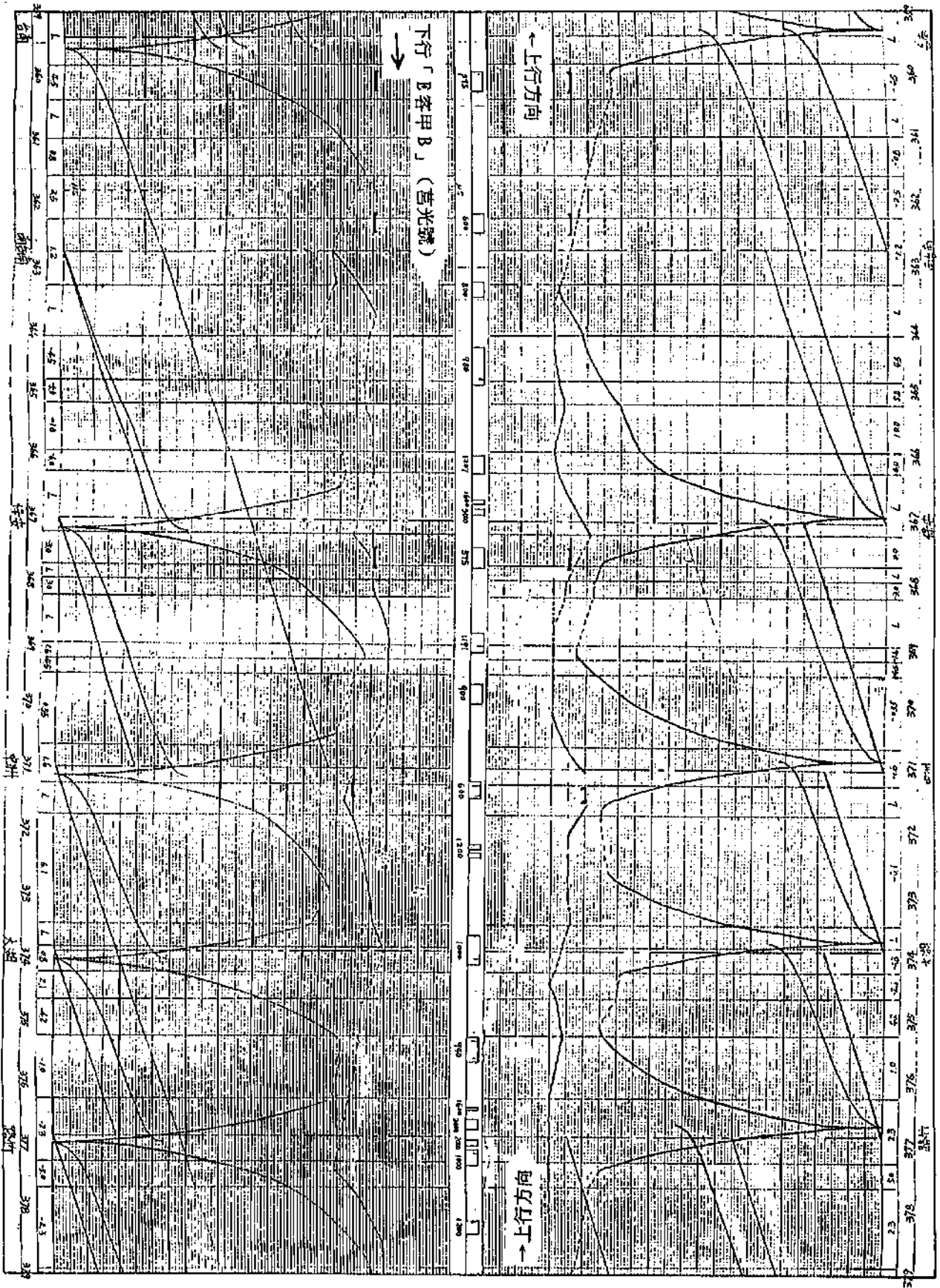


圖 11-1 “E客甲B”計劃運轉曲線圖

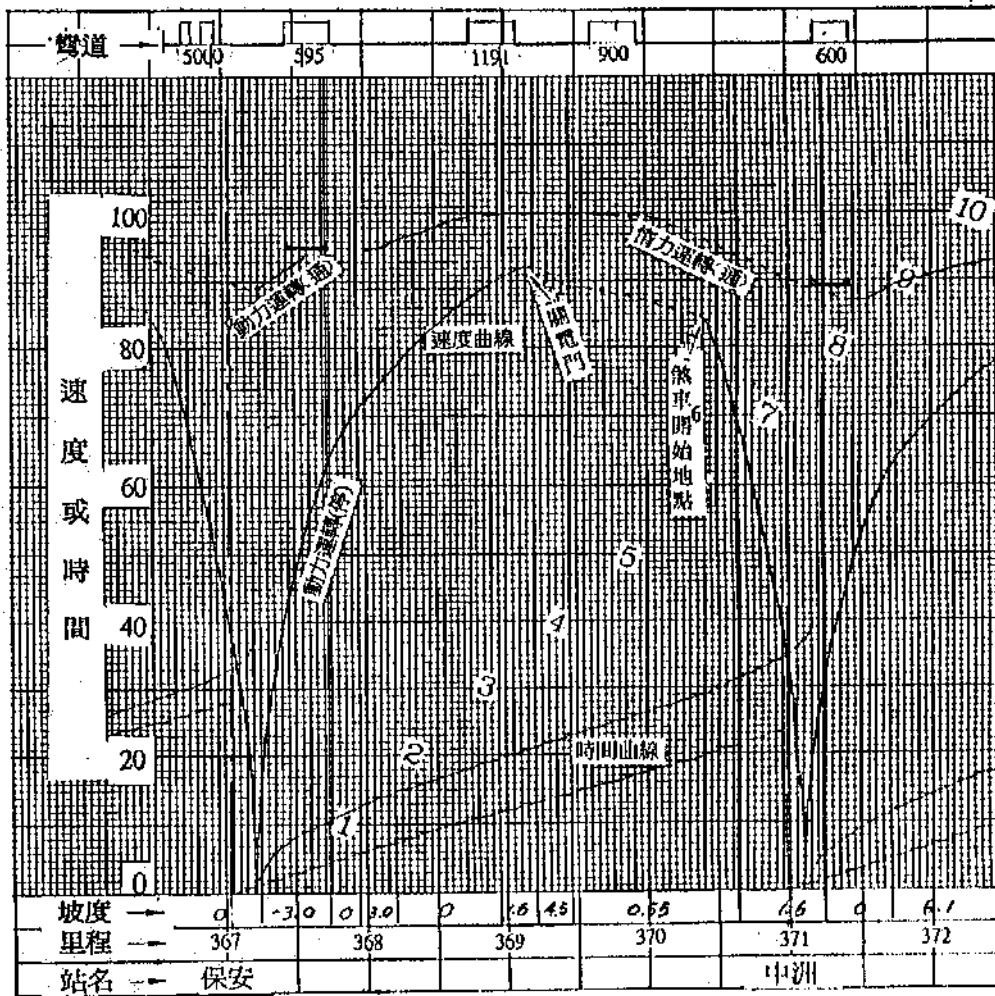


圖 11-2 運轉曲線(E客甲B)

(三)運轉曲線圖之用途：

- (1)依此曲線圖可決定號誌閉塞區間之合理列車運轉時隔(供列車運轉時隔等設備上之檢討)。
- (2)依此曲線圖可查出任何地點之速度、開車至該地點之運轉時間、動力運轉或惰力運轉、煞車開始地點等,可做合理動力列車操縱工作(供司機員訓練、準點運轉、經濟運轉之參考)。
- (3)可供檢討依假想坡度制定之牽引定數是否合理(供運轉計畫機車特性牽引力之檢討)。
- (4)可由運轉曲線圖求出合理之基準運轉時分(供運轉計畫、排點之參考)。
- (5)發生事故時,可依當時之運轉條件與實際記錄紙帶比較,以判斷可能發生之原因(供事故之檢討)。
- (6)利用曲線圖可計算合理 ATW/ATS 地上感應器之設置地點(供運轉計畫、改善行車安全設備之參考)。
- (7)可求出各種列車,在某地段之平均速度,俾路線設備保養上之參考。
- (8)其他改善路線,提高速度及新線建設等供設措上之檢討。

二、電力列車運轉比較：

(一)列車牽引種別

「牽引種別」又叫做「速度種別」，係規定編組列車時之最低速度之車種及限制機車牽引噸數，以作為訂定各站間運轉時分之速度依據。司機員在列車運轉上對車輛構造上所容許之最高速度，除另有指定者外，原則上按列車「牽引種別」所定速度運轉列車。

牽引種別之適用範圍如下：

- (1)E 特客甲：以特甲種客車（110K/H）編成之列車。
- (2)E 客甲、客甲：以甲種客車（100K/H）以上車種編成之列車。
- (3)E 客乙、客乙：以乙種客車（85K/H）以上車種編成之列車。
- (4)客丙：以丙種客車（75K/H）以上車種或甲種貨車（75K/H）編成之列車。
- (5)E 貨甲、貨甲：以甲種貨車（75K/H）或丙種客車以上車種編成之列車。
- (6)E 貨乙、貨乙：以乙種貨車（60K/H）以上車種編成之列車。
- (7)電：以電車組編成之列車。
- (8)柴：以柴油客車編成之列車或單行柴油客車，限速依車型而異。

(二)電力列車加速運轉

1. 各型電車組運轉比較

如圖 11-3 所示，為各型電車組行駛速度、時間與距離關係圖，係依據各型電聯車之牽引力，假定在平直線上不受號誌及轉轍器之限速下，按一般常用理論計算公式計算繪成，其中以 500 型之加速最快，在不到 1 分鐘（57"）內，由起步（速度 0K/H）可加速到限速（110K/H），其平均加速度為 1.93K/H/S，加速距離約 1160 公尺，以 100 型較緩慢，加速至限速（120K/H）需要 178 秒，平均加速度為 0.67K/H/S，加速距離約為 4000 公尺，各型車均在低速時加速快，高速時緩慢，故其加速距離，時間亦相對變化，諸如 EMU100 型自開車（起步）至速度 50K/H 時費時 35.5 秒之平均加速度為 1.41K/H/S（0.391m/s）加速距離約 250 公尺，而由 50K/H 加速至 100K/H 費時 74 秒之平均加速度為 0.68K/H/S，加速距離約 1640 公尺，但高速部份由 100K/H 加速至 120K/H 費時 69 秒之平均加速度為 0.29K/H/S，加速距離 2110 公尺。各型加速數字摘要如下表 11-1 所示。惟列車運轉，依路線之狀況，電車線之電壓，司機員之電門操作及旅客之多寡等因素之影響，略有差異。

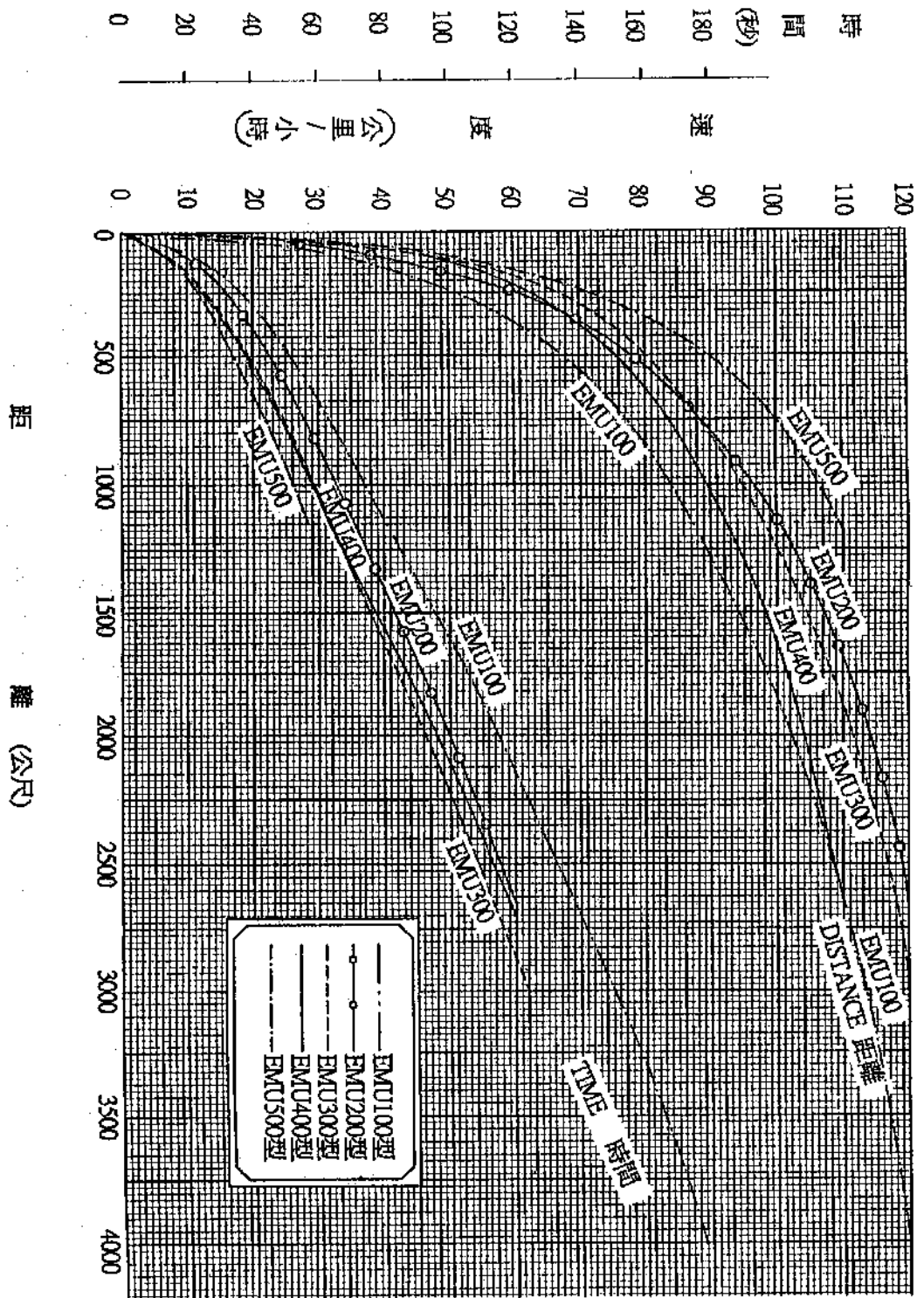


圖 11-3 各型電車組加速距離曲線圖

比較別 型式	起步加速至50 K/H平均 加速度 (K/H/S)	起步一分鐘內之			起步(開車)加速至最高速度之			備註
		速度 (K/H)	平均 加速度 (K/H/S)	加速距離 (公尺)	平均 加速度 (K/H/S)	加速時間 (秒)	加速距離 (公尺)	
100	1.41	75	1.22	680	0.67	178	4000	最高速度 120K/H
200	1.88	93	1.55	850	1.0	119	2670	'
300	2.92	95	1.58	1050	0.97	124	3005	'
400	2.97	91	1.52	1040	0.92	120	2710	最高速度 110K/H
500	3.52	110	1.93	1250	1.93	57	1160	'

表 11-1 各型電車組加速情形摘要表

2. 電力機車

(1) 旅客列車如圖 11-4 為「E 客甲 B」；則現行莒光號（含復興號）列車，以 GE 機車 E200 牽引客車 525 噸，在平直線上不受轉轍器之限制，保持連續額定電流 550 安培之出力開車時之距離、時間與車速之關係圖，略加說明如下：

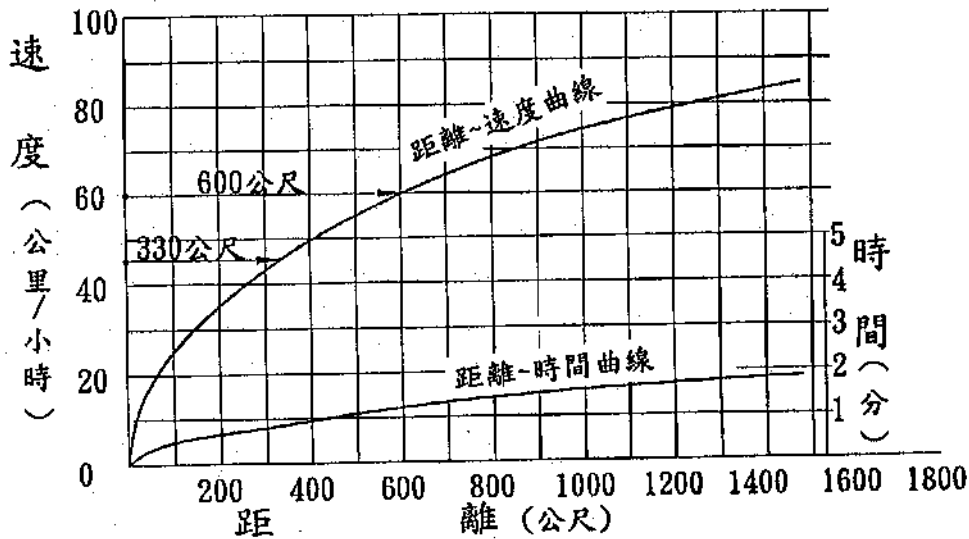


圖 11-4 E200+525 噸，開車距離與車速之關係

- ① 525 噸客車約 14-15 輛，列車長度約 300 公尺。
- ② 當開車加速至 45K/H 時約需距開車地點 330 公尺，如以副線開車，需經由限速 45K/H 之轉轍器時，應注意列車超速，適宜降低電門或開車時小開電門。
- ③ 開車一分鐘後之速度約 51K/H；平均加速度約 0.85K/H/S。
- ④ 開車至 85K/H 約需 1500 公尺，二分鐘。
- ⑤ 依電門處理原則；開車電門由切斷位移置動力位時，約須停留片刻，俾利拉緊各客車之連結器以及其他運轉上之顧慮，故實際上之數值與理論上應有些不同。

(2) 貨物列車

如圖 11-5 為“E 貨 B”，以電力機車貨車 1250 噸之開車與距離時間之關係圖：

- ① 開車一分鐘後之速度約為 23 km/hr，平均加速度 0.38K/H/S。
- ② 開車至 60K/H 之距離約需 1.4 km，費時約 2.7 分鐘。
- ③ 實際運轉上，因受轉轍器之限速及路線坡度之影響，隨時需要變化電門之操作。

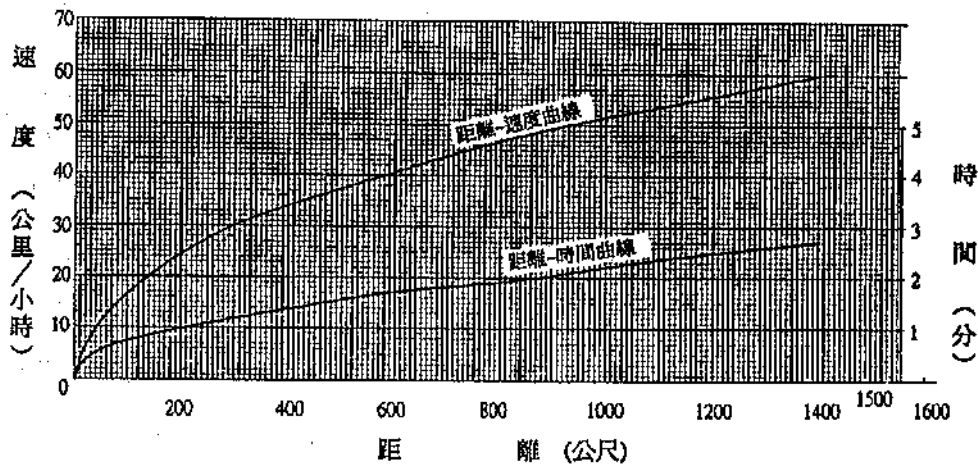


圖 11-5 E300+1250 噸，開車距離與車速之關係

(3) 其他電力列車加速度：

列車起步加速度，依機車牽引力、列車阻力、牽引車輛之多寡等而異，機車牽引力大、列車阻力小、路線坡度小、牽引重量輕等均可提高列車加速度，如表 11-2 為台鐵目前各種“牽引種別”運轉計畫前，模擬計算基準運轉時分時之列車加速度。

表 11~2 運轉計畫加速度（在平坦線）

牽引重量 (列車種別)	加速度 (1分鐘後之 平均值) (K/H/S)	速度 (1分鐘後 速度)(K/H)	備註
E 特客甲 B (E200+525)	0.85	51	限速 110K/H 之莒光號
E 客甲 A (E200+360)	1.16	70	限速 100K/H
E 客甲 B (E200+525)	0.85	51	限速 100K/H
E 客甲 C (E200+700)	0.67	40	限速 100K/H
E 客乙 A (E300+360)	1.16	70	限速 85K/H
E 客乙 B (E200+525)	0.85	51	限速 85K/H
E 客乙 C (E200+700)	0.67	40	限速 85K/H
E 貨甲 (E300+1250)	0.38	23	限速 75K/H
E 貨乙 (E300+900)	0.48	29	限速 65K/H (暫限 60K/H)
E 貨乙 (E300+1250)	0.38	23	限速 65K/H (暫限 60K/H)

3. E1000 型拖拉式自強號

如圖 11-6 所示為拖拉式自強號兩輛機車間掛 12 輛與 15 輛之加速運轉比較：

- (1) 起步（開車）加速至 50 km/hr，約需 25 秒（12 輛）至 30 秒（15 輛）
 加速度為 2.0~1.67 km/hr/s，惟因電門之處理原則；仍需自切斷位放置動力位（INCH）片刻，以緩和列車衝動，故實際上之列車加速度，比理論計算值低。
- (2) 起步一分鐘內之速度 12 輛時為 95 km/hr，15 輛時 85 km/hr，加速距離為 900 公尺（12 輛）及 780 公尺（15 輛）左右。平均加速度為 1.58 ~1.42 km/hr/s。
- (3) 起步加速至 130 km/hr 之加速時間約 121 秒（12 輛）至 152 秒（15 輛），
 加速距離為 2870 公尺（12 輛）至 3650 公尺（15 輛）左右。
- (4) 起步牽引力可達 33500 kg 左右，已接近空轉之邊緣，故如運轉條件不良（如下雨天或不出砂）時在低速範圍（60K/H 以下）內，隨時可能發生機車動輪空轉，應適時降低牽引力或撒砂。

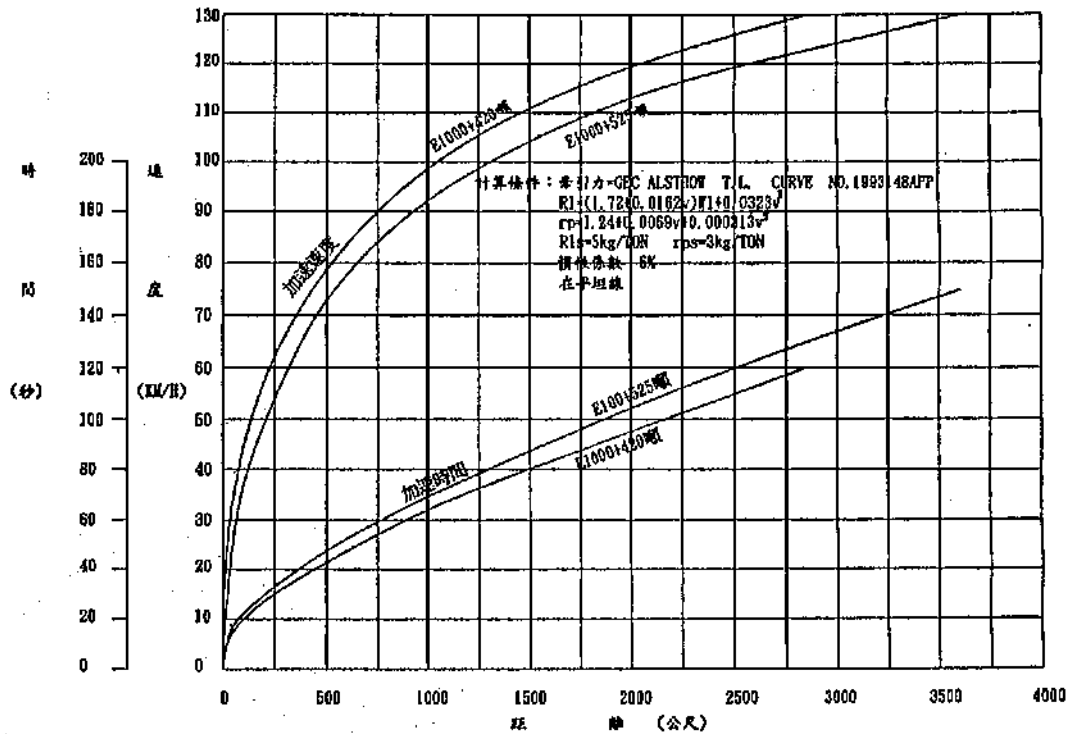


圖 11-6 E1000 牽引客車運轉加速比較圖

(三)電力列車減速軔機處理

1. 中途列車慢行軔機操作方法

列車如遇平安以外之號誌顯示或因路線工程必須減速慢行時之軔機操作方法，應視路線之坡度而略有不同：

(1) 一般路線或略有上坡地段之慢行

- (a) 視當時之車速在適當地點，施以略大於最小減壓量 (0.4 kg/cm^2) 之減壓，以免減壓過大而發生列車衝動。
- (b) 減壓排氣停止約 5 秒鐘後追加減壓一次。
- (c) 於接近慢行適當距離前，視降速之情形，必要時再追加減壓，使於慢行區域約 30~50 公尺前控制車速降至高於慢行限速約 5 km/hr 之速度而鬆軔之。
- (d) 鬆軔後能使車速低於慢行速度 2~3 km/hr 左右通過慢行區域為上策。
- (e) 在慢行解除前可先開啓電門於 1 段位，使列車連結器緩慢拉緊狀態，俟慢行解除後逐漸提高電門段位，可防止列車衝動之發生。
- (f) 慢行實際車速低與慢行規定速度相差很大，有略提高車速之必要時，可比照上項(e)適當提高電門。
- (g) E200 型電力機車牽引莒光號 12 輛 420 噸，施以常用緊急車時之速度與距離之關係略如圖 11~7 所示；由此圖可知車速自 100K/H 降至 60K/H；施以 0.6、0.8、1.0、1.4 kg/cm^2 之減壓各為 1625、970、720、及 510 公尺。
自 60K/H 降至 20K/H 之慢行；若按減速度 1.25K/H/S 計算時為 455 公尺

$$\left[S = S_1 + S_2 = \frac{Vt_1}{3.6} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{7.2D} = \frac{60 \times 6}{3.6} + \frac{60^2 \times 20^2}{7.2 \times 1.25} = 445\text{m} \right]$$

0.6 kg/cm²之減壓為 750 公尺【S=S₁+S₂=100+(2275-1625)=750m】

0.8 kg/cm²之減壓為 435 公尺【S=S₁+S₂=100+(1305-970)=435m】

1.4 kg/cm²之減壓為 220 公尺【S=S₁+S₂=100+(640-510)=220m】

若以 100K/H 降至 20K/H，減壓 1.4 kg/cm²時為 640 公尺左右。

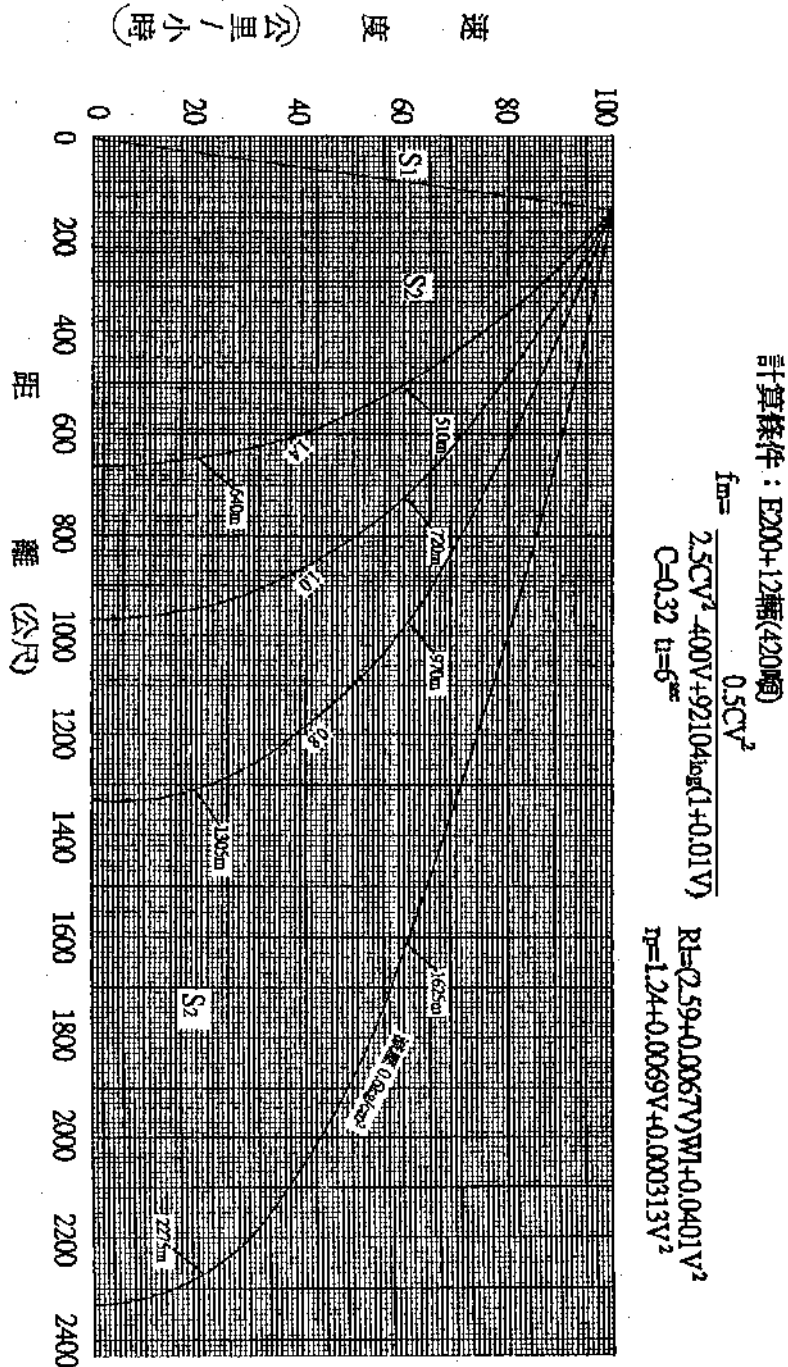


圖 11-7 常用煞車速度與距離之關係

(2)在陡下坡地段須全列車慢行時：

- (a)如上項(a)(b)(c)於適當地點施于適宜之減壓，同時以單閥緩慢稍加機車軔缸壓力。
- (b)慢行區域前低於限速 5K/H 時鬆軔，但單閥保持機車軔缸壓力或低於限速 2~3K/H 時，施行階段鬆軔(旅客列車)以保持等速度通過慢行區域。
- (C)在慢行解除有必要再開啓電門時，應先開啓電門於一段位，使列車車輛連結器緩慢拉緊狀態後再逐段提高電門位置，以防止加速時發生衝動。

2. 中途列車緊急緊軔操作方法

列車遇有緊急停車之必要時，應則將司軔把手移至緊急緊軔位則可；其煞車距離，依列車速度、路線坡度、載重量、閘瓦摩擦係數、天氣等而不同，尤其受閘瓦摩擦係數之影響最大，茲僅以 E200 型機車牽引 10 輛莒光號 350 噸，煞車初度 100K/H，在平直線上，計算其煞車距離如下：

【已知】軔缸直徑：機車 305mm，客車 356mm

緊急煞車軔缸壓力：機車 4.2 kg/cm²，客車 4.5 kg/cm²

軔缸數：機車：4，客車：1

軔機倍率：機車：5.57，客車：7.7

效率：0.8

坡度：rg：0

彎道：rc：0

列車重量：機車 96 噸，客車 350 噸

空走時間：3.5 秒

平均行駛阻力 = 5.56 kg/TON

天氣係數：0.32

【計算】 $S = S_1 + S_2$

$$= \frac{Vt_1}{3.6} + 4.17 \frac{V^2}{\frac{P}{W} fm \pm rg + rc + rm}$$

$P = P_1 + P_p =$ 機車軔力 + 客車軔力

$$= \frac{\pi}{4} d^2 (Pc - 0.35) N L \eta + 10 \frac{\pi}{4} d^2 (Pc - 0.35) N L \eta$$

$$= \frac{\pi}{4} \times 30.5^2 (4.2 - 0.35) 4 \times 5.57 \times 0.8 + 10 \times \frac{\pi}{4} \times 35.6^2 (4.5 - 0.35) 1 \times 7.7 \times 0.8 = 304,597 \text{ kg}$$

$$fm = \frac{0.5CV^2}{2.5V^2 - 400V + 92104 \log(1 + 0.01V)}$$

$$= \frac{0.5 \times 0.32 \times 100^2}{2.5 \times 100^2 - 400 \times 100 + 92104 \log(1 + 0.01 \times 100)}$$

$$= 0.1257$$

$$W = W_1 + W_p = 96 + 350 = 446 \text{ 噸}$$

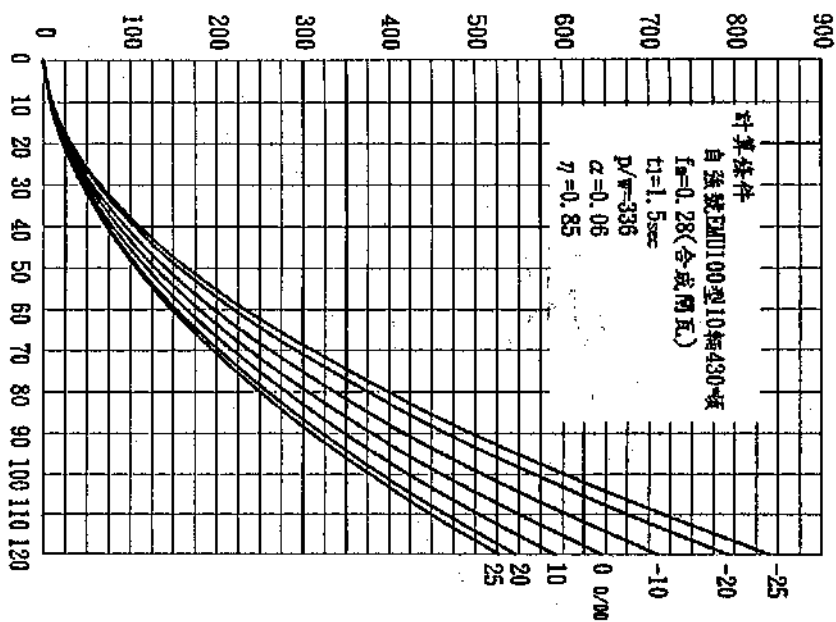
$$\therefore S = \frac{100 \times 3.5}{3.6} + 4.17 \frac{100^2}{\frac{304597}{446} \times 0.1257 \pm 0 + 0 + 5.56}$$

$$= 97 + 456$$

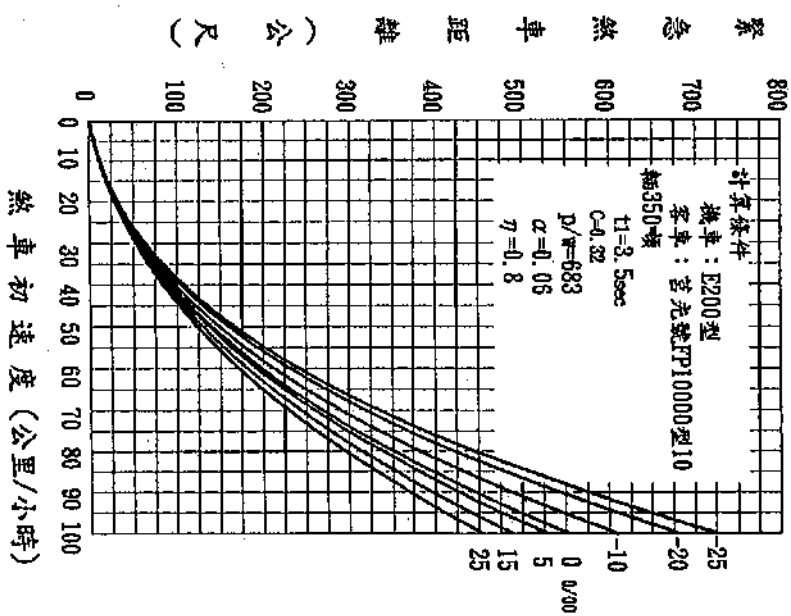
$$= 553\text{m}$$

又圖 11-8, 11-9, 11-10 及圖 11-11 各為自強號、莒光號、貨物列車及本局(東改局)新購買之電力工程車坡度別緊急煞車距離理論計算出線圖, 惟因實際緊急煞車距離變化很大, 有時因各種因素之影響, 超過理論數值 10% 以上者有之。

緊急煞車距離 (公尺)

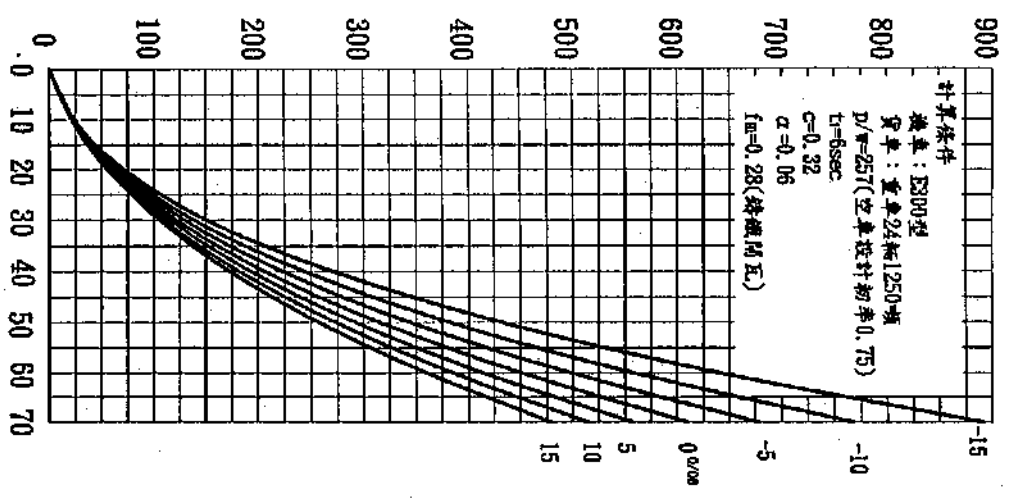


緊急煞車初速度 (公里/小時)
圖 11-8 旅客列車緊急煞車距離 (一)



緊急煞車初速度 (公里/小時)
圖 11-9 旅客列車緊急煞車距離 (二)

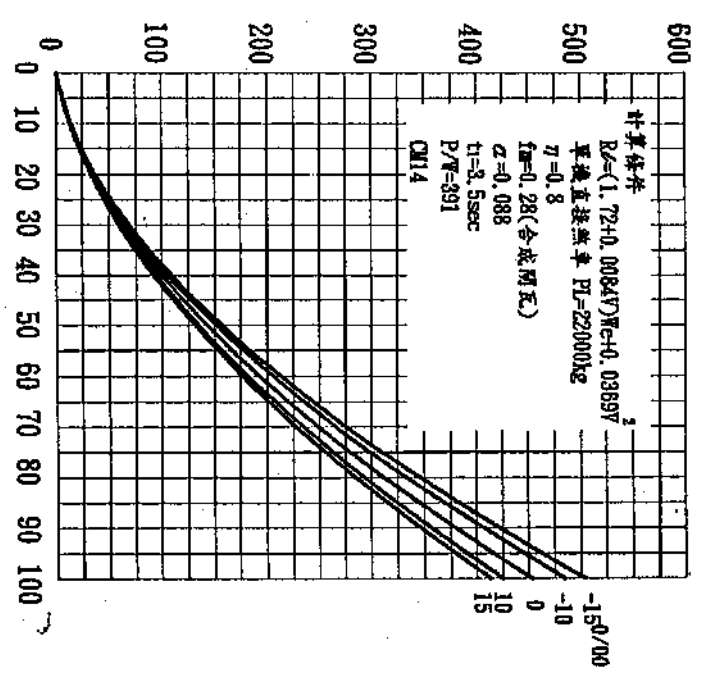
緊急煞車距離 (公尺)



煞車初速度 (公里/小時)

圖11-10貨物列車緊急煞車距離

緊急煞車距離 (公尺)



煞車初速度 (公里/小時)

圖11-11電車線工程車緊急煞車距離

3. 列車進站停車時之司軔把手操作方法：

1) 旅客列車(切斷把手放置客列位)。

如圖 11~12 所示，為各型機車操作要領如下：

- (1) 於預定之緊軔開始地點以自閥把手施 0.4 kg/cm^2 以上之軔管初減壓
(初減壓量依牽引車輛所用閘瓦之種類，列車速度之高低，路線坡度之大小，運轉時分之鬆緊等而異，通常約為 0.6 kg/cm^2 左右)。
- (2) 必要時作軔管之追加減壓；
 - ① 追加減壓應待前次減壓之軔管排氣完畢後施行。
 - ② 追加減壓量不要超過初減壓量。
 - ③ 追加減壓次數以不超過二次為原則。
 - ④ 為減少停車前之衝動，最後一次之減壓不可過於接近停車地點。
- (3) 旅客列車之鬆軔原則上使用階段鬆軔：
 - ① 階段鬆軔時之軔管增壓量每次約 0.3 kg/cm^2 。
 - ② 階段鬆軔次數最多以不超兩次為原則，軔管總減壓量超過 1.0 kg/cm^2 時於車速降至 35 K/H 附近及 20 K/H 附近各施一次，總減壓量未達 1.0 kg/cm^2 時僅在 20 K/H 附近施一次為理想。
 - ③ 階段鬆軔後軔管應仍留有 $0.4-0.8 \text{ kg/cm}^2$ 以上之減壓量。
- (4) 於停車地點 $1-10$ 公尺前(依連掛輛數，減壓量之多寡而異，輛數多減壓量大；均應較長)將自閥把手移於運轉位後再移置于最小減壓位(無最小減壓位者以相當於該減壓量之位置)使列車以緊軔拉緊之狀態停車。此時應以自閥把手置運轉位之時間調節，使停車時之機車軔缸壓力保持在 $0.5-1.0 \text{ kg/cm}^2$ 之間，俾防止停車時緩和衝動。

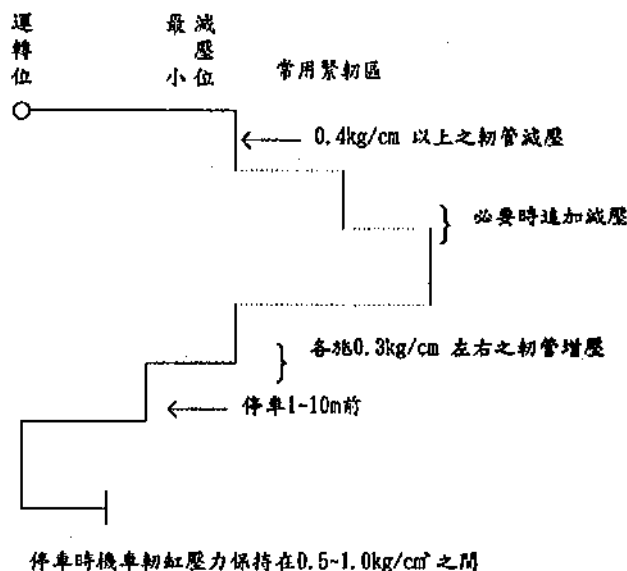


圖 11-12 E100~E400 型機車司軔閥把手操作要領(客列)

2)貨物列車(切斷把手放置貨列位)：如圖 11~13 所示：

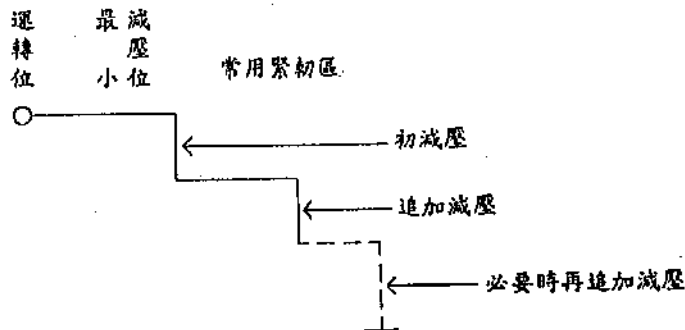


圖 11-13 貨物列車司軔閥把手操作要領

- (1)於預定之緊急開始地點以自閥施予軔管之最小減壓(即將自閥把手移於最小減壓位,無最小減壓位之機車置于 0.4 kg/cm^2 之減壓位)。
- (2)俟初減壓之軔管排氣完畢經過約 5~10 秒後再施予適當之軔管追加減壓,其後如有必要時可再作適當之軔管追加減壓。
 - (a)追加減壓除第一次以外,應待前次減壓之軔管排氣完畢後施行。
 - (b)追加減壓量不要超過初減壓量。
 - (c)追加減壓之次數以不超過二次為原則。
 - (d)為減少停車時之衝動最後一次之減壓,不可過於接近停車地點。

(3)列車以最末一次減壓之狀能停車。

3)速度控制式列車(電聯車、電軔控制減速)

電聯車正常減速可由速度把手(電門把手)控制,則由高速位移置低速,以電軔降速。又電軔與氣軔間互有連鎖,當氣軔把手放置切斷位,電空(E.P)開關放置閉合(ON)位時,電門把手則變成電軔把手：

- (1)於預定之緊急開始地點以電軔把手(電門把手)自高速位(100K/H)移置低速位(20K/H),馬達電軔電流則由 120K/H 之 400A(EMU100 型),逐漸降至 150A。軔力可保持 2.0K/H/S 左右之減速度不足軔力部份,自動由空氣軔缸作用補足。
- (2)車速降至 20K/H 之前操作司軔把手,改為電空(E.P)煞車。
- (3)以司軔把手調節電空軔機,對準停車位置停車。
- (4)為減少停車前之軔力過大,於即將停車 3~5 公尺前,降低軔缸壓力以七段式繼動閥 1~2 段之壓力($0.5 \sim 1.0 \text{ kg/cm}^2$)停車為宜。
- (5)停車後司軔把手移置 2~3 段位,以保持軔缸壓力 $1.0 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2$ 停車,俟即將開車時鬆軔之(EMU500 型電軔把手與氣軔連鎖,停車中自動發生 1.5 kg/cm^2 之軔缸壓力,俟電門把手移置調車(RUN)位以上時自動鬆軔)。

- 4)速度電門把手改以牽引力把手列車(E.P 開關切斷“OFF”位時)：
- (1)於預定緊軔開始地點以司軔把手施以1~2段之軔力。
 - (2)俟3~5秒鐘，軔缸發生0.5~1.0 kg/cm²之壓力後，追加司軔段位至3~4段，保持軔缸壓力在1.5~2.0 kg/cm²為原則。
 - (3)必要時追加段位，追加不超過二次，不超過6段以上為宜。
 - (4)車速下降後可施以階段鬆軔，對準停車位置。
 - (5)為減少停車前之軔力過大，於即將停車3~5公尺前，移回1~2段之壓力(0.5~1.0 kg/cm²)對準停車位置停車。
 - (6)停車後增加1段之壓力(約1.5 kg/cm²)狀態，俟即將開車時鬆軔之。

三、電力列車用電量：

電力列車用電量可分為牽引動力用電及輔助機系統、空調等用電之合計，以“度”則千瓦小時(KWh)表示。

(一)用電計算關係式：

用電量：電流×電壓×時間：

①機車或電車組總用電量

$$W = \frac{\Sigma I \times E}{1000} \times T$$

W	: T時間內之總用電量(KWh)
ΣI	: 機車或電車組之全電流(A)
E	: 電車線電壓(V)
T	: 時間(h)

②牽引動力用電量

$$W_H = \frac{\Sigma i \cdot e}{1000} \times T = \frac{\Sigma i \cdot e}{3.6 \times 10^6} \times t$$

W_H	: 單位時間內牽引動力用電(Kwh)
Σi	: 牽引馬牽引電流(A)
e	: 牽引馬達電壓(V)
T	: 動力運轉時間(h)
t	: 動力運轉時間(sec)

③輔助機系統 MA 組等其他用電量

$$W_x = W - W_H$$

W_x : 輔助機用電量(Kwh)
 W : 機車或車組總用電量(Kwh)
 W_k : 牽引動力用電量(KWh)

(二)實測列車用電量

①電力列車千噸公里用電量：

電力列車用電量與動力車型式、牽引重量之多寡、車速之高低、空調設備、司機員之操作電門情形等有關，前經於 20 km 試車線(竹北—富岡間)測驗結果，據 66.9.21 台鐵電化工程協商(德國顧問 DEC)備忘錄 GE、GEC 機車千噸公里(1000T.KM)耗電量如下：

	普通旅客列車	貨物列車	快車
GEC	32.4KMh/1000 ^{T-KM}	17.8KMh/1000 ^{T-KM}	
GE	30.3KMh/1000 ^{T-KM}	19.2KMh/1000 ^{T-KM}	
平均	31.35 ≈ 31.4KMh/1000 ^{T-KM}	18.5KMh/1000 ^{T-KM}	25 KMh/1000 ^{T-KM}

註：目前各變電站之契約容量則採用上項電力耗電量按如下計算：

變電站 1/4 小時最大需電量 = 各變電站饋電區間內各 1/4 小時各列車次數(分貨物列車、普通車、快車含電聯車) × 各列車平均重量(TON) × 饋電距離(km) × 各列車電力耗電量(Wh/T·km)之總計 × 1.6 為契約容量(採用列車最密集 15 分鐘之最大值)。惟因國外鐵路有的先算出一小時最大出力，再計算瞬時最大出力為契約容量如下：

$$Z = Y + C\sqrt{Y}$$

Z：瞬時最大出力

Y：變電站一小時最大出力(饋電距離 × 電力耗電量 × 列車噸數 × 一小時列車次數)。

C：依列車運轉一列車之最大電流值，變電站位置等不同條件之係數。

②電力列車一次側變壓器電流實測記錄

如圖 11~14、11~15、11~16(機務處正工程司蔡武雄先生會同電務處測驗提供之一部份)各為 GEC(E100 型)GE(E200 型)及電聯車(EMU500 型)，分別在三義~泰安間，+25 0/00 區段，實測變壓器一次側電流之結果，略如下：

	一次側開車 加速最大電流	電門切斷位(惰力運轉) 輔助機系用電電流	日期、區間 (上下行)	備註
GEC 機車	128A	2A	85.3.7 泰安—勝興 (上行)	停車再開、牽引 馬達最大電流 360A
GE 機車	150A	15A	85.3.7 三義—勝興 (下行)	停車再開、牽引 馬達最大電流 600A
EMU500	105A	5A	85.2.27 三義—勝興 (下行)	

(三)使用成績統計表

表 11~3 為 84 年用電量分析統計數字，因用電費用包括基本電費、流動電費、超約罰款及電力因數退款等四部份加減後再加 5%之營業稅。

$$\textcircled{1} \text{基本電費} = \text{契約容量} \times \frac{207 \text{元(夏月日)}}{153 \text{元(非夏月日)}} \times 0.95 \text{(鐵路用電打 9.5 折)}$$

夏月：6.1~9.30：207 元，非夏月：夏月以外之時間：153 元

$$\textcircled{2} \text{流動電費} = \left[(\text{尖峰用電度數} \times \frac{1.95 \text{元“夏月”}}{1.88 \text{元“非夏月”}}) + (\text{離峰用電度數} \times \frac{0.76}{0.70} \text{元}) \right] \times 0.95$$

夏月：尖峰電費 1.95 元，非夏月：1.88 元，離峰夏月：0.76 元，

非夏月：0.7 元

$$\textcircled{3} \text{超約罰款} = \text{超過契約容量 10\% 以內部份} \times \text{基本電費} \times 2 \\ = \text{超過契約容量 10\% 以上部份} \times \text{基本電費} \times 3$$

$$\textcircled{4} \text{電力因數退款} = \frac{(\text{功率因數} - 80) \times (\text{基本電費} + \text{流動電費}) \times 1.5}{1000}$$

$$\text{總電費} = \text{【}\textcircled{1} + \textcircled{2} + \textcircled{3} + \textcircled{4}\text{】} \times 1.05$$

表 11 ~ 3

84年用電量分析統計表

85年1月24日 行車技術課

月	行駛公里 (KM)	列車噸公里 (T·km)	用電量 (Kwh)	電費總計 (NT\$)	百噸公里 耗電 (Kwh/100T·km)	每公里 耗電 (Kwh/km)	平均每度 費用 (NT\$/Kwh)	平均每公 里費用 (NT\$/km)	百噸公里 費用 (NT\$/100T·km)	機車公里 (km)	電車公里 (km)
1	1,950,878.2	767,410,846.9	17130000-	34266983.-	2.232	8.781	2.000	17.561	4.464	1,400,688.1	550,190.1
2	1,747,937.6	677,557,411.9	20527296-	36563045.-	3.030	11.743	1.781	20.916	5.396	1,238,178.0	509,759.6
3	1,894,887.9	734,802,316.1	17388000-	35412170.-	2.366	9.176	2.037	18.692	4.819	1,365,711.8	529,176.1
4	1,873,126.1	724,807,609.7	18786000-	36321900.-	2.592	10.029	1.933	19.386	5.010	1,347,272.8	525,853.3
5	1,878,377.0	712,973,472.8	19872000-	38374568.-	2.787	10.579	1.931	20.429	5.382	1,349,545.2	528,831.8
6	1,849,700.3	704,263,711.1	20068800-	43141454.-	2.850	10.850	2.150	23.327	6.127	1,321,129.9	528,570.4
7	1,911,667.8	732,334,017.1	19650000-	43296846.-	2.683	10.279	2.203	22.645	5.911	1,362,682.3	548,985.5
8	1,898,645.9	720,199,362.8	20904000-	48393543.-	2.903	11.010	2.315	25.488	6.270	1,345,689.9	552,956.0
9	1,815,405.6	678,792,949.6	18169685-	43206873.-	2.677	10.009	2.378	23.800	6.365	1,276,710.1	538,695.5
10	1,905,579.1	721,702,941.5	18780000-	37028313.-	2.602	9.8550	1.972	19.435	5.131	1,344,047.5	561,531.6
11	1,922,591.1	718,379,765.4	20535510-	40227723.-	2.859	10.681	1.959	20.924	5.600	1,304,242.2	618,348.9
12	2,036,462.4	747,610,518.3	17715510-	35642894.-	2.370	8.699	2.012	17.503	4.768	1,332,732.6	703,729.8
合計	22,685,259.0	8,640,834,923.2	229,526,801.-	471,876,312.-	2.656	10.119	2.056	20.802	5.461	15,988,630.4	6,696,628.6

備註

功因加減：以 80% 為基準，每低 1% 電費(基本電費+流動電費)增加 0.3%，每高 1% 電費(基本電費+流動電費)減少 0.15%。

實際計費需量 = 每月最高負載需量(15 分鐘平均值) × 0.85(重合因數)

$$\text{重合因數} = \frac{\text{各變電站同時間之最高實際需量}}{\text{各變電站非同時間之最高實際需量}} = 0.85$$

$$\begin{aligned} \text{◎Cos } \Theta &= \frac{\text{有效電表度數}}{\sqrt{\text{有效電表度數}^2 + \text{無效電表度數}^2}} \\ &= \text{Cos } \tan^{-1} \frac{\text{無效電表度數}}{\text{有效電表度數}} \end{aligned}$$

惟因契約容量常因連續假日之加開臨時列車、變電站轉供、發生列車阻礙或停電後同時數趟列車一起開車用電等致超約罰款，故每月平均每度費用亦不盡相同。

茲以平均每百噸公里費用 5.461 元/100T.KM 計算莒光號(E200+12 輛 420 噸)台北-高雄-往復用電費約為 21000 元左右。

$$\text{【}(96+420)\text{噸} \times 375\text{KM} \times 5.461 \text{元} \times 2/100 = 21134 \approx 21000 \text{元} \text{】}$$

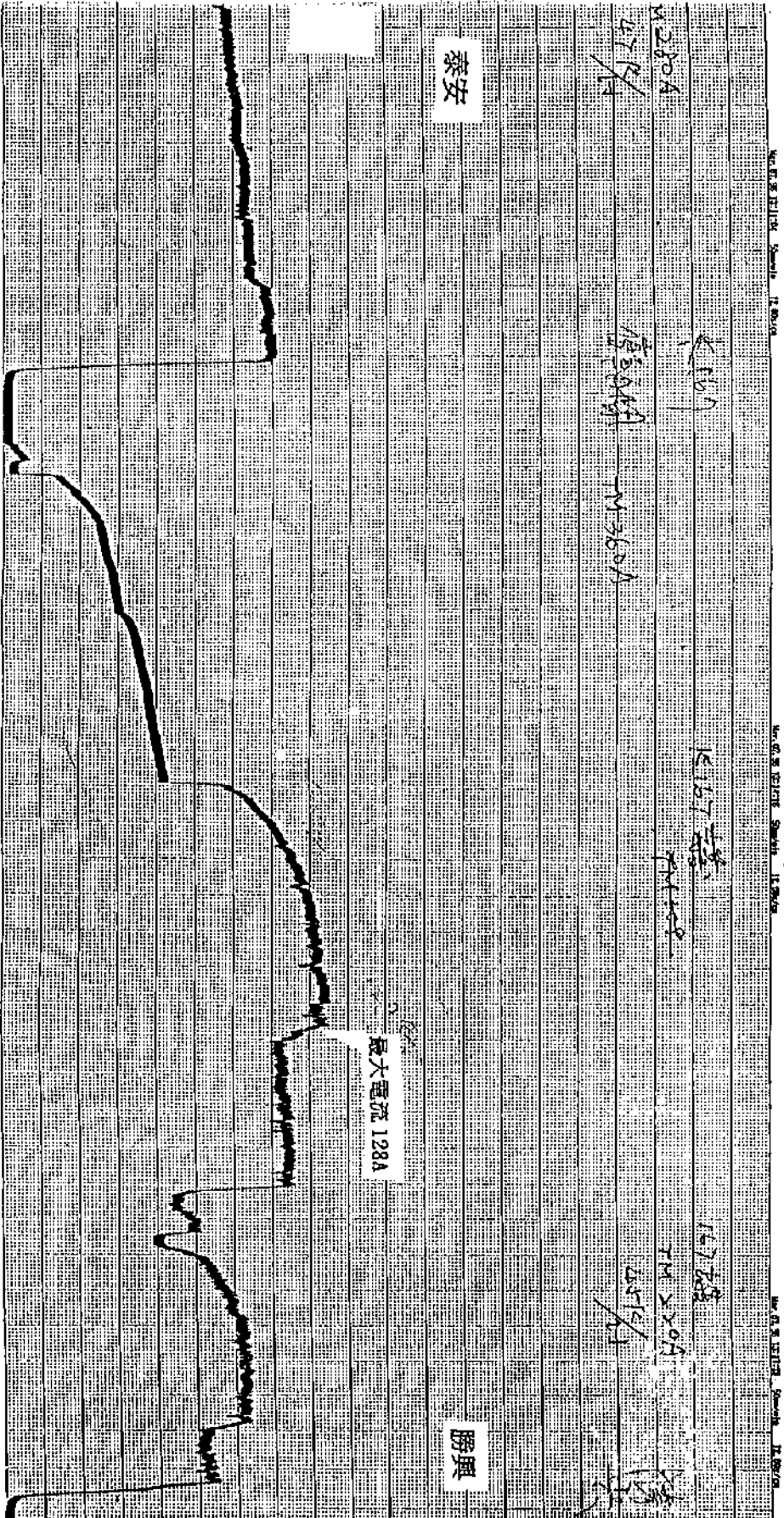


圖 11 ~ 14 泰安—勝興間 GEC 機車變壓器一次側電流測驗記錄

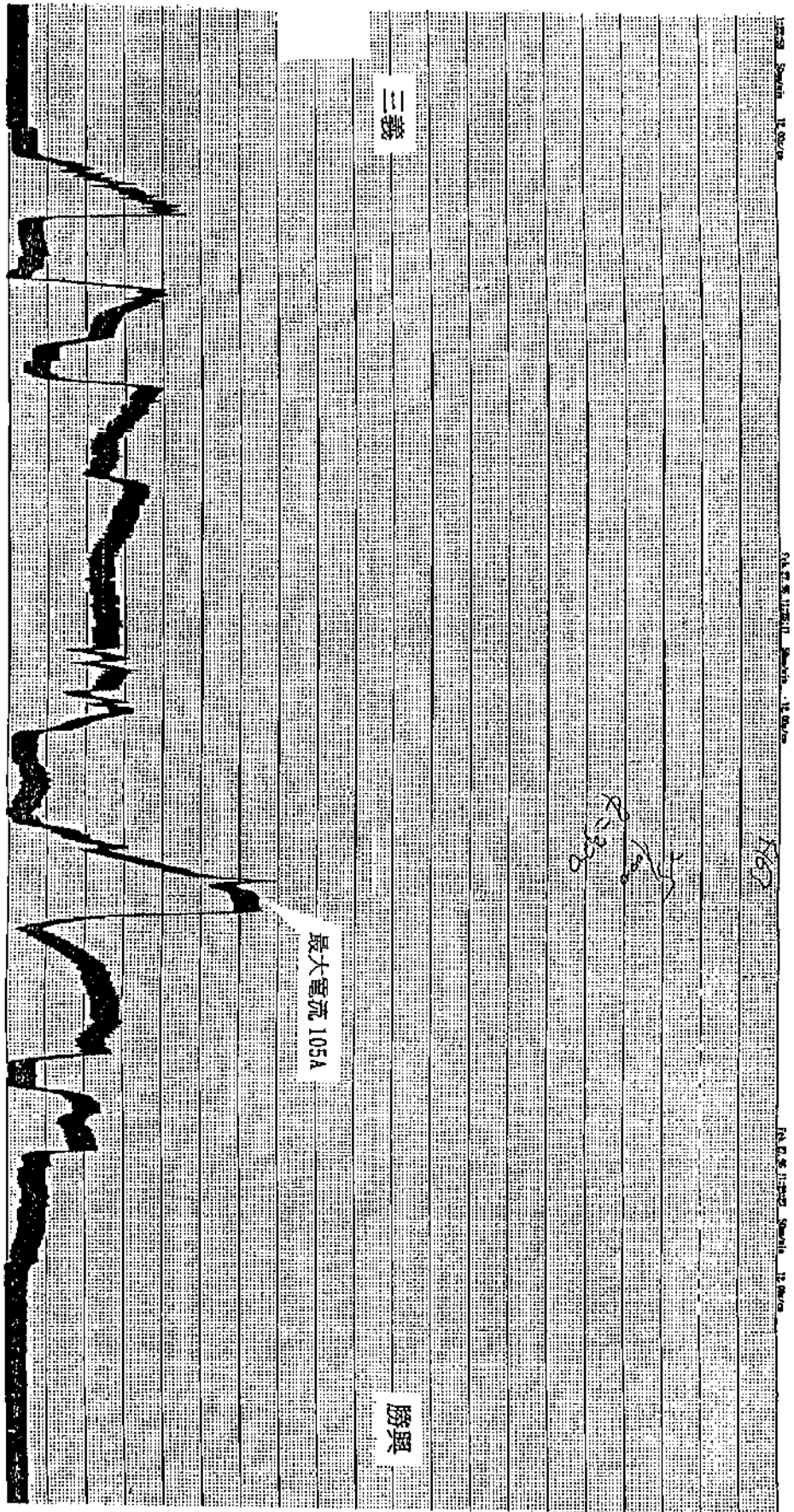


圖 11 ~ 16 三義一勝興間 EMU 500 型變壓器一次側電流測驗記錄



南港電力調配室 — 變電站：南港、內壢、樹林、新竹、苗栗。
分界點：桃園、富岡、竹南、三義。

彰化電力調配室 — 變電站：甲南、豐原、彰化、石榴、嘉義、善化、岡山。
分界點：通宵、大肚、台中、田中、大林、新營、南台南。

二、電力調配

(一)電力調配之原則

電化鐵路對電力車之饋電應保持高度可靠性，盡量不使電力中斷。即使當設備檢查、保養工作或發生故障時，亦應對電力作迅速而有效之調度，務期對饋電之影響減至最小，以減低對行車之影響。

1. 69KV 輸電線路故障時：

每一變電站自台電公司一次變電所架有 69KV 三相輸電線二路，經常輸電。當某一路保養或故障停用時，即可改由另一路供電。

2. 主變壓器故障時：

各變電站均設有兩只主變壓器，當其中某一變壓器故障時，可改由另一變壓器單獨饋電。

3. 電車線故障時：

① 複線區間

複線區間之電車線係經常並聯饋電，當某一電車線斷落故障時，距變電站遠端部份，可經由平行之另一電車線饋電。

② 單線區間

電車線發生故障時，距變電站遠端部份，改由鄰近變電站饋電。

(二)電力調配員之任務

電力調配室由電力調配員二人值班，每一電力調配員應對本身所發佈之指令及經辦之開關作業負責。

1. 電力調配員之職責

- ① 保持所轄系統之正常供電。
- ② 參照模擬圖及開關作業配置圖執行必要之開關操作。
- ③ 標示模擬圖之正確位置。
- ④ 核准有關變電站及轄區之開關操作。但裝卸線及機、檢段內准予就地操作之開關除外。
- ⑤ 協助電力段維修電力設備。
- ⑥ 執行電力段長之臨時指令。
- ⑦ 填寫電力調配室日誌及其他必要之記錄。

- ④依照有關規定，迅速處理偶發事件。
- ⑤值班時應恪守崗位，非待交接班不可擅離。

2. 電力調配員之交接班

甲、交班

- ①交班前應完成值班時所應作之所有完整記錄。
- ②會同接班電力調配員，在日誌上簽認未完成之開關作業及未修復之故障，並作必要之交待。
- ③明確交待設備之現況及應注意事項。

乙、接班

- ①在模擬圖上執行每一外站及每一段模擬圖之燈炮測試。
- ②操作每一外站之試驗用斷路通電及斷電各一次。
- ③檢查錄音機之工作情形。警報設備是否在「ON」位置，並在錄音帶使用記錄卡上記錄錄音帶之使用情形。
- ④閱讀特別指令、電力調配室日誌及有關電報、公文、資料等，並簽認。
- ⑤會同交班電力調配員簽認未完成之開關作業及未修復之故障。

3. 電力調配室日誌之記錄

甲、下列事項應記入電力調配室日誌

- ①任何開關操作。
- ②斷路器之跳脫、原因及查詢之經過。
- ③變電站設備、電車線設備，遙控設備、電訊設備、錄音機、空調機及其他附屬設備之故障及處理情形。
- ④模擬圖上之警告及處理情形。
- ⑤意外事件。
- ⑥其他有關事項。

乙、電力調配室日誌按頁數順序取用，無論空白或使用過之日誌，均應妥為保存，不可缺頁。

丙、電力調配室日誌按發生時間逐項記錄之。

丁、電力調配室日誌之記錄應使用原子筆或鋼筆、禁止擦除。如因更正予以劃改時，應使原記錄仍可辨識而明責任。

(三) 異常供電及故障處理

1. 改變供電

系統正常運轉時，所有開關應置於正常位置。由於故障或其他情事必須改變供電狀況時應注意下列幾點：

- ①轉供前、後之抄錶事宜。
- ②考慮故障短路電流及變電站之電驛設定。
- ③不得使同一變電站之 M 相及 T 相相連接。
- ④不得使不同變電站之同相或異相相連接。
(苗栗變電站 M 相及豐原變電站 M 相例外)
- ⑤不得使集電弓有將二供電區間相連接之機會。

- ⑥閉合或開啓分段開關(K1、K2、A、B)應先開啓有關之斷路器。
- ⑦開啓電車線開關時，應注意不可啓斷過大電流。

2. 系統故障

系統發生故障短路跳脫時，處理之原則：

- ①參照模擬圖上警告燈與裝設於車站之電車線故障監視器，儘速查出故障之原因與區段。
- ②試送電時須先將自動復閉鍵扳在「非自動復閉」位置。
- ③爲判斷故障區段而分段試送電時，應以最少之開關操作及最短之時間爲原則。
- ④故障區段查出後應予以隔離，並通知有關單位。
- ⑤應與行車調度員密切連繫，並儘可能提供供電中斷之時間。
- ⑥遙控設備故障時，應即通知有關電力段調派開關操作員赴指定之變電站值班。
- ⑦各車站之電訊全面斷絕時，各車站之開關作業由值班站長決定及操作。但以搶修需要爲限，東、西正線以不同時斷電爲原則。
發生其他意外事件時，應儘可能搜集有關意外事件之資料，並據以採取適當之措施。

3. 火警時

接獲電力設備附近發生火警時，處理之原則：

- ①應詢明地點、程度、與電力設備之距離及是否需緊急斷電。
- ②未接獲緊急斷電申請前，得不斷電。
- ③緊急斷電後，應即與行車調度員連繫。
- ④不論斷電與否，均應通知電力段派員查看。

三、開關作業

(一)開關作業之原則：

電力系統之調配(Dispatch)乃在求電力系統之安全運用，保持優良之供電品質，確保列車之正常運轉，並進而求經濟之調配與配合設備之檢修。電力調配員於執行開關操作，發佈開關操作指令時，由前節所述之調配作業實例可知，由於開關作業之不當，影響設備、人員之安全及列車之正常運轉至巨。依據台鐵電力系統之特性，有關台鐵電力系統開關作業依下列原則爲之：

1. 操作指令與操作執行之原則：

- (1)開關操作指令務求簡單明確、以一操作、一指令爲原則。

開關操作指令發佈前，須先確認系統之狀況，開關之正確位置，研討操作順序，定案後依序書寫於開關作業記錄簿，然後按順序一一發佈指令。

所謂「一操作，一指令」係指順序顛倒無關之諸操作可以一次指令；但操作順序不能任意變更者，則應逐一指令。

- (2)遵守斷路器、空斷開關操作先後秩序之原則。

- ①空斷開關之操作應在無電流狀況時始可施行。

空斷開關無啓斷大電流之能力，欲執行空斷開關之操作，須先確認其連

接之斷路器在啓斷之狀態。即在「斷電」時，應先開啓斷路器後才開啓空斷開關；「通電」時，應先閉合空斷開關後才將斷路器閉合。

②斷路器之操作通常應使電源端之斷路器在無電流(電流趨近於零)下施行。

斷路器之操作，於操作前應先核對擬操作之斷路器號碼無誤外，於執行斷電時應先開啓接近負載端之斷路器，最後才開啓電源端之斷路器。通電時，則反之。

(3)確實執行「複誦」過程：

開關操作命令之發佈，由於發話人之語調及語音等，易使受話人混淆誤認指令而生事故。電力調配員負責發佈開關操作指令，除應依前述務求簡單明瞭，並應確實要求受話人複誦指令，確認無誤後方可執行。

2. 停電工作之原則：

(1)預先停電工作：

預先之停電工作，應將擬停電之區間、時間及擬操作開關號碼等填入開關作業預定表，以作為發佈操作指令之參考。

(2)停電工作應作二段以上之隔離，以維安全。

停電工作，除開啓斷路器外，並應開啓接近工作點之隔離開關，以作二次隔離；如設備上無法作二段隔離時，應將斷路器操作電源或操作系統閉鎖，並裝接地線後方可通知工作負責人著手工作，以策安全。

25KV 電車線之停電工作，應將該供電區間饋電真空斷路器之復閉電驛閉鎖，並在工作地點兩端辦理接地後，方可開始工作。(兩接地點之距離，不得大於四公里，線路複雜地區，不得超過 300 公尺)。

(3)應詳審停電工作內容，避免非必要之停電作業，以維供電品質。

3. 活線工作之原則：

接獲活線工作要求時，除詢明工作地點、工作時間、工作內容外，應依下列原則辦理。

(1)輸電線及變電站遇一線停電保養作業時，另一線不得施行活線作業，以維供電安全。

(2)應閉鎖活線工作區段饋電斷路器之復閉電驛(Auto Reclose Relay)。

電力調配員於接獲活線工作負責人開始工作要求時，應將該工作區段饋電斷路器之復閉電驛閉鎖(69KV 輸電線部份應通知台電一次變電所值班主任)，並在該工作區段之模擬圖上懸掛「活線工作牌」，然後才可通知工作負責人開始工作。

(3)線路跳脫停電處理原則：

①活線工作中線路跳脫停電時，電力調配員應先查詢活線工作人員消息。如無法確知該線路跳脫停電是否與活線工作人員之安全有關，應俟 15 分鐘後始可試送電。

②活線工作人員在工作中如獲知該線路停電，無論該線路跳脫之原因由活線工作或其他事故所引起，均應立刻離開工作地點，並以最迅速方法與

電力調配員取得連繫，經同意後方可繼續工作。

4. 事故處理之原則：

(1) 隔離故障區間：

①故障地點之判斷、隔離應以最少之開關操作及最小之隔離區間為之。故障跳脫後，應先查詢供電區間之狀況。於試送電判斷故障地點時，應以最少之開關操作，在最短時間內使故障範圍縮至最小，以維其他區段供電之正常。

②利用電車線饋電短路監示器判斷故障地點。

於複線區間之各站站內均設有電車線饋電短路監示器(Ⓢ C.T ALARM) 遇電車線饋電短路時，設於故障點鄰近站之電車線饋電短路監示器會發出警報。於發生電車線饋電短路跳脫時，電力調配員應先查詢該供電區間各站監示器警報情形，據以判斷故障地點。

(2) 查詢故障原因：

①依模擬板警告裝置判斷狀況：

電力調配室模擬板上之警告裝置如表 4-1。於發生故障跳脫時電力調配員應詳載警報顯示情形，判斷警報狀況，以利分析、判斷故障原因。

	1	2	3	4	5	6	7
X	LINE 69KV O/C TRIP	LINE 69KV OVER VOLTAGE	LINE 69KV UNDER VOLTAGE	TRACK FEEDER O/C	TRACK FEEDER PROTECT TRIP H	25KV UNDER VOLTAGE	TELEMETR 12V FAIL
Y	TRANS 69KV OR 25KV O/C TRIP	T1,T2,T3 EUCH TRIP	T1 BUCH OR W.T ALARM	T2 BUCH OR W.T ALARM	TRACK FEEDER PROTECT TRIP T	25KV OVER VOLTAGE	T3 BUCH OR W.T ALARM
Z	PROTECT 110 DC FAIL	TELEMTRY 60V FAIL	220V OR 110V AC FAIL	BATT FAULT	TELEMTRY FAULT	CONTROL FAULT	T1,T2,T3 W.T TRIP
G	P.F.C TRIP	P.F.C ALARM					

表 4-1 電力調配室警告設備

②收集供電區間有關資料：

故障跳脫於處理後，應儘可能收集供電區間之事故概況、列車運轉、氣候狀況、電驛動作及其他有關之情事並一一記載，以利分析、判斷故障原因。

5. 經濟運轉之原則：

(1) PFC 操作規則：

台鐵功率因數改善設備(PFC)係採用經常接入系統方式，功因改善設備以經常加入系統運轉為原則。功因設備之裝置除可減少電力損失，改善電壓外，依台電公司規定，另作為電價之加/減計算(以 80% 為準，高於 80% ，全月電費減收 1.5 0/00；低於 80%，每低 1% ，全月電費加收 30/00。)，故提高功因可減少電費之支出。惟遇下列情事時應將 PFC 設備「啓斷」。

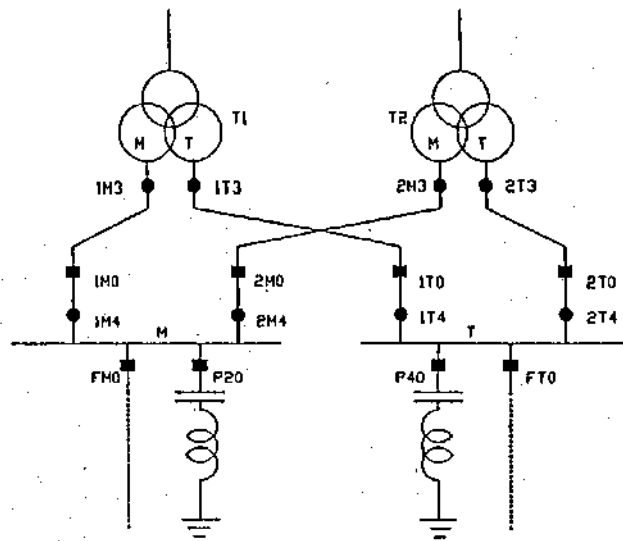


圖 4-1

①相匯流排「斷電」時：

台鐵功因設備係裝在變電站 25KV 側 M 相及 T 相匯流排。如圖 4-1。為避免開關操作時由功因設備引起之突波電流對設備之影響，故於相匯流排「斷電」時應先將諧波濾波器 (PFC) 設備「啓斷」。並於相匯流排恢復供電後，才可將 PFC 設備「接通」。

②過壓(Over Voltage)時：

功因設備之加入可提高系統之電壓，於接獲過壓(Over Voltage)警報或通知時，應將 PFC 設備暫時啓斷，觀察適當時間後再予接通。

③功因超前時：

當負載減輕於接獲台電公司一次變電所值班主任通知功因超前時，應將 PFC 設備暫時啓斷，並於適當時間後再予接通。

(2)越區轉供電之原則：

①應儘可能避免越區轉供電：

越區轉供電除改變供電狀況涉及較多之開關操作外，對台鐵電費之計算方式較不利(使台鐵享受之基本電費優待計算方式部份被抵消)，故除變電站全停及電車線設備供電中斷外，應避免作越區轉供電。

②應適時通知抄錶：

越區轉供電，因涉及電費之計算，於轉供前、後均應適時通知台電公司一次變電所值班主任抄錶。

③應注意末端電車線短路電流值及變電站之電驛設定值。

越區轉供電時，饋電距離延長，即線路阻抗增大，此時應考慮饋電末端發生短路故障時之短路電流值與變電站饋電開關之電驛設定值，若兩饋電開關之電驛設定值之和大於短路電流值時，應啓斷其中電驛設定值較低之一饋電開關，以達系統保護目的。

(二)69/25KV 變電站開關作業

1. 變電站系統開關號碼編排之原則：

(1)69KV 側：

開關號碼 開關位置	開關名稱		
	油路斷路器 O.C.B	隔離開關 A.B.S	接地開關 E.S
紅線(Line1)	610	611,612...	612 E
白線(Line2)	620	621,622...	622 E
變壓器側	—	751,761,771	—
匯流排	—	601,602	—

(2)25KV 側：

開關號碼 開關位置	開關名稱			
	真空斷路器 V.C.B	隔離開關 A,B,S		
Tr.1	ØM	1MØ	1M3	1M4
	ØT	1TØ	1T3	1T4
Tr.2	ØM	2MØ	2M3	2M4
	ØT	2TØ	2T3	2T4
Tr.3	ØM	3MØ	3M3	3M4
	ØT	3TØ	3T3	3T4
饋電開關 Feeding, Sw.	ØM	FMO	—	—
	ØT	FTO	—	—

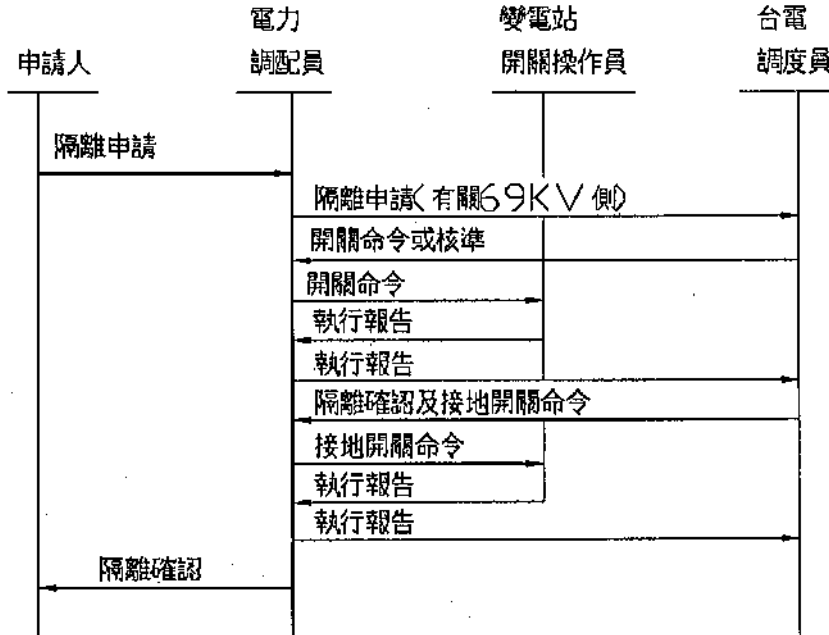
2. 變電站開關操作程序：

(1) 台鐵電化各變電站，係由台電一次變電所送電，台鐵變電站 69KV 部份之開關操作，均應聽命於台電一次變電所之值班調度員之指令。

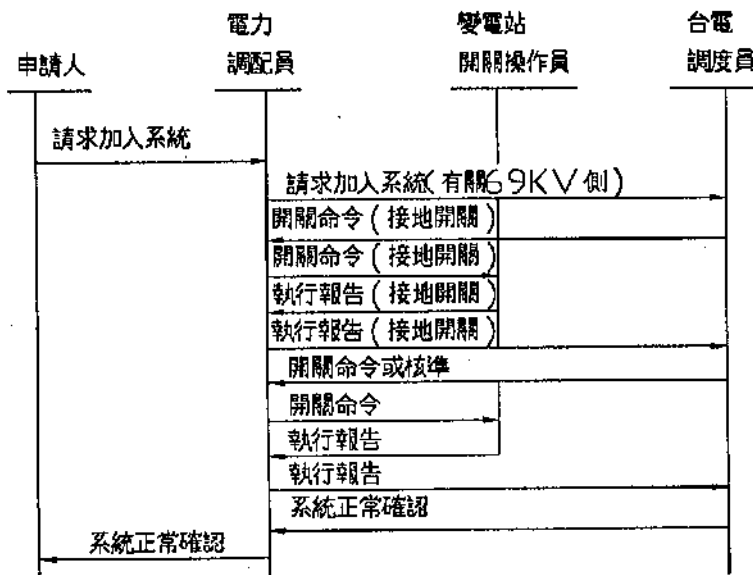
(2) 變電站各開關之操作，通常係由電力調配員於電力調配室遙控操作。若遙控設備故障，則必須由開關操作員在變電站執行開關操作。

有關 69/25KV 變電站開關作業程序如下：

① 斷電



② 通電



3. 變電站開關操作細則：

台鐵各變電站與台電公司有關之一次變電所均訂有操作規則，以為開關操作之依據。

例：鐵苗變電站操作規則(請參考第一章圖 1-2)

正常供電系統：

1. 一號主變壓器由鐵苗紅線、二號及三號主變壓器由鐵苗白線分別受電。
2. 各斷路器及空斷開關均接上，僅 #601 空斷開關及 #612E、#622E 接地開關經常啓斷。
3. 各保護電驛均正常使用。

(A) 一號主變壓器檢修工作停用時：

1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。
2. 一號主變壓器二次側(負載端)之斷路器啓斷。
3. #610 斷路器啓斷。
4. #751 空斷開關啓斷。(#611ABS 配合工作，則 #611 #612ABS 啓斷)。
5. #751 與一號主變壓器間掛妥接地線。(#611ABS 配合工作，則 #611 ~ #601 間及 #612 與 #610 間掛妥接地線)註：#601ABS 仍屬加壓設備，人員不得攀登。

(B) 一號主變壓器復電時：

1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。
2. #751 與一號主變壓器間之接地線拆除。(#611ABS 有配合工作時 #611 ~ #601 間及 #612 與 #610 間之接地線拆除。)
3. #751 空斷開關接上。(#611ABS 有配合工作時 #611、#612 接上)
4. #610 斷路器接上。
5. 一號主變壓器二次側(負載端)之斷路器接上。

(C) 二號主變壓器檢修工作停用時：

1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。
2. 二號及三號主變壓器二次側(負載端)之斷路器啓斷。
3. #620 斷路器啓斷。
4. #602 空斷開關啓斷。
5. #761 空斷開關啓斷。
6. #620 斷路器接上。
7. 三號主變壓器二次側斷路器接上。
8. #761~二號主變壓器間掛妥接地線。(註：#601、#602ABS 仍屬加壓設備，人員不得攀登。)

(D) 二號主變壓器復電時：

1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。)
2. #761~二號主變壓器間之接地線拆除。
3. 三號主變壓器二次側斷路器啓斷。
4. #620 斷路器啓斷。

5. #602 空斷開關接上。
 6. #761 空斷開關接上。
 7. #620 斷路器接上。
 8. 二號及三號主變壓器二次側斷路器接上。
- (E)三號主變壓器及#621ABS 同時檢修工作停用時：
1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。
 2. 一號、二號、三號主變壓器二次側(負載端)之斷路器啓斷。
 3. #610 斷路器啓斷。
 4. #620 斷路器啓斷。
 5. #602 空斷開關啓斷。
 6. #601 空斷開關接上。
 7. 一號、二號主變壓器二次側(負載端)之斷路器接上。
 8. #622 空斷開關啓斷。
 9. #621 空斷開關啓斷。
 10. #771 空斷開關啓斷。
 11. #771~三號主變壓器間掛妥接地線。
 12. #621~#602 間掛妥接地線及#620~#622 間掛上接地線。(註：
#602 空斷開關仍屬加壓設備，人員不得攀登。)
- (F)三號主變壓器及#621ABS 復電時：
1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。
 2. #621~#602 間接地線拆除及#620~#622 間接地線拆除。
 3. #771~三號主變壓器間之接地線拆除。
 4. #771 空斷開關接上。
 5. #621 空斷開關接上。
 6. #622 空斷開關接上。
 7. 一號、二號主變壓器二次側(負載端)斷路器啓斷。
 8. #610 斷路器啓斷。
 9. #601 空斷開關啓斷。
 10. #602 空斷開關接上。
 11. #610 斷路器接上。
 12. #620 斷路器接上。
 13. 一號、二號、三號主變壓器二次側(負載端)斷路器接上。
- (G)三號主變壓器檢修工作停用時：(其他設備無配合工作)
1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。
 2. 二號、三號主變壓器二次側(負載端)斷路器啓斷。
 3. #620 斷路器啓斷。
 4. #771 空斷開關啓斷。
 5. #620 斷路器接上。
 6. 二號主變壓器二次側(負載端)斷路器接上。

7. # 771~三號主變壓器間掛妥接地線。
(註：# 771ABS 仍屬加壓設備，人員不得攀登。)
- (H)三號主變壓器復電時：(其他設備無配合工作)
1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。
 2. # 771~三號主變壓器間之接地線拆除。
 3. 二號主變壓器二次側(負載端)斷路器啓斷。
 4. # 620 斷路器啓斷。
 5. # 771 空斷開關接上。
 6. # 620 斷路器接上。
 7. 二號、三號主變壓器二次側(負載端)斷路器接上。
- (I) # 610 斷路器停電檢修工作時：(即配合鐵苗紅線線路停用)
1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。
 2. 一、二、三號主變壓器二次側(負載端)斷路器啓斷。
 3. 鐵苗 # 610 # 620 斷路器啓斷。
 4. 鐵曲 # 601 空斷開關接上。
 5. 鐵苗 # 620 斷路器接上。
 6. 鐵苗一、二、三號主變壓器二次側(負載端)斷路器接上。
 7. 鐵苗 # 611 # 612 空斷開關啓斷(檢驗 # 610 三相電流均歸零後方可操作)。
 8. 苗栗 P/S # 670 斷路器啓斷。
 9. 苗栗 P/S # 673 空斷開關啓斷。
 10. 鐵苗 # 612E 接上及 # 610~ # 611 間掛妥接地線。
 11. 苗栗 P/S # 673E 接上。
 12. 若停電工作，線路於夜間不復電，工作暫停時，則聯絡地方調度員，接受下列指令，依次操作完畢後，工作人員方可離去。
 - (1) 鐵苗 S/S # 612E 啓斷及 # 610~ # 611 間接地線拆除。
 - (2) 鐵苗 S/S # 612 空斷開關接上。
 13. 翌晨恢復工作前，聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作完畢後，方可再繼續工作。
 - (1) 鐵苗 S/S # 612 空斷開關啓斷。
 - (1) 鐵苗 S/S # 612E 接上及 # 610~ # 611 間掛妥接地線。
(註：# 612 可同時配合工作，但 # 611ABS 仍屬加壓設備，人員不得攀登。)
- (J) # 610 斷路器復電時：(即鐵苗紅線線路復電)
1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。
 2. 鐵苗 # 612E 啓斷及 # 610~ # 611 間接地線拆除。
 3. 苗栗 P/S # 673E 啓斷。
 4. 苗栗 P/S # 673 空斷開關接上。
 5. 苗栗 P/S # 670 斷路器接上。

6. 鐵苗 #611、#612 空斷開關接上。
 7. 鐵苗一、二、三號主變壓器二次側(負載端)斷路器啓斷。
 8. 鐵苗 #620 斷路器啓斷。
 9. 鐵苗 #601 空斷開關啓斷。
 10. 鐵苗 #610、#620 斷路器接上。
 11. 鐵苗一、二、三號主變壓器二次側(負載端)斷路器接上。
- (K) #620 斷路器停電檢修工作時(即配合鐵苗白線線路停用)：
1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。
 2. 鐵苗一、二、三號主變壓器二次側(負載端)斷路器啓斷。
 3. 鐵苗 #620、#610 斷路器啓斷。
 4. 鐵苗 #601 空斷開關接上。
 5. 鐵苗 #610 斷路器接上。
 6. 鐵苗一、二、三號主變壓器二次側(負載端)斷路器接上。
 7. 鐵苗 #621、#622 空斷開關啓斷。(檢驗 #620 三相電流歸零後，方可操作)
 8. 苗栗 P/S #680 斷路器啓斷。
 9. 苗栗 P/S #683 空斷開關啓斷。
 10. 鐵苗 #622E 接上及 #620~#621 間掛妥接地線。
 11. 苗栗 P/S #683E 接上。
 12. 若停電工作時，線路於夜間不復電，工作暫停時，則聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作完畢後，工作人員方可離去。
 - (1)鐵苗 S/S #622E 啓斷及 #620~#621 間接地線拆除。
 - (2)鐵苗 S/S #622 空斷開關接上。
 13. 翌晨恢復工作前，聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作完畢後，方可再繼續工作。
 - (1)鐵苗 #622 空斷開關啓斷。
 - (2)鐵苗 S/S #622E 接上及 #620~#621 間掛妥接地線。
 (註：622 空斷開關可同時配合工作，但 #621 空斷開關仍屬加壓設備，人員不得攀登。)
- (L) #620 斷路器復電時：(即鐵苗白線線路復電)
1. 聯絡地方調度員，接受下列操作指令，依次操作。
 2. 鐵苗 #622E 啓斷及 #620~#621 間接地線拆除。
 3. 苗栗 P/S #683E 啓斷。
 4. 苗栗 P/S #683 空斷開關接上。
 5. 苗栗 P/S #680 斷路器接上。
 6. 鐵苗 #621、#622 空斷開關接上。
 7. 鐵苗一、二、三號主變壓器二次側(負載端)斷路器啓斷。
 8. 鐵苗 #610 斷路器啓斷。
 9. 鐵苗 #601 空斷開關啓斷。

10. 鐵苗 # 610、# 620 斷路器接上。

11. 鐵苗一、二、三號主變壓器二次側(負載端)斷路器接上。

(三) 25KV 電車線開關作業：

1. 開關作業配置圖：

電車線約每 20 公里為一供電區間，在同一區間各站站內之電車線視行車、調車、貨物裝卸及保養作業之需要，利用電車線之絕緣重疊，區分絕緣器及開關等，構成不同之網路，分成若干之電車線群。在保養或故障時，可以啓斷開關單獨隔離，使斷電之範圍縮至最小。

各站電車線開關、電桿、電車線群與股道、轉轍器間相互之關係，以及站內有關之設施，均標於各站之開關作業配置圖，以為開關作業之參考。如圖 4-2。

電力調配室置有模擬板，板上繪有轄區內各變電站及電車線等系統，並將各遙控開關、表示燈、電壓表、電流表、各車站內隔離開關等，依相關位置示於板上，以瞭解全系統之狀況。

2. 開關號碼編排之原則：

(1) 電車線開關：

開關號碼		開關名稱	饋電開關 Feeding Sw.	隔離開關 Isolator Sw.	中性區間	
					變電站	分界點
複 線	西正線	北	F1	1	A	K1
		南	F3	3		
	東正線	北	F2	2	B	K2
		南	F4	4		
單 線	北		F1	1	A	K1
	南		F2	2		
線				3- 饋電至 Group 3 4- 饋電至 Group 4		

圖 4-2

(2)電車線群：

- ①：複線區間站內西正線之電車線群。
- ②：複線區間站內東正線之電車線群。
- ③：單線區間站內西正線之電車線群。
- ④：單線區間站內東正線之電車線群。
- ⑦⑧⑨……，其他副線之電車線群。

於電力調配室之模擬板及各站之開關作業配置圖，均應以不同顏色標明各電車線群，以便易於識別。各電車線群之色碼如下：

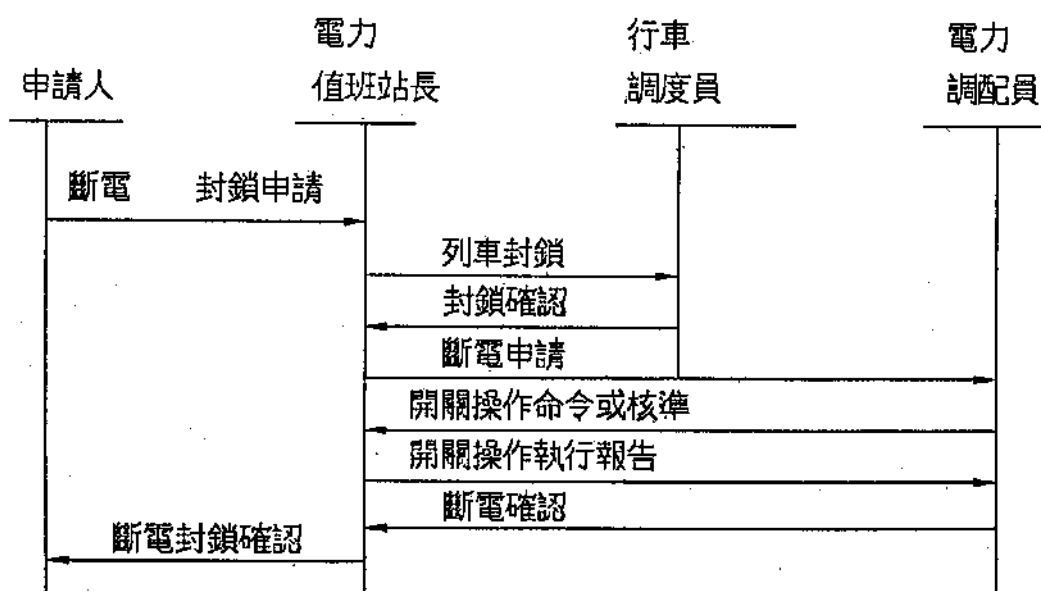
電車線群	色碼
1, 102, 201, 3	藍
2, 101, 202, 4	紅
6, 16, 26	黑
7	黃
8	綠
9	紅(藍)
106, 116, 126 206, 216, 226	黑(綠,黃)
站 間	

3.25KV 電車線開關作業程序：

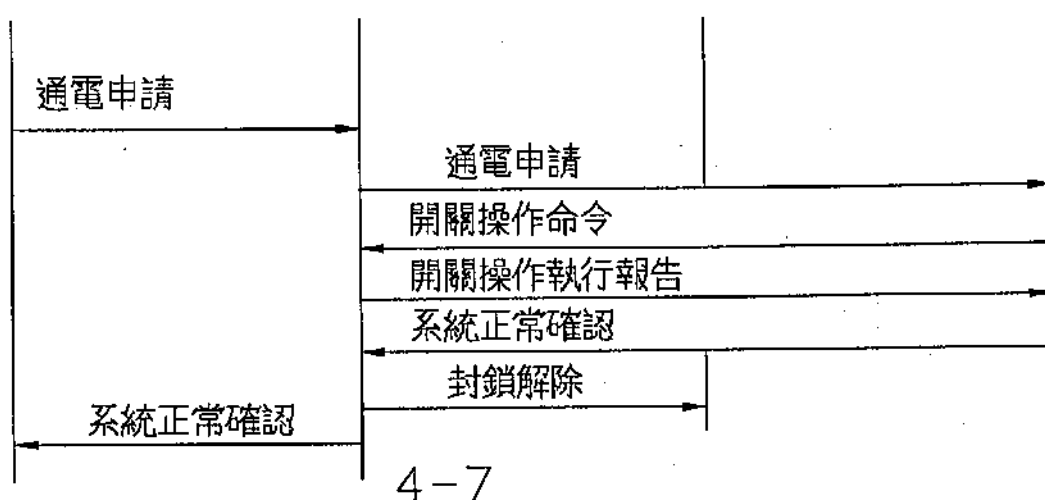
- (1)各車站電車線開關之操作，係由電力調配員發佈操作指令，由各車站值班站長執行操作。
- (2)電車線斷電後無法行駛電力車，故申請斷電時，應先經值班站長洽行車調度員同意。

有關 25KV 電車線開關作業程序如下：

(1)斷電



(2)通電



第五章變電站開關操作

一、概說

變電站開關操作為電力調配員主要任務之一，當遙控設備正常時，電力調配員經由遙控設備在調配室模擬板上操作變電站開關。當遙控設備失效時，電力調配員就地操作調配室所在之變電站(南港變電站或彰化變電站)之開關，其他變電站則交由各電力段派往之開關操作員就地操作。

變電站開關操作分開關操作規則(請參考變電站 69KV 及 25KV 開關作業注意要點)，開關電路說明及開關操作法等加以討論。除討論變電站內之油斷路器，真空斷路器及隔離開關外，並將討論變電站外之電車線饋電開關及車站內之電車線隔離開關。

變電站內之開關有部份連鎖，但僅及於油斷路器，真空斷路器與隔離開關間，不若號誌設備連鎖之完整，因此，開關操作不當，有可能造成相間短路，接地故障，而造成設備之損害，甚或人員之傷亡。對開關操作，除了熟練外，應培養立即的，正確的反應，切勿等閒視之。

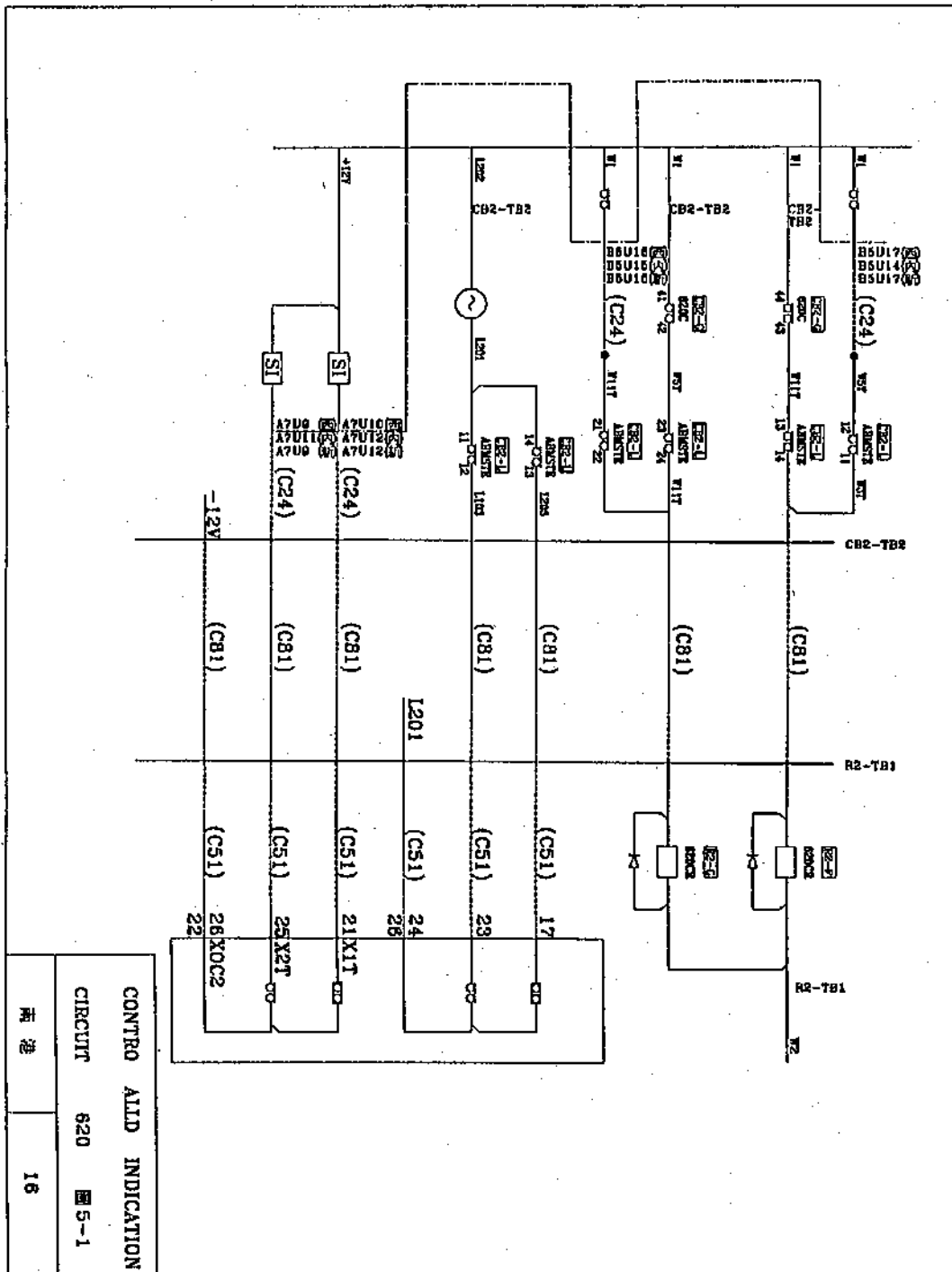
二、開關電路說明

各種開關在操作過程中有關電路之工作情形。包括油斷路器、真空斷路器、隔離開關、饋電開關、電車線隔離開關，分別討論如次。

(一)油斷路器(圖 5-1、5-2)

1.由電力調配員在調配室遙控。

- (1)在遙控設備正常運轉情況下，變電站內控制盤上之選擇開關應置放 REMOTE 位置。
- (2)電源 W1 (60V)經遙控設備接點、控制盤選擇開關 REMOTE 接點使在電驛盤 R2-F 位置之 620CR 繼電器動作。
- (3)斷路器操作箱內(室外)之選擇開關應置於 REMOTE 位置。
- (4)電源 J1(+125V)由電驛盤 R2 之保險絲 22 及 30 經 R2-D 自動復閉電驛之 CO 繼電器第一“b”接點，再經 R2-F 之 620CR “a”接點、油斷路器操作箱之選擇開關 REMOTE 接點、斷路器補助接點 X，斷路器閉合線圈、選擇開關 REMOTE 接點至 J2(-125V)而使閉合線圈激磁，使動作彈簧釋放而使斷路器閉合。
- (5)電源 J1 由 R2 之保險絲 30 經斷路器控制箱之選擇開關 REMOTE 接點、斷路器補助接點 W (彈簧上緊時閉合)及 g (閉合線圈加壓時閉合)保持閉合線圈激磁。
- (6)遙控用 0V 經斷路器之“a”接點使遙控設備內之狀態輸入繼電器動作，而將斷路器閉合之信息送回調配室。



CONTROL AND INDICATION
CIRCUIT 820 圖 5-1

圖 5-1

2. 由開關操作員在變電站內控制盤操作

- (1) 將控制盤上之選擇開關置於 STATION 位置。
- (2) 將斷路器所屬之操作開關扳至閉合位置，電源 L201 經斷路器之“b”接點(此時斷路器在斷路位置，“b”接點接通)。及控制盤上斷路器操作開關之閉合接點而使操作開關內之指示燈燃亮。
- (3) 按下操作開關並向閉合位置旋轉，電源 W1 經操作開關之閉合位置接點及選擇開關“STATION”接點，而使中繼電驛 620CR 動作。
- (4)~(6) 同 1 (4)~(6)
- (7) 當動作完成，斷路器之“b”接點開路，操作開關內之燈泡熄滅。

3. 由開關操作員在斷路器操作箱內操作。

- (1) 將操作箱內之選擇開關板至“LOCAL”位置。
- (2) 按下操作開關，並扳向閉合位置。電源 J3 經操作箱內保險絲 B、操作開關之閉合位置接點、選擇開關“LOCAL”接點、斷路器補助接點 X，閉合線圈及“LOCAL”接點至 J4。
- (3) 電源 J3 經保險絲 B、“LOCAL”接點、斷路器補助接點 W 及 g 而保持閉合線圈激磁。

(二) 真空斷路器(圖 5-3、圖 5-4)

1. 由電力調配員在電力調配室遙控。

- (1) 電源 W1 經遙控設備接點、開關控制盤選擇開關之遙控接點使中繼電驛 ITOCR 動作。
- (2) 電源 J1 經保險絲 F22 及 F30、ITOCR 動作接點，真空斷路器操作箱遙控位置接點，真空斷路器補助接點 X2、閉合線圈、真空斷路器“b”接點，選擇開關遙控接點至 J2，使閉合線激磁，閉合彈簧釋放，將斷路器閉合。
- (3) 0V 電源經斷路器閉合接點使遙控繼電器動作，將斷路器閉合信息傳回調配室。

2. 由開關操作員在變電站內開關控制盤操作。

- (1) 將控制盤上之選擇開關置於“STATION”位置。
- (2) 將操作開關扳至閉合位置，電源 L201 經斷路器啓斷接點，操作開關閉合接點而使操作開關內之燈泡燃亮。
- (3) 按下操作開關並旋轉至閉合位置，電源 J7 經操作開關閉合位置接點，選擇開關“STATION”位置接點使 ITOCR 動作。
- (4)、(5)與 1 (2)、(3)同。
- (6) 當動作完成，斷路器之啓斷補助接點開路，操作開關內之燈泡熄滅。

3. 由開關操作員在真空斷路器操作箱上操作。

- (1) 將操作箱上之選擇開關置於“LOCAL”位置。
- (2) 將操作開關按下，並旋轉向閉合位置。電源 J3 經保險絲 20、操作開關閉合位置接點、選擇開關“LOCAL”位置接點、補助接點 X2、閉合線圈、斷路器啓斷補助接點、選擇開關“LOCAL”位置接點而使閉合線圈激磁。

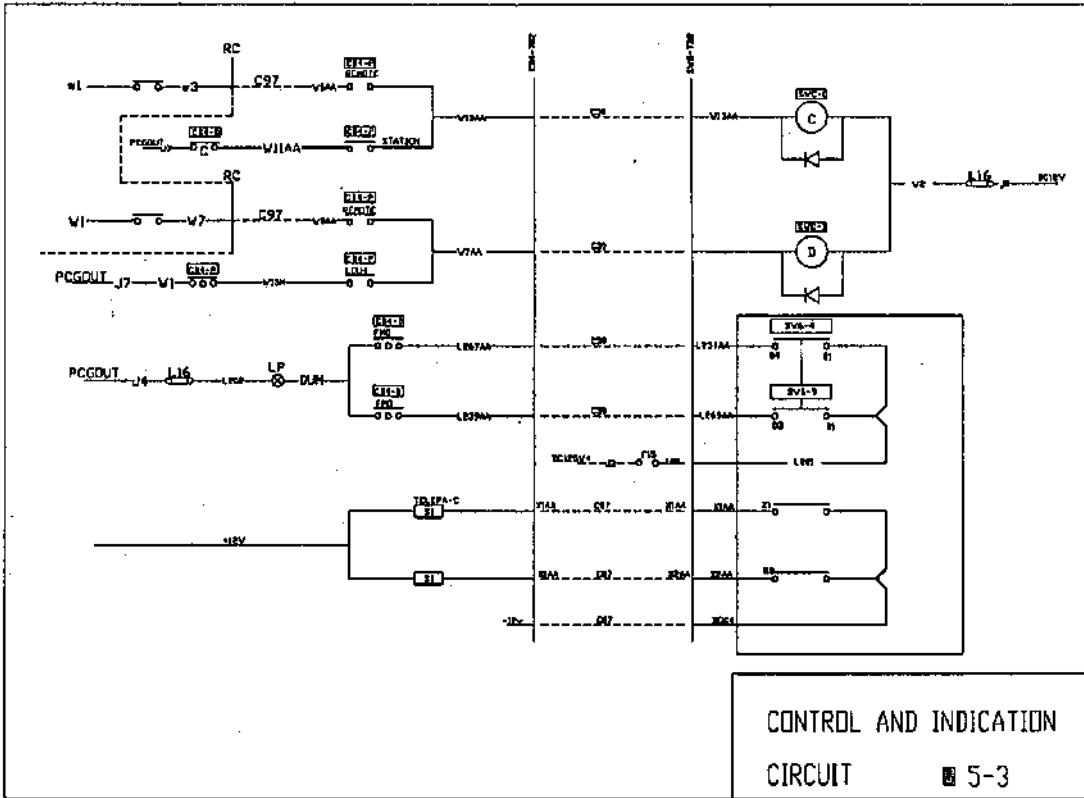


图 5-3

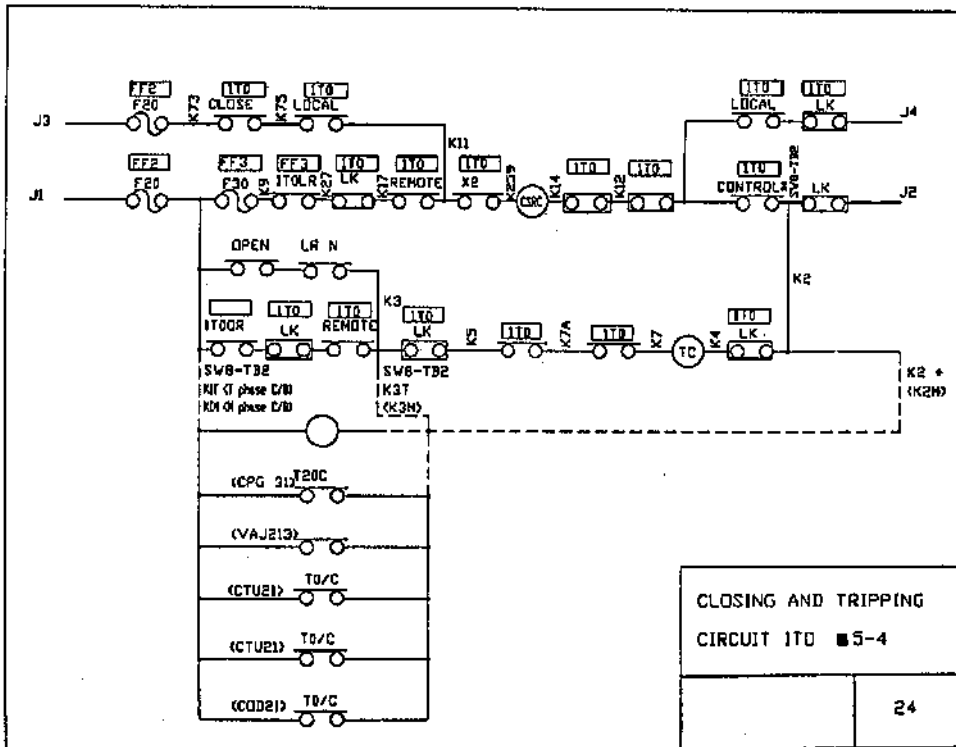


图 5-4

(三) 隔離開關(圖 5-5、圖 5-6)

1. 由電力調配員在調配室遙控

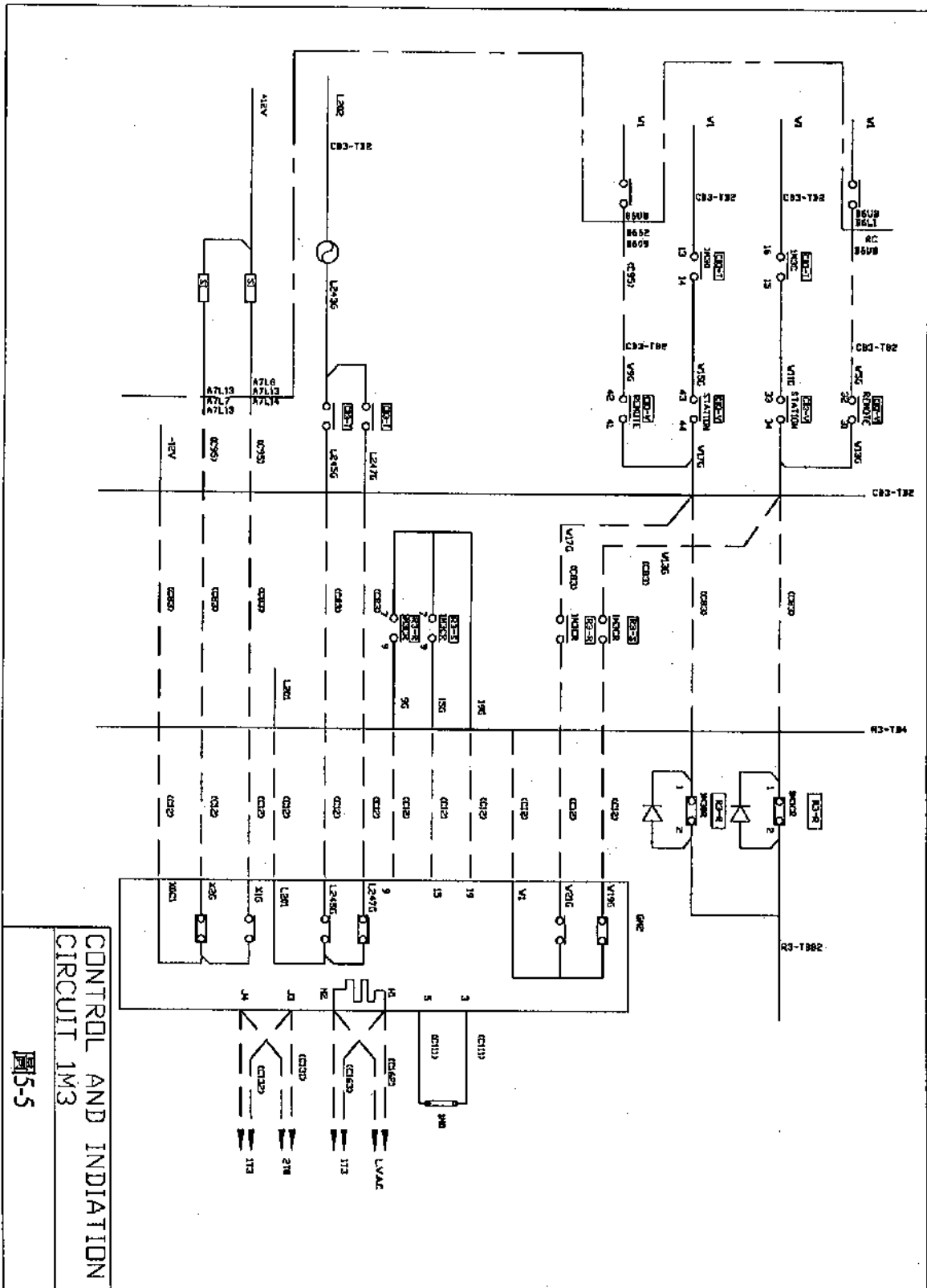
- (1) 電源 W1 經遙控設備接點、控制盤上選擇開關遙控位置接點、使 1M3CR 繼電器動作。
- (2) 電源 W1 經隔離開關啓斷補助接點，1M3CR 動作接點保持 1M3CR 動作。
- (3) 電源 +125V 經保險絲、連鎖接點(隔離開關與相關之斷路器連鎖，以避免切斷大電流。)、操作箱內選擇開關之遙控接點、1M3CR 動作接點、啓斷電磁開關“b”接點，閉合電磁開關“b”接點，閉合電磁開關線圈、手動操作微動開關“b”接點，手動操作電氣鎖錠微動開關“b”接點、電氣鎖錠動作接點、過負載保護電驛“b”接點而使閉合電磁開關動作。(本電路構成前電氣鎖錠先行解鎖，電路係經由隔離開關啓斷補助接點。)並經自身接點保持動作。
- (4) 當動作完畢、電鎖靠重力落入鎖錠位置(當開關動作約一半時，補助接點“b”即開路，電鎖失磁，但靠機械力量而使保持在動作位置。)而使其動作接點開路，閉合電磁開關去磁而終止馬達旋轉。
- (5) 0V 經閉合補助接點使遙控設備繼電器動作，將隔離開關閉合之信息傳回調配室。

2. 由開關操作員在變電站內控制盤上操作。

- (1) 將控制盤上選擇開關扳至“STATION”位置。
- (2) 將操作開關扳至閉合位置，電源 L201 經隔離開關啓斷補助接點及操作開關閉合置接點，使操作開關內之燈泡燃亮。
- (3) 將操作開關按下並轉至閉合位置。電源 W1 經操作開關閉合位置接點及選擇開關“STATION”位置接點使中繼電驛 1M3CR 動作，並經自身動作接點及隔離開關補助接點“b”而保持動作。
- (4)~(6) 同 1 (3)~(5)
- (7) 當動作完畢，啓斷補助接點開路，操作開關內之燈泡熄滅。

3. 由開關操作員在開關操作箱內操作

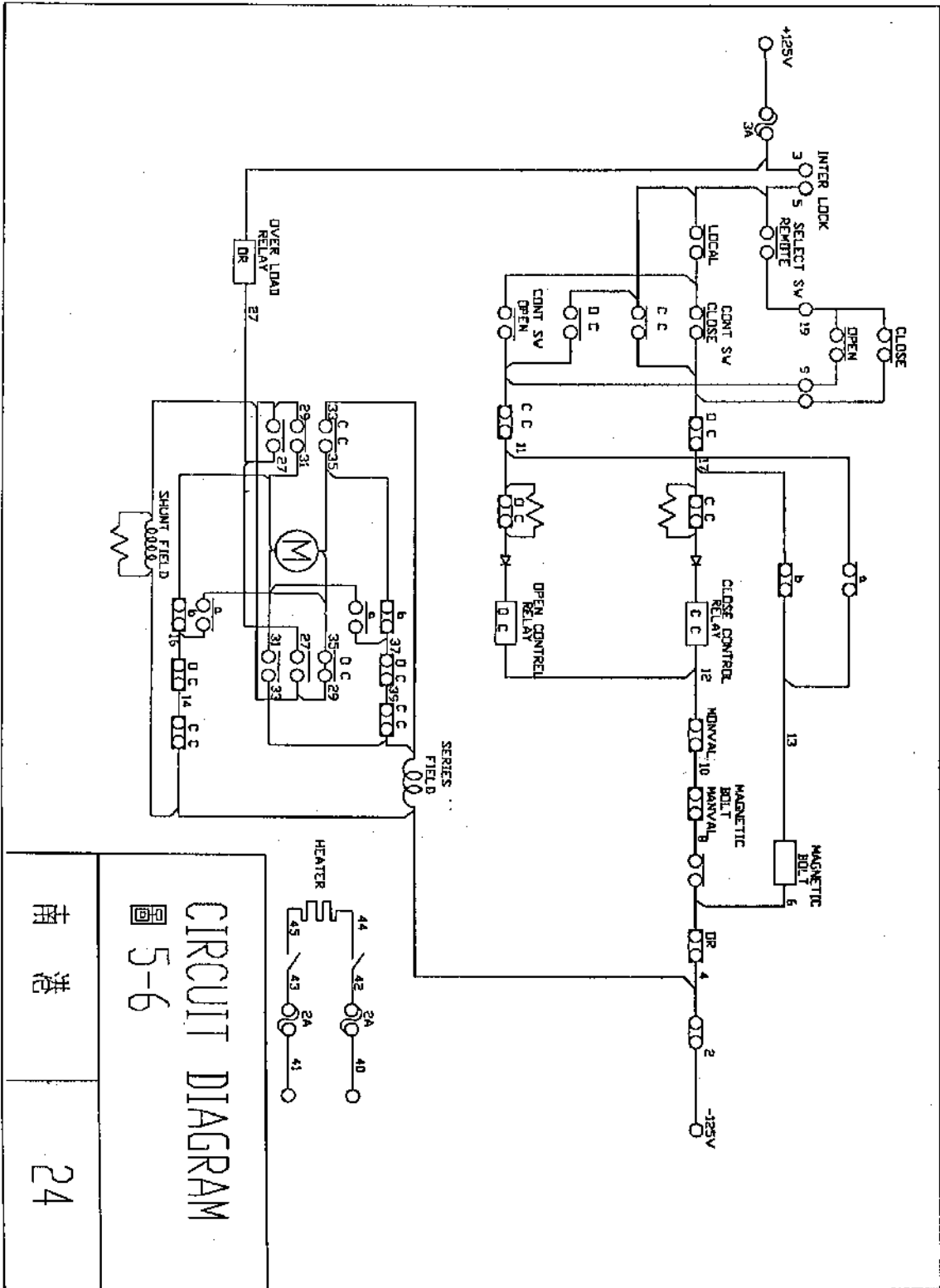
- (1) 將操作箱內選擇開關扳至“LOCAL”位置。
- (2) 將操作開關旋轉至閉合位置，電源 125V 經保險絲 13、連鎖接點、選擇開關之“LOCAL”位置接點、操作開關之閉合置接點以代替選擇開關遙控位置接點及 1M3CR 動作接點，餘與 1(3)同。



CONTROL AND INDICATION
CIRCUIT 1M3

圖 5-5

圖 5-5



CIRCUIT DIAGRAM
 5-6

南 港

24

圖 5-6

(四)電車線饋電開關(OCS/110/12)

1. 由電力調配員在調配室操作。

- (1) +60V 電源經遙控設備接點使 T1 繼電器動作。
- (2) +125V 電源經 T1 繼電器動作接點、R1 “b” 接點，A1 “b” 接點使 E1 繼電器動作。
- (3) +125V 經電流繼電器 CR，過載保護斷路器 MCB、E1 動作接點使饋電開關內之馬達轉動。
- (4) 設饋電開關在啓斷位置，則 LS1 開路，LS2 閉合，電源經保險絲 9、LS 27、手動操作微動開關 SS1，並激磁場線圈 Z 至 -125V。另路由 SS1 經串激磁場線圈 Y、LS 25、3，轉子 A(A→AA)、LS 2 4.2 至 -125V。
- (5) 當馬達啓動，馬達電流經 CR 使 CR 動作。(CR 是靠馬達電流動作，當電流中斷、CR 即釋放。)
- (6) +125V 經選擇開關 “REMOTE” 位置接點，CR 動作接點，E1 動作接點，A1 “b” 接點而保持 E1 動作。
- (7) +125V 經 CR 動作接點使蜂鳴器鳴響。
- (8) 當動作完成，馬達箱內 LS2 閉合，閉路，LS1 閉合，馬達停止轉動，CR 釋放，E1 亦隨釋放。蜂鳴器亦停止。
- (9) +125V 經 CR，MCB 接點，KE1 繼電器，E1 “b” 接點，馬達電路使 KE1 動作。KE1 動作接點將饋電開關閉合之信息傳回調配室。

2. 由開關操作員在饋電開關箱操作

- (1) 將饋電開關箱上選擇開關扳至 “LOCAL” 位置，繼電器 R1 動作，經 R1 動作接點使有關之位置指示燈燃亮。
- (2) 按下閉合按鈕、+125V 經選擇開關 “LOCAL” 接點、閉合按鈕接點，A1 “b” 接點使 E1 動作。E1 無自保電路，因此在動作過程中，手一鬆開馬達即停止。
- (3) 當動作完成，按鈕鬆開，E1 釋放，R1 動作接點將閉合指示燈並接於 KE1 而燃亮，餘與 1 同。

(五)電車線隔離開關(OCS/110/10)

此類隔離開關操作盤裝於各車站，且以交流馬達操作，僅能在操作盤上操作，不能由電力調配員在調配室操作。

- (1)將鑰匙插入向右轉(鑰匙由副站長保管)。
- (2)將 ON/OFF 開關置於“ON”位置。有關指示燈燃亮。
- (3)將閉合按鈕按下，電源經 ON、接點、電流繼電器 CR、MCB 接點，啓斷按鈕“b”接點，閉合按鈕動作接點，LS2 接點，靜部線圈而使馬達轉動。
- (4)馬達電流使 CR 動作，經 CR 接點使蜂鳴器鳴響。
- (5)當動作完畢，LS2 開路，LS1 閉合，CR 釋放，蜂鳴器停止。
- (6)手鬆開按鈕，電源經 ON 接點，CR 及 MCB 接點、閉合按鈕“b”接點，閉合指示燈，馬達電路，使閉合指示燈燃亮。

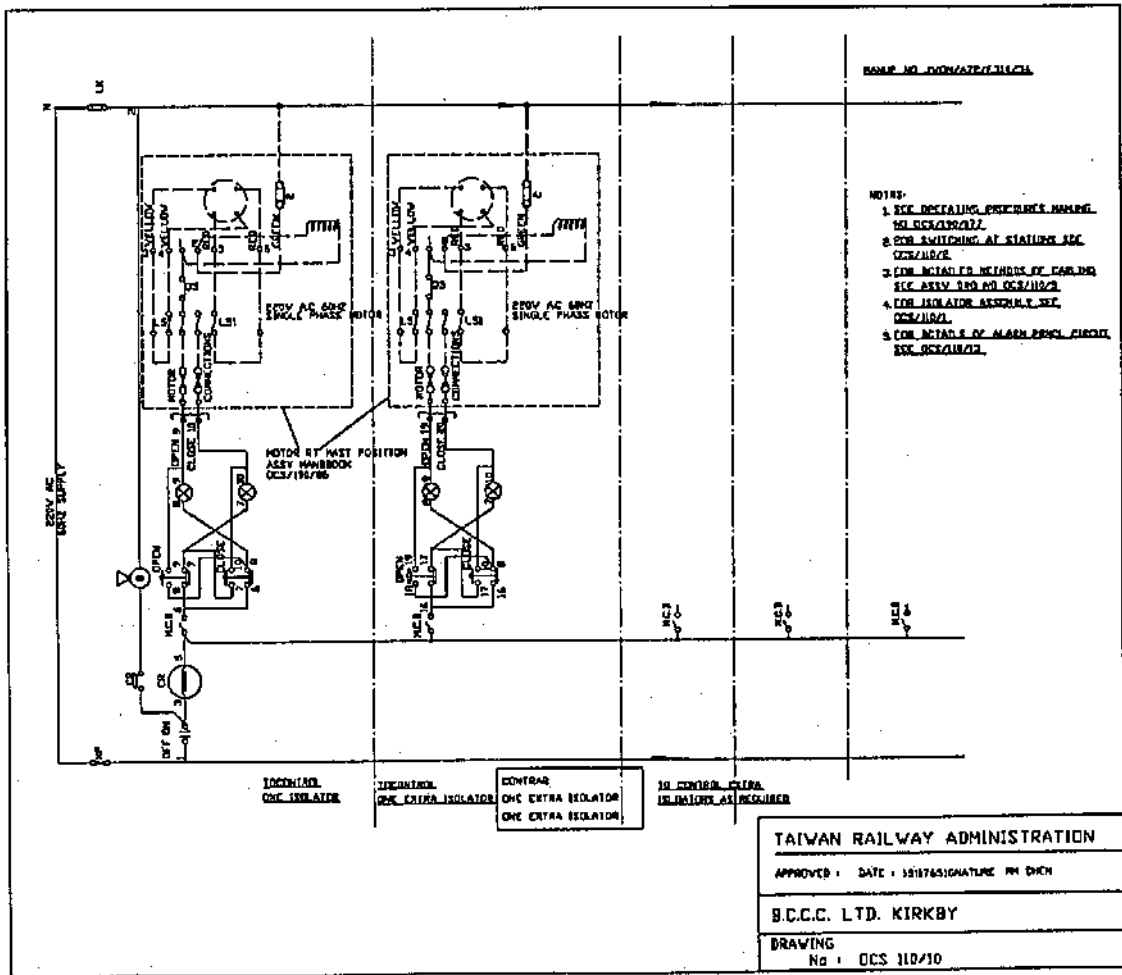


圖 5-8

三、開關操作法

(一)變電站開關操作程序表

擬操作 開 關	條 件	備 註
612E	612 斷(機)，台電端 LINE1 斷(人)	(機)=機械連鎖
622E	622 斷(機)，台電端 LINE2 斷(人)	(人)=人工連鎖(絡)
612	612E 斷(機)，610 斷(電)	(電)=電氣連鎖
622	622E 斷(機)，620 斷(電)	
611	610 斷(電)	
621	620 斷(電)	
601	610 斷(電)，620 斷(電)	
751	610 斷(電)，601 斷(電)	
761	620 斷(電)，601 斷(電)	
1M3	1M0 斷(電)	
1T3	1T0 斷(電)	
2M3	2M0 斷(電)	
2T3	2T0 斷(電)	
1M0	1M4 斷或通(機)	
1T0	1T4 斷或通(機)	
2M0	2M4 斷或通(機)	
2T0	2T4 斷或通(機)	
1M4	1M0 斷(機)	
1T4	1T0 斷(機)	
2M4	2M0 斷(機)	
2T4	2T0 斷(機)	
FMO	【A 斷，B 斷】或 FTO 斷(人)	
FTO	【A 斷，B 斷】或 FMO 斷(人)	

(二)變電站開關操作

1. 接受電力調配員之開關操作命令

接受開關操作命令時應將電力調配員之姓名、發令日期、時間、命令內容詳細記入開關作業記錄簿，若有不清楚或不瞭解之處，應即詢問清楚，並將所收到之開關操作命令復誦，讓電力調配員確認命令無誤。

2. 根據開關操開關

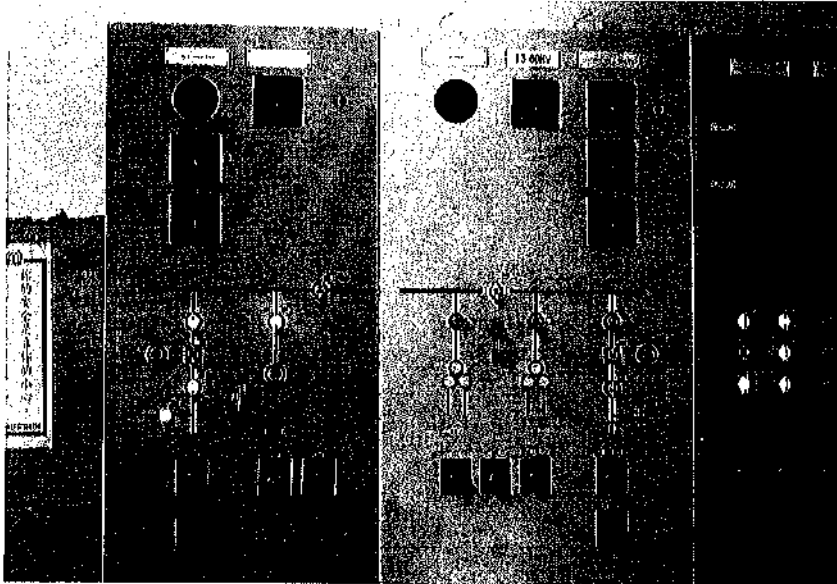
(1)在控制盤上操作開關(圖片 5-1)

A. 將欲操作開關所屬之 REMOTE/STATION 選擇開關扳到 STATION 位置
(按下向左旋轉)

B. 若欲操作開關到“通”位置，將操作開關扳至與線一致之位置(若欲操作開關至“斷”位置，將操作開關扳到與線垂直之位置)，使操作開

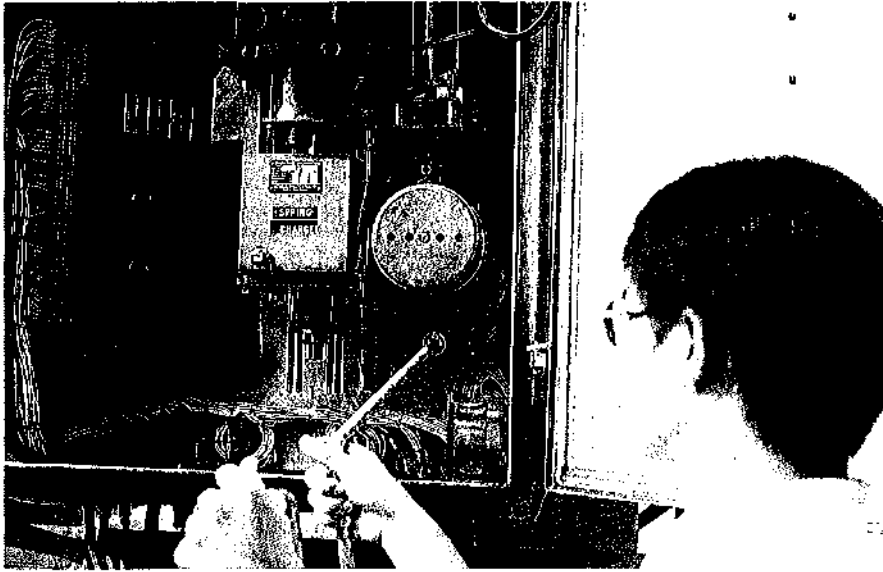
關內之燈泡燃亮。

- C. 按下操作開關，依“B”之方向旋轉約 30°，並保持約 2 秒鐘後放手，操作開關應自動恢復“B”之位置，若不恢復應使之恢復。俟燈熄滅後，開關已在所期望之位置。
- D. 將“A”之選擇開關扳回 REMOTE 位置(按下向右轉)。

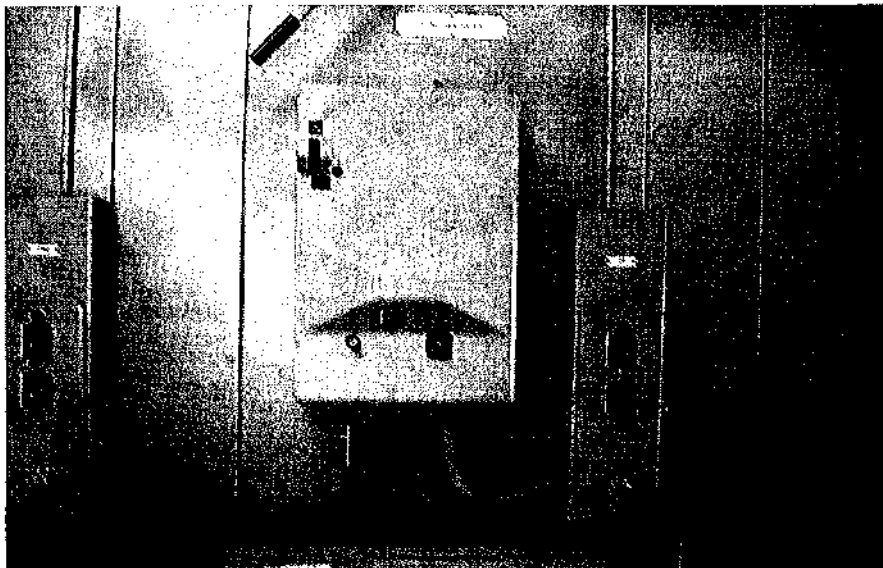


圖片 5-1 開關控制盤

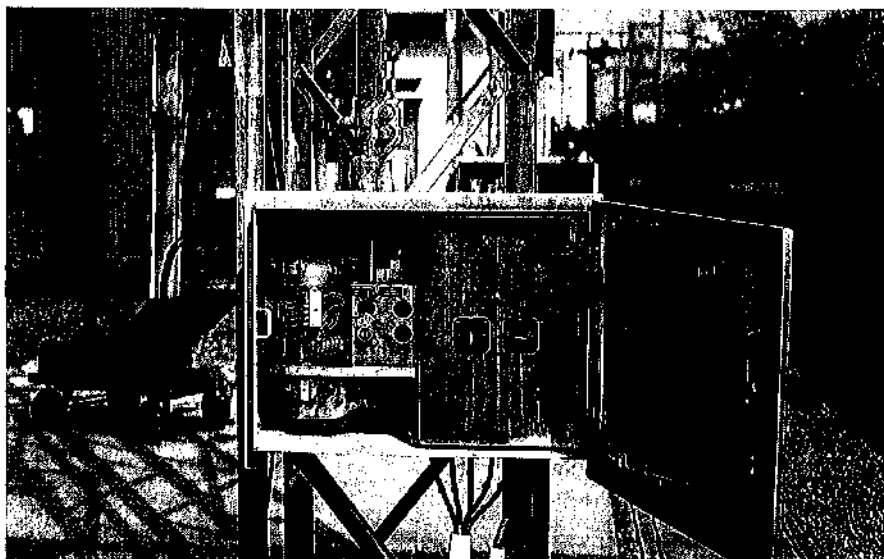
- (2)若在開關控制盤上無法操作開關，應至開關現場操作(V C B 在室內，其餘在室外)，此時應先將控制盤上之選擇開關扳回“REMOTE”位置。
 - A. 在鑰匙箱內取出欲操作開關之鑰匙，到開關現場將開關操作箱打開(V C B 在室內，此步可免)。
 - B. 將箱內選擇開關扳至“LOCAL”位置。
 - C. 若欲將開關操作至“斷”位置，將操作開關扳至“OPEN”位置，若欲將開關操作至“通”位置，將操作開關扳至“CLOSE”位置，約 2 秒鐘後鬆手。
 - D. 檢查開關位置指示器，應在所期望位置，隔離開關應目視檢查有否完全投入。
 - E. 將選擇開關扳回“REMOTE”位置。
 - F. 將操作箱鎖上，鑰匙放回鑰匙箱。



圖片 5-2 OCB 操作箱內操作開關及選擇開關



圖片 5-3 VCB 操作開關及選擇開關



圖片 5-4 隔離開關操作箱內操作開關及選擇開關

(3)若至開關現場仍不能操作開關，應以手動操作。

A. 油斷路器(OCB)

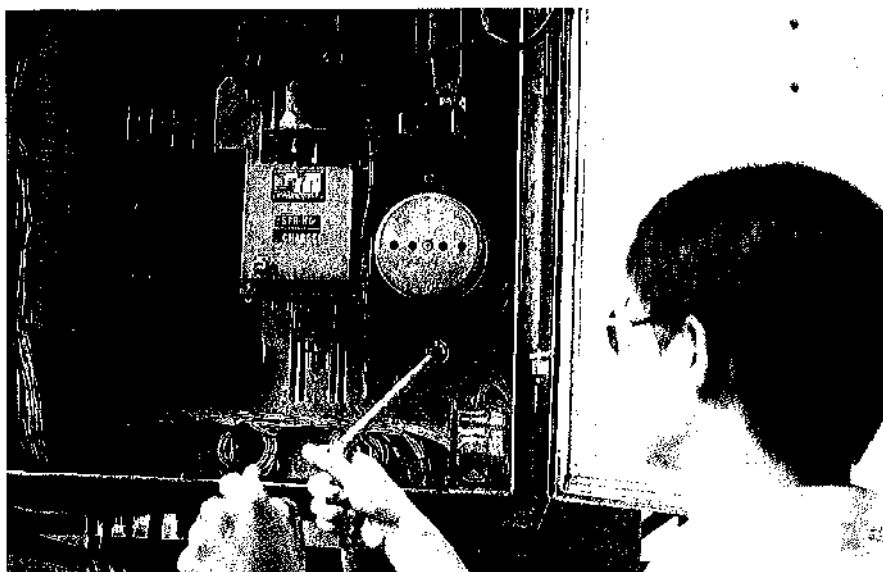
a. 若 OCB 不能用(2)之方法操作至“通”位置，可能為主彈簧無法壓縮至定位，可利用手搖柄操作之(圖片 5-5)，手搖柄約需 250~300 轉始能完成。

b. 取出搖柄，以(2)之方法操作之。

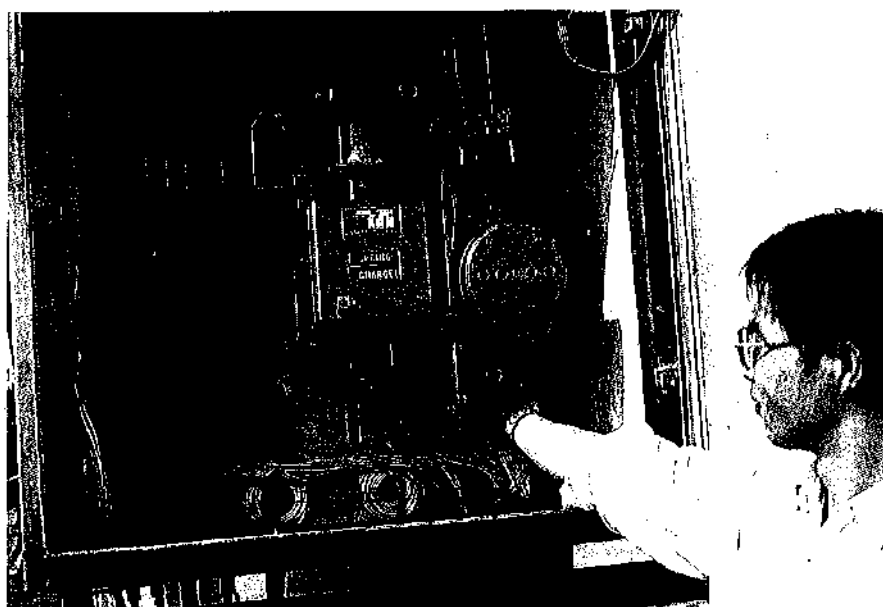
若只聽到聲響，位置指示器仍無法變為“ON”，表示“a”之手搖轉數不夠，重新搖過，並多搖幾下，再試操作，操作後應檢查插孔後之微動開關(圖片 5-6)。

若無聲響，可以操作棒或螺絲起子插入操作孔向上推即可(圖 5-7)。

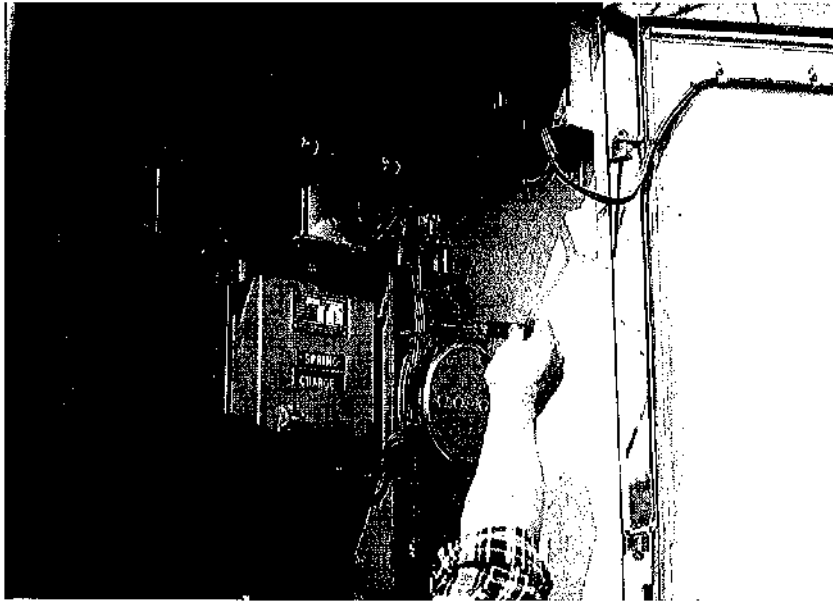
c. 若 OCB 不能以(2)之方法操作至“斷”位置，可將位於操作箱上方之“TRIP”按鈕按壓即可。



圖片 5-5 以手搖把壓縮主彈簧



圖片 5-6 檢查插孔後之微動開關



圖片 5-7 手動操作“通”或“斷”

B. 真空斷路器(VCB)(參看圖片 5-3)

a. 若 VCB 不能以(2)之方法操作至“ON”，先檢查 VCB 下方之彈簧位置指示牌，若該指示牌顯示“CHARGED”，則將 VCB 左上角之把手往上抬即可將 VCB 操作至“通”(ON)，若指示牌顯示“FREE”則需用手搖柄將彈簧壓縮。

b. 以手搖柄壓縮彈簧

將 VCB 塑膠蓋子打開，以手搖柄插入彈簧壓縮孔往上抬，直至“CHARGED”指示牌在正確位置，取下手搖柄，以“a”之方法操作之。千萬注意，手搖柄壓縮彈簧後即刻取下，以免操作 VCB 時被手搖柄打傷。

c. 若不能以(2)之方法操作 VCB 至斷(OFF)，按下 VCB 左下方之按鈕“TRIP”，即可使 VCB “斷”。

C. 隔離開關

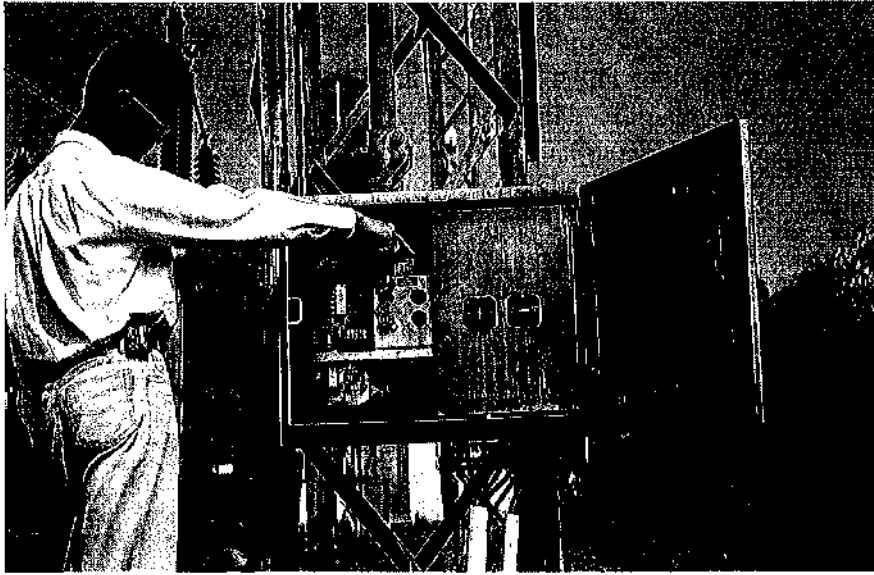
a. 將隔離開關操作箱內之選擇開關扳至“OFF”位置(圖片 5-8)。

b. 將電鎖動作桿固定螺絲取下，並往上提。

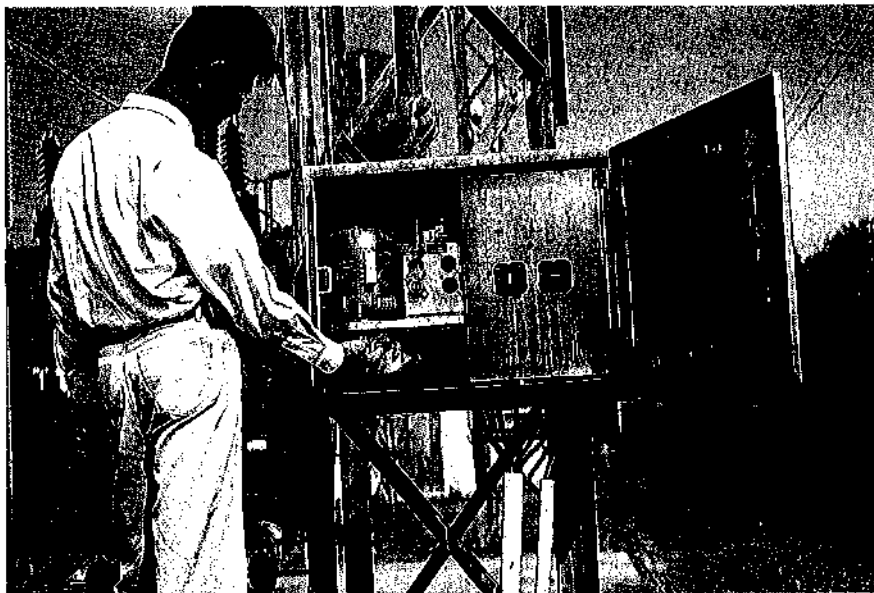
c. 將搖把插入插孔內，用力向前推，使搖把之卡鎖卡入插孔之溝內，依插孔下方指示方向搖動搖把，直至電鎖落下(當搖把轉動一轉後，往上提之電鎖動作桿即可鬆手)。

d. 取下搖把，並將電鎖動作桿固定螺絲鎖上。

e. 檢查位於插孔左方及電鎖動作桿上方之微動開關(圖片 5-9)，並將選擇開關置於“REMOTE”，鎖上操作箱，並將鑰匙放回鑰匙箱。



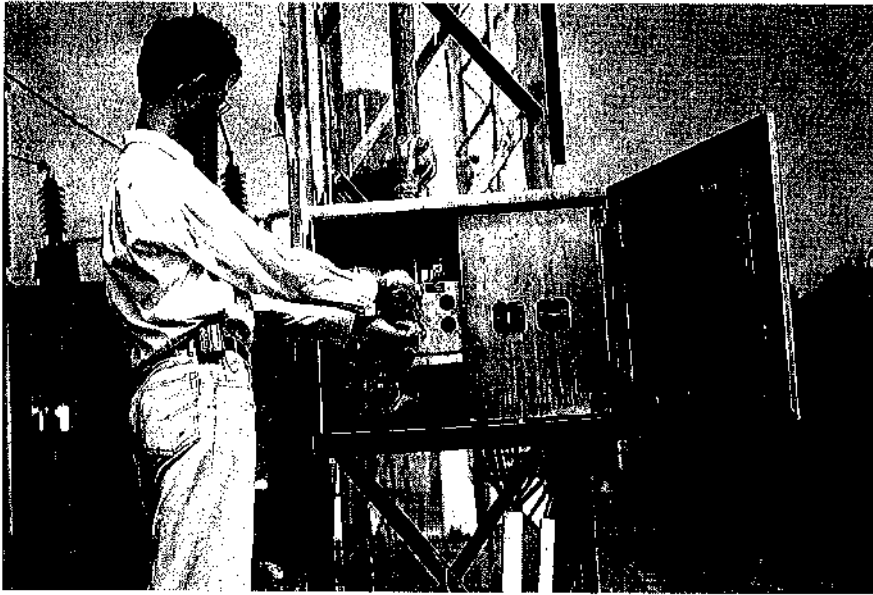
圖片 5-8 隔離開關之手動操作



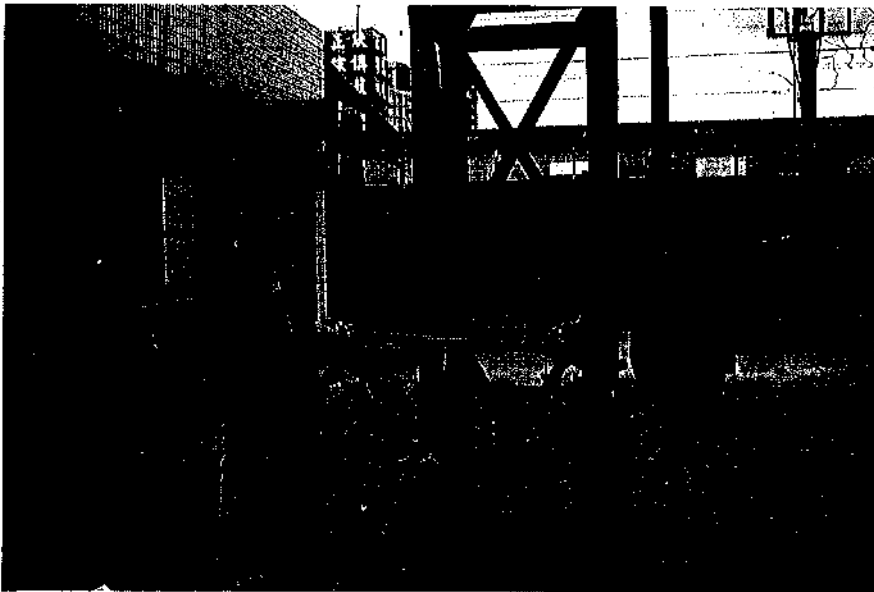
圖片 5-9 插孔左方微動開關之檢查

D. 接地開關

- a. 將所屬隔離開關操作至“斷”位置，取出機械連鎖鑰匙(圖片 5-10)
- b. 將該鑰匙插入接地開關，並解鎖。
- c. 打開插梢上之鎖，並將插梢抽出，提起把手向左轉動，即可將接地開關接通(圖片 5-11)。注意，接地開關接通係將 69KV 輸電線短路，非經電力調配員許可不得擅自操作。



圖片 5-10 自隔離開關取出機械連鎖鑰匙



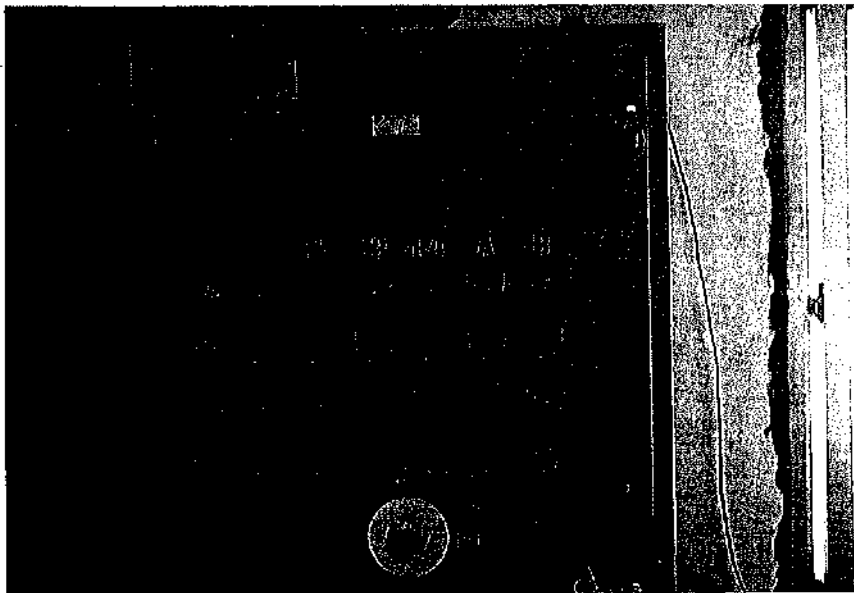
圖片 5-11 接地開關操作

3. 開關操作完畢後，應將所操作開關之號碼、位置、操作時間等報告電力調配員。

(三) 電車線饋電開關操作(圖片 5-12)

1. 在變電站內電車開關操作盤上操作。

- (1) 將操作盤上之選擇開關扳至“LOCAL”位置，開關位置指示燈亮。
- (2) 紅色按鈕為“通”綠色按鈕為斷(參考操作盤上之說明)。按下所欲操作開關位置之按鈕，操作盤上之蜂鳴器鳴響，當開關到達預定位置，蜂鳴器聲響停止，鬆手後位置指示燈亮。蜂鳴器聲響未停止前不可鬆手，否則開關將在到達定位前停止，可能引起大電弧，將開關燒損。



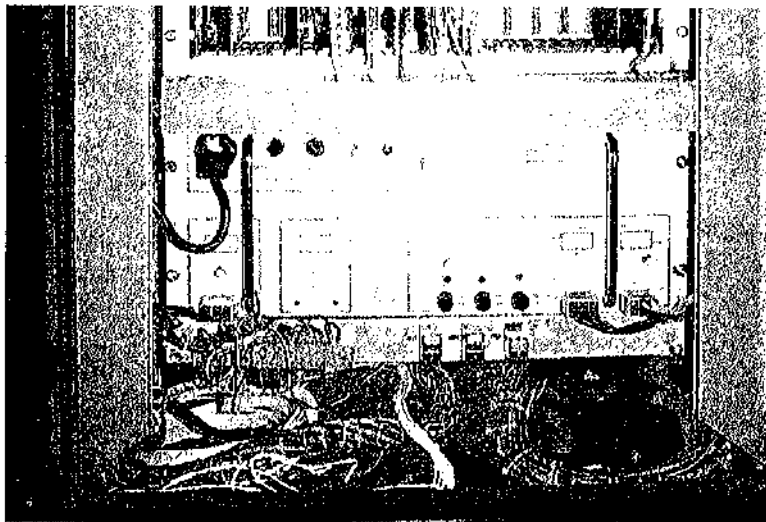
圖片 5-12 電車線饋電開關操作盤

2. 若不能用“1”之方法操作開關，應以搖把手動操作之。

- (1) 從鑰匙箱下之搖把箱取出搖把。
- (2) 至電車線電開關現場，打開插孔蓋，將搖把插入插孔內，依指示之方向轉動，動作桿與止動橡皮接觸時可聽到微開關動作之聲音，即表示操作完成，動作桿在上方表示“通”，在下方表示“斷”。
- (3) 取出搖把，並將插孔蓋蓋好。

(四) 遙控設備箱內 S2 開關操作(圖片 5-13)

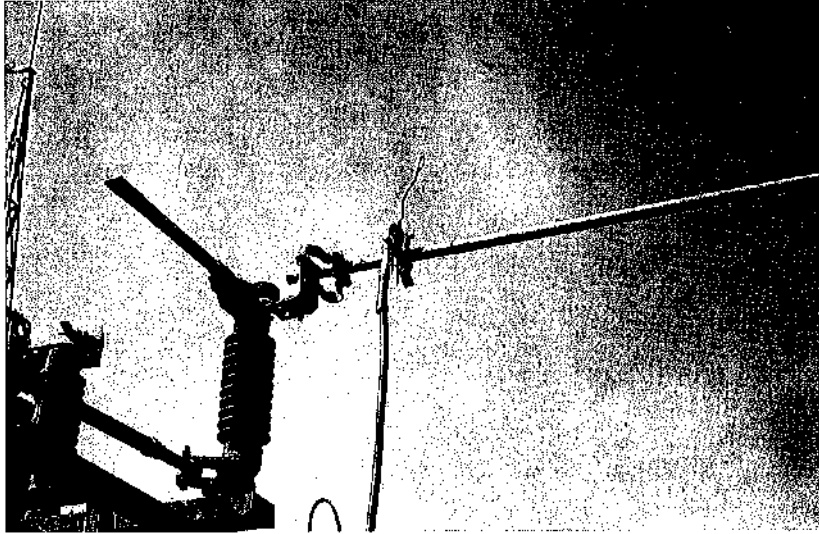
1. 在鑰匙箱內取出鑰匙“RC”，打開遙控設備箱(深藍色)。
2. 將 S2 扳到“OFF”位置(ON 之相反方向)約 5 秒鐘後扳回“ON”。
3. 鎖上遙控設備箱，將鑰匙放回鑰匙箱。
4. 將操作結果報告電力調配員。



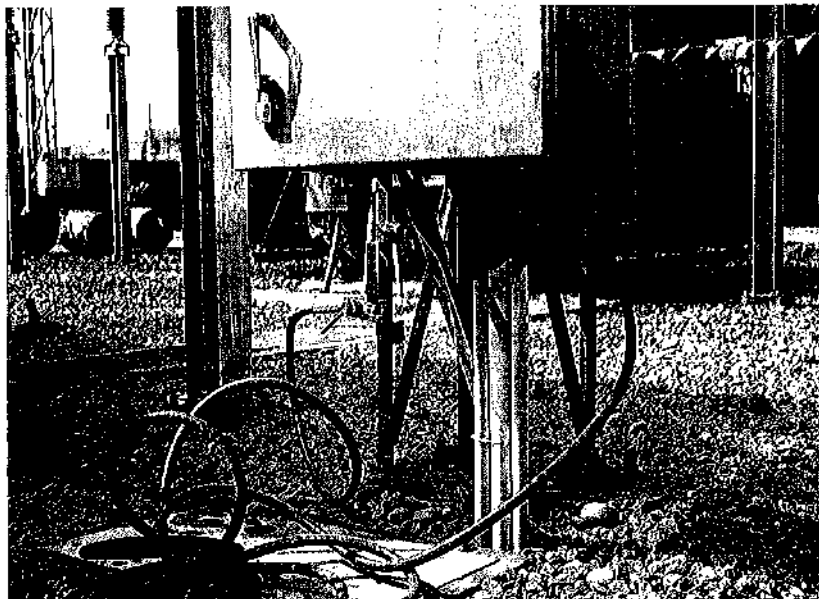
圖片 5-13 遙控 S2 開關操作

(五)開關操作員注意事項

1. 開關操作員係於遙控設備故障時，派至變電站操作開關者，因此接到電力調配員之通知後，應即刻前往指定之變電站。
2. 開關操作員到達變電站後應即刻向電力調配員報到，並詢問電力調配員是否將所有電驛動作指示牌推回原位。
3. 開關操作員在變電站內遇有任何斷路器跳脫時，應將斷路器號碼，動作電驛名稱，計數器及警報動作情形報告電力調配員。
4. 任何電驛及警報之動作，非經電力調配員之命令不可復位(Reset)。
5. 變電站內任何異狀均應報告電力調配員。同時記入開關作業記錄簿。
6. 變電站內開關可能隨時需要操作，開關操作員不得擅自離開工作崗位。
7. 開關操作員應接到電力調配員“任務結束”之命令後始可離開。
8. 離去前應檢查所有選擇開關均在“REMOTE”位置，並在開關作業記錄簿上記下離去時間。



圖片 5-14 變電站用接地線(一)



圖片 5-15 變電站用接地線(二)

第六章變電站遙控設備

一、概說

(一)控制系統

台鐵西部幹線電化後，全線目前設有十四處變電站，未來宜蘭線及北迴線將設五處變電站。因變電站為無人看守，其變電站內之各種開關、監視開關狀態及警報之顯示都必需藉遙控設備集中管理，台鐵目前設有南港及彰化調配室(遙控中心)直接管理及控制電力供應及變電站各項設備之使用狀況。

台鐵正計劃將兩個遙控中心合併一處，設置於台鐵大樓並將電車線(八堵—台東間)之變電站及中性區納入同一系統。

(二)現況

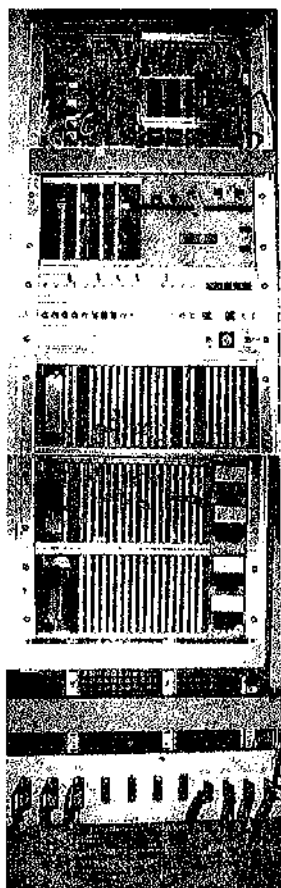
南港遙控中心：使用兩套 Digital 公司系統之 PDP11 主機，其監控之範圍為南港、樹林、內壢、新竹、苗栗、後龍、豐原、甲南八個變電站及桃園、富岡、竹南、三義、通霄五個中性區間。

彰化遙控中心：使用兩套 Digital 公司系統之 VAX3100 主機，其監控之範圍為苗栗、後龍、豐原、甲南、彰化、石榴、嘉義、善化、岡山、九曲堂十個變電站及三義、通霄、台中、大肚、追分、田中、大林、新營、南台南、高雄十個中性區間。

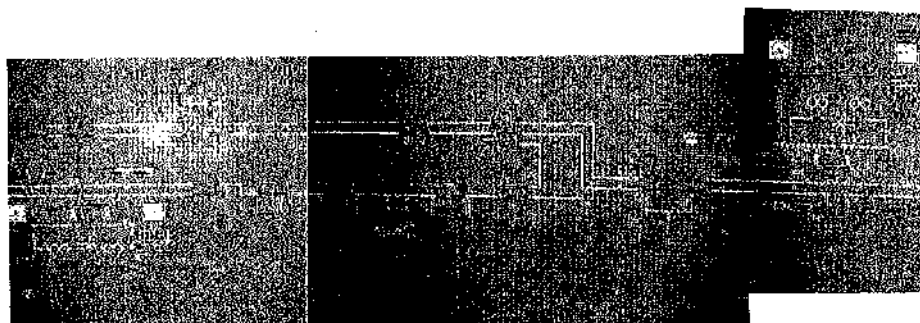
(三)功能簡介

1. 遙控中心使用一部中央程式處理單元(Teledac)，(如照片 6-1)與各外站(Telepace)結合，而執行遙控中心與外站間之控制與監視。其程式之安排為所有外站之掃描，逐一的呼叫每一外站，同時接收每一外站回答資料，並展示所接收之回答資料於模擬控制盤上，如有不正常情況或當模擬控制盤上之開關與所屬現場開關位置不一致時，則啟動蜂鳴器並將異常狀況顯示，引起值班員之注意，而正常情況下無任何顯示。當操作開關時，中斷正常之掃描程序，而插入一控制信號以控制為優先。另各變電站變壓器二次側之電壓與電車線上使用之電流可在控制盤上之電壓及電流表顯示出來。
2. 遙控中心係藉二對通信線路與所屬外站，做並聯相連接，其中一對以音頻信號方式將遙控中心之控制及地址資料傳送到外站，另一對以同樣方式將外站之監視及控制回答之資料送回遙控中心。本系統之傳送速度為 600 Baud，以音頻 1300 HZ 及 1700 HZ 方式傳送，為保持適當的接收水準，本系統需用線路放大器，並在本系統之線端單位備有隔離變壓器及 600 Ω 之線端設備外，另有鎖定保護裝置，當外站故障時，調變器(Modulator)自動脫離傳送線路，以免影響本系統之正常功能。
3. 遙控中心之模擬控制盤(如照片 6-2)，展示各變電站、分段開關、25KV 電車線及車站之電車線佈置等。重疊區段則同時展示於兩遙控中心之模擬控制盤，該區段只接受所屬遙控中心之控制，但可同時顯示在兩邊遙控中心。在模擬控制盤上，每一外站有一站名燈、多只警報燈、與現場一致之多只開關、一只模擬之斷路器開關、及三只共同執行按鈕(Close, Open, Reset)，另有警報確認按鈕(Alarm Accept)，取消按鈕(Alarm Reset)，音響停止按

鈕(Alarm Mute)，燈泡測試按鈕(Lamp Test)，蜂鳴器等。



照片 6-1 中央程式處理單元



照片 6-2 遙控中心模擬控制盤

二、中央處理單元(Central Processor Unit—Teledac)—主站。

(一)概述

本裝置為特殊設計之數位處理機器，可做遙測及遙控系統之即時控制之用，不

需另加一般用途之電子計算機，亦不用程式輸入裝置(程式為固定之設計)，使用 16 數位(bit)系統並聯轉移方式處理各種指令，使記憶器簡化，包括只能讀出之程式單位，其係將程式以二極體矩陣方式寫入於插入型電路板，而程式之寫入須待特殊的用途確定以後才能完成，因此有完全的彈性，其限制只受指令的內容而定，二極體矩陣程式單位與揮發性記憶器(Volatile store)同時使用。邏輯電路(Logical Circuit)則使用積體電路(Integrated Circuit)，在算術單位(Arithmetic Unit)內做各種運算。IC 零件裝在插入型印刷電路板上，印刷電路板則插入於母板(母板亦為印刷電路板)電路板之間的連接在母板上為之。

(二)規範概要

1. 電源供給器及備用電池。

240 V/AC \pm 10%

24 V/DC \pm $\frac{1}{10}$ %

邏輯電路電源—電壓：5 V/DC \pm $\frac{5}{10}$ %

電流：3.8A+0.14PA

上式中：A 表示電流單位、安培

P 表示程式電路板之數量

2. 邏輯電路水準

係由 24 V/DC 經直流電源轉換器再經 5 V/DC 調整器電路板供給。

“1” 2.4 V~5.0 V

“0” 0 V~0.4 V

3. 工作溫度

0° C~55° C

4. 工作形態

字(Word)的長度——16 數位(bit)

資料轉移——並聯方式

算術單位運算——並聯方式，2 的補數

運算時間——4 μ S+M

上式中： μ S 表示 10⁻⁶秒

M 表示 1 個記憶週所需的時間

5. 指令編號

指令字(Instruction Word)的第 1 ~6 數位構成指令編號，以八進制(Octal)目表示。指令最多可用的 64 個，目前只用 49 個，其餘 15 個留為備用。

例：指令字有 16 數位

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

0 0 0 0 0 0 (0 0)——停止

0 0 0 0 0 1 (0 1)——跳至旁路

0 0 0 1 1 1 (0 7)——清洗記錄器 A

0 0 1 0 0 0 (1 0)——無條件跳

1 1 1 0 0 0 (7 0) -- 自程式計數器轉移至記錄器 B

1 1 1 1 1 1 (7 7) -- 自記錄器 B 轉移至指令記錄器

(三)工作原理

本系統分為三部份(詳圖 6-3)

(1)C.P.U.(主站)亦稱 Teledac, 及一只測試監視盤。

(2)Mimic Diagram (模擬控制盤)

(3)Telepace (外站)

在 CPU 內有一套特定之程式在運行, 且做各種資料處理, 掃描所有外站, 將外站回答之電流、電壓、開關狀態及警報等資料經處理後, 顯示於模擬控制盤, 亦隨時等待電力調配員由控制盤之開關控制操作, 經處理後, 將信號傳送到指定之外站, 已便啓動現場開關。主站與控制盤間只有數十公尺, 故互相間之資料傳送, 由並聯方式轉換為串聯方式後直接以線路驅動器(Line Driver)連接即可, 至於主站與外站間, 因相距甚遠, 其中有達數百公里者, 互相間之資料傳送則先將數位信號由並聯方式轉換為串聯方式外, 還需經過數據機 (Modem), 將數位信號經調變器(Modulator)調變為 1300 HZ ~1700 HZ 之音頻信號, 再經濾波器後經外線連接單元(Termination Unit), 由同軸電纜之通信線路傳送對方之外線連接單元, 經濾波後將音頻信號解調為數位信號, 始得處理之。細部工作原理, 請參考台灣鐵路管理局「電化鐵路電力系統保護協調及遙控系統維護之技術研究」

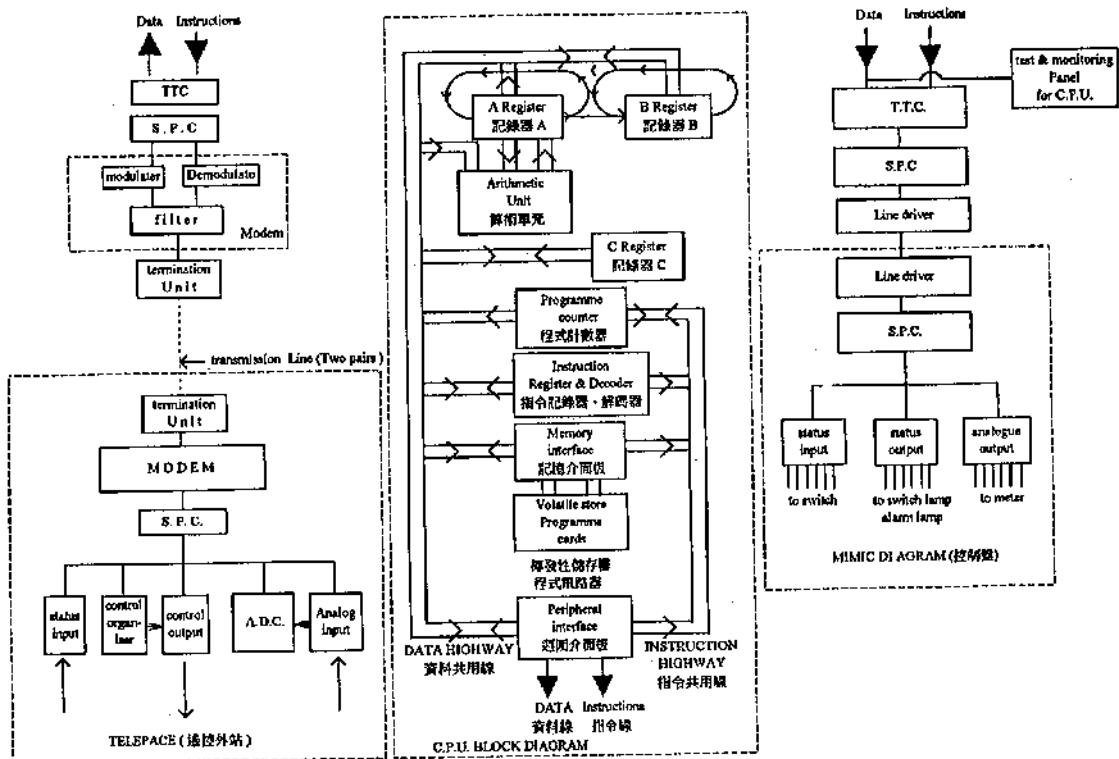
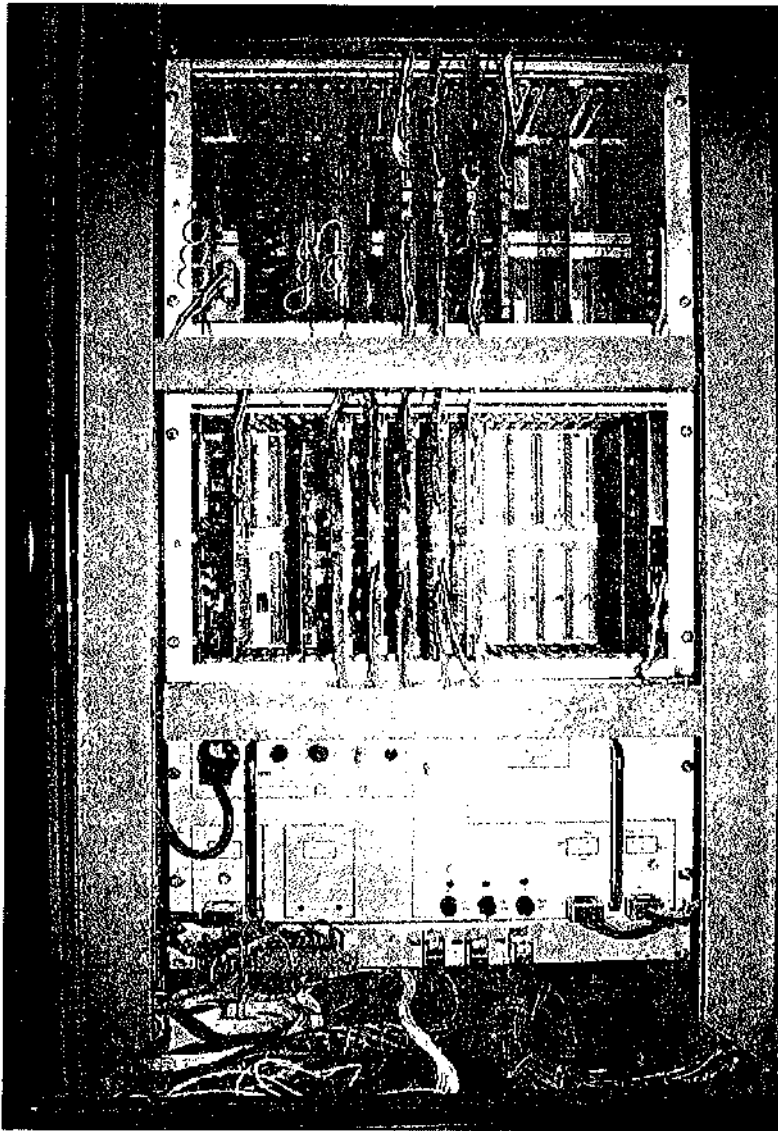


圖 6-2 遙控中心模擬控制盤

三、資料傳送設備(Telepace)——外站

(一)簡介

外站資料傳送設備(Telepace)(如圖 6-4)是為遙控和監視而特別設計之一種資料傳送系統。它是採用音頻調變作為相互間位置之數據傳輸之一種地址與回答時間分割系統，而主要用途是作為要求與回答之功用。在此狀況下，主站(Teledac)送出一連串之要求，而從被要求之外站接收每一個回答。此一要求之順序是由主站之程序器所測定，它亦許是一個電腦、微電腦或特殊之邏輯器，以掃描形式送出要求給系統中每一個資料輸入之裝置，或是在監視中插入一個控制之要求，每一外站僅對該站之地址碼有響應。



照片 6-4 資料傳送設備

(二) 系統說明

外站資料傳輸系統是建立在一個十六數位之資料字元上，而主站之程序器將此十六數位之資料字元呈現至主站之共用線上(Highway)。資料傳輸系統藉載波送出此十六數位字至系統中每一外站之共用線上，在每一外站之接收器監視著共用線上此十六數位字元之內容，決定何者是它所要接受和產生作用的。傳送之資料字元是由啟動數位，5個極性查核數位和一個停止數位所組成之保護數位組來保護，與十六個資料數位共同合組成一個二十三個數位之完整資料字元。訊號之傳送是靠聲音電路諸如電話線、電纜等。資料是與載波調變而成的，它通常是在啟動數位前就已開始，而在停止數位之後才結束。停止數位極性通常是跟啟動數位相反。在典型的遙控和監視系統中測定傳送的方向是當啟動數位為“0”時是由外站向主站傳送，而當啟動數位為“1”時是由主站向外站傳送。本系統的信號傳送情形如圖 6-5 所示。

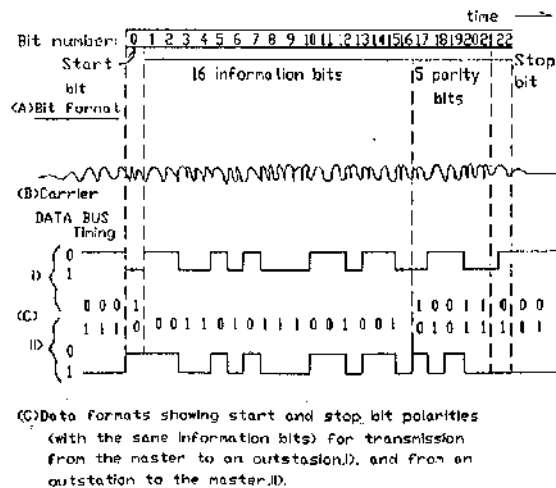


圖 6-5 資料傳送字型式

(三) 系統方塊圖(System Block Schematic)

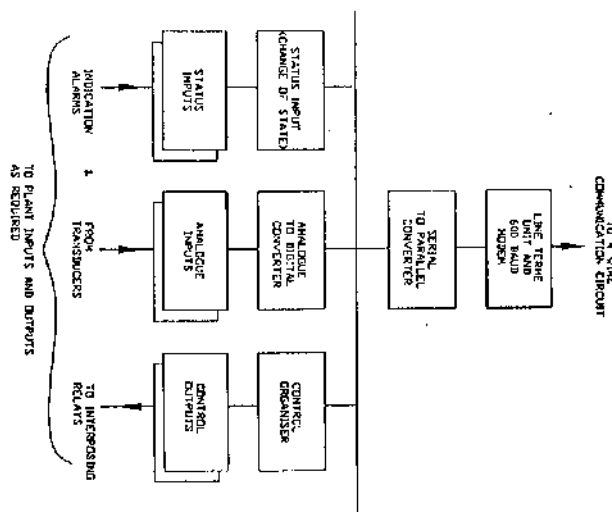


圖 6-6 系統方塊圖

四、模擬控制盤(Mimic Diagram)

模擬控制盤之外觀如照片 6-2，將其構造簡述如下：

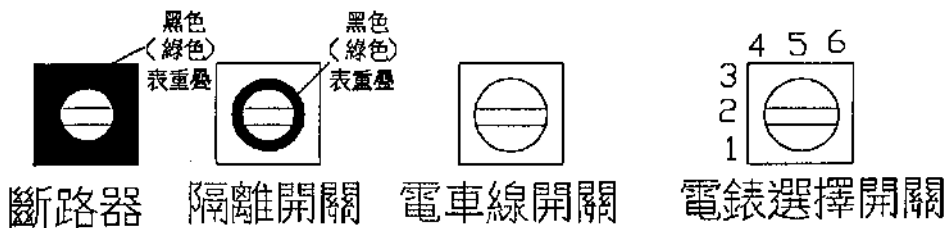
(一)塑膠小方塊：

控制盤由 24×24 m.m. 嵌入型塑膠方塊所構成，12×12 個小方塊構成一大方塊，大方塊與大方塊間以螺絲連接在一起，每一段控制盤由 6×3 大方塊構成，各段控制盤相互連接在一起，形成一個弧形的控制盤。控制盤下方有 400mm 高之木板，上方有 150mm 高之木板。

設於南港遙控中心之控制盤由 20 段組成，長約 17.3m。

設於彰化遙控中心之控制盤由 24 段組成，長約 20.9m。

在控制盤上繪有所有轄區之變電站，分段開關，車站及電車線等設備佈置圖。控制盤上之圖、線、記號、字等均刻在控制盤上並著色。斷路器、隔離開關及電車線開關等亦裝於小方塊上，其表示方式如下圖：



共同控制按鈕“閉合”、“開啓”、“取消”、音響停止按鈕、警報確認按鈕、燈泡測試按鈕、警報取消按鈕等均為刻入之黑色字。而“開啓”按鈕為綠色、“閉合”按鈕為紅色，“取消”按鈕為白色，警報確認按鈕為黃色。除音響停止按鈕、燈泡測試按鈕等外其他開關及按鈕內均有 28V、45mA 之指示燈。各種警報之展示集中在一起，每一警報內均有指示燈。

(二)開關：

所有控制盤上可旋轉的開關均代表現場開關設備，並以斷續原則操作，若現場設備與控制盤上開關狀態相同，則指示燈不亮。但手動操作之車站隔離開關就不一樣，平常車站隔離開關在正常位置指示燈不亮，於接到有關之車站以電話申請後操作定位。

代表斷路器之開關是裝在黑色之塑膠方塊上，而模擬控制開關也用黑色塑膠方塊。重疊站斷路器之表示開關係裝在綠色塑膠方塊上，亦即表示無法以遙控控制。而代表可遙控控制之隔離開關是裝在一般灰色塑膠方塊上而開關週圍另加有一黑圈標誌，其他均裝於灰色塑膠方塊上但無黑圈標誌。

(三)警報：

每一變電站均有 18 個警報顯示，其中 16 個由控制盤外站系統傳送，另 2 個則為遙控失敗及控制故障時作系統警報之用，是由控制中心的主站設備產生。分段開關有兩個現場警報及兩個系統警報。每一警報盤附近有警報確認、警報取消、警報音響停止等按鈕。而主站警報有四個，其中兩個為電源故障警報，另外兩個是由處理機產生之“遙控故障”及“中央處理機(C.P.U.)故障”之警報。

(四)燈泡測試：

在變電站及分段開關之警報盤旁有一個燈泡測試按鈕，按下此按鈕將使處理機及輸出電路自動檢查警報燈及指示燈表示其情況。另一種燈泡測試按鈕裝於車站隔離開關之各段控制盤上，以個別測試各段指示燈泡。操作燈泡測試按鈕時，是將 24V 電源加到燈泡測試匯流排。

(五)共同控制按鈕：

在警報盤及其有關按鈕之下方有 3 個共同控制按鈕開關，即“閉合”(紅色)、“開啓”(綠色)、“取消”(白色)等。這此按鈕用以產生“執行控制”及“取消控制”等作用。

(六)模擬控制開關：

在共同控制按鈕下方有一選擇開關按裝於黑色塑膠方塊上，此開關代表斷路器，左右各有一橫線，當其在水平位置時表示閉合。該開關可以一般方式作“選擇”、“控制”及“顯示”來檢查控制作用而無需操作現場開關設備。

(七)站名燈：

現場開關動作或警報出現時站名下之指示燈立即亮起直到這改變被確認為止。

(八)類比電錶：

每個變電站各有兩個類比電錶，其中一個電錶之刻度為 17.5KV-35KV，用來表示 25KV 匯流排之電壓，電錶下方有一兩段式選擇開關作為選擇 M 相或 T 相匯流排之用。另一電錶之刻度為 0-500A，表示單軌饋電電流，其中 0-100A 表示雙軌饋電電流，電錶下方有一 6 段選擇開關可選擇 6 個饋電線，但並非每個變電站均用 6 個。

(九)電話插頭：

南港有 7 對電話插頭，而彰化有 8 對，均裝於控制盤下方，這些電話是由調配桌上電話以並聯方式連接。

(十)音響停止按鈕：

若有警報顯示或開關發生狀態改變時均會驅動蜂鳴器。當按下音響停止按鈕蜂鳴器即停止動作。

(十一)警報確認按鈕：

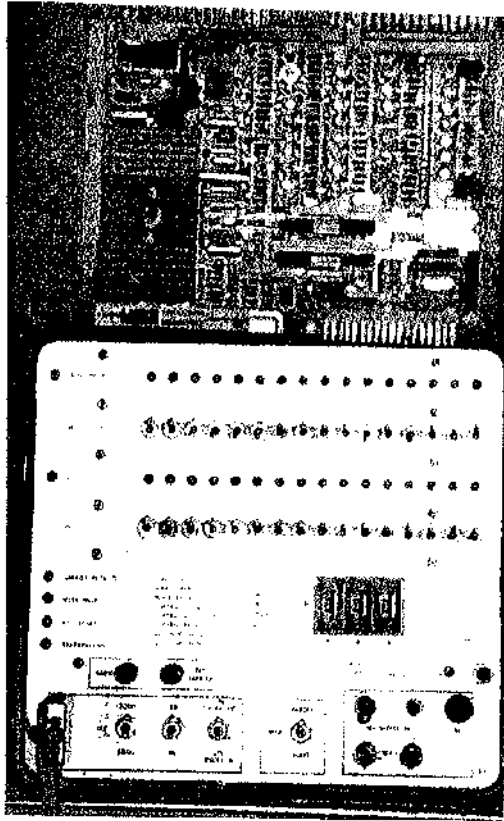
當外站有警報產生時，控制盤上之警報燈呈現閃爍現象。當按下警報確認按鈕蜂鳴器音響即停止，同時警報燈亦由閃爍轉為穩定。

(十二)警報取消按鈕：

當現場之故障警報已消除時，按下警報取消按鈕則警報燈熄滅。如現場之故障警報未消除，雖按下警報取消按鈕，控制盤上之警報燈仍無法消除。

五、其他附屬設備：

(一)資料傳送系統試驗器(Telepace Router)(照片 6-7)



照片 6-7 資料傳送系統試驗器

1.簡介：

本試驗器專為試驗傳送系統之用，通常與傳送設備共用線監視器(Telepace Highway Monitor)一起使用。本試驗器可用為主站、外站或傳送字之展示監視器。本試驗器為攜帶式，包含有主電源單元，試驗邏輯單元，及外站共同之邏輯單元。

2.作用：

(1)主站形態：

當以本試驗器用作主站形態時，它經線端單元(Line Termination Unit)與被試驗外站連接，此時該外站則脫離系統。裝於試驗器內之數據機(Modem)應與被試驗之外站匹配。試驗器由二組電鍵中之任一組或二極體矩陣傳送一試驗字。被接收之試驗字則傳送至二組各有 16 數位之任一組展示單元。而試驗字可以單字傳送，亦可連繼傳送。且傳送速度應適合於被試驗之系統，在特殊條件可由人工操作微動按鈕(Micro Step Pushbutton)，使資料傳送每次只送一數位。

(2)外站形態：

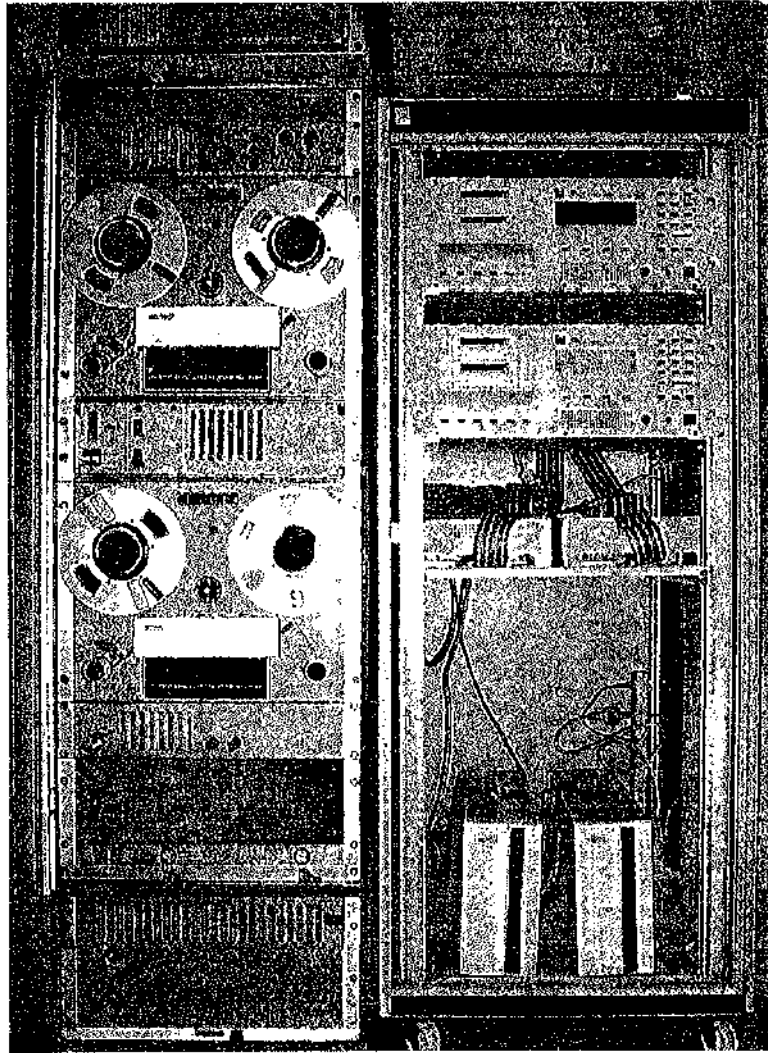
當以本試驗器用作外站形態時，可與主站直接連接，亦可經由傳輸線路與主站連接。而其做為外站時之地址，可在兩組開關中之任一組設定，而回

答字資料可在另一組開關中設定。所接收的字將在展示單元中展示出來。
在多字傳送之輸出形態中被傳送。

(3) 監視形態：

當本試驗器用作監視形態時，它是接於傳輸線之適當地點，從主站及外站傳送之字，可經選擇開關及地址設定，將之展示出來。

(二) 錄音機(照片 6-8)



照片 6-8 錄音機

1. 本錄音機最大容量為八音路，現正在使用中者為一至六音路。而其用途分配如下：

第一音路——為備用音路，即任一音路故障時，自動切換至第一音路，同時發出警告。

第二音路——為時間音路，記錄時間用。

第三音路——為 UTS-ONE 錄音。

第四音路——為 UTS-TWO 錄音。

第五音路——為選頻電話錄音。

第六音路——未用。

2. 本錄音機二個獨立之錄音設備，即 DECK ONE 及 DECK TWO，二者構造完全相同。其一錄音時，另一作為備用。當錄音之 DECK 有二音路故障或其他故障時，即自動切換至另一 DECK，同時發出警告。備用之 DECK 亦可用作放音設備，但此時無備用 DECK，故通常不作此用，須放音時用另一單獨之放音設備。
3. 錄音機所使用之錄音帶每卷約可用 25.5 小時，每使用約 24 小時時自動切入備用 DECK，剛切換時 DECK ONE 及 DECK TWO 同時運轉，並發出警告，通知工作人員更換錄音帶。每一 DECK 備有一計時器，以指示錄音帶已使用之長度。
4. 現使用之錄音方式為音量動式。錄音帶在無音頻信號輸入時不轉動，當有音頻輸入時，即自動啟動，並至少轉動 115 秒，若通話時間超過 115 秒，則瞬間中斷後再啟動轉動。

六、系統功能趨勢

(一)控制

1. 由控制中心(主站)控制末端站下列設備：
 - 斷路器、開關之啓/閉。
 - 復閉電驛之使用/閉鎖。
 - 確認及取消末端站之警報盤顯示。
 - 經操作員要求、送回該站所有狀態及警報狀態。
 - 控制點之標示、加鎖(TAGGED)。
 - 仿真斷路器之控制。
2. 控制點之選擇及命令下達可由滑鼠執行，亦可由鍵盤執行。
3. 須有選擇控制限時之能力，控制點選擇後未在限時(10~30 秒，可設定)內完成控制即自動取消並發生告警。
4. 控制輸出應與既設之就地控制盤聯鎖。
5. 控制輸出必須避免一個點以上被動作；控制程序如下：
 - (1) 主站傳送一個控制選擇信號給某站，此外站收到訊息後將此選擇位號解碼，並重新編碼送回主站，主站收到此訊息後作檢查並與原先信號加以比較。
 - (2) 若比對符合，系統將顯示控制程序繼續執行；若不符合，則“控制失效”及“聲音警報”出現。
 - (3) 操作員決定執行控制開關“開啓”或“閉合”，或者取消“控制選擇”。
 - (4) 在收到控制完成之訊息後，系統將此訊息顯示於 CVDU 上並在模擬圖上改變此點之顏色。
 - (5) 所有控制訊息顯示於 CVDU 上列印出來。

(二)顯示

主站應顯示下列設備之狀態

- (1)斷路器、開關之啓/閉。
- (2)復閉電驛之使用/閉鎖。
- (3)告警及遙測資訊。
- (4)通訊狀態。
- (5)周邊設備狀態。
- (6)其他接入系統之器材。

(三)告警

- 1.當末端站之各項警報發生時，主站應立即獲得警報信號，該警報資料應自動顯示於操作員作業平台之警報專用 CVDU 上，警報點所在之相關(同頁)網路應同時顯示在 CVDU 上。
- 2.警報資料應包括日期(年、月、日)、時間(時、分、秒)，末端站名稱、警報內容、警報清除時間。
- 3.當主站收到末端站之警報訊號時應有聲音及視訊警報，視訊警報得以警報內容紅色閃光或經業主核定之警報其他方式表示之。操作員按下確認按鈕後，聲音停止，閃光變為穩定，當警報清除後警報內容連同發生及清除時間均變為穩定綠色。
- 4.所有警報應可在警報專用之 CVDU 上查閱，並可選擇性及全部列印。
- 5.警報應可儲存 10000 個訊息，並以先進先出方式儲存。
- 6.本系統應有警報統計及分析功能，該功能於設計協商階段決定。
- 7.變電站內由操作員操作而改變狀態者，不以警報處理。變電站之警報內容如

(四)遙測

各變電站之下列測量值應送回主站。

- 1.M 相及 T 相匯流排電壓。
主站收到該測量值後應予儲存，每 10 秒內應更新一次。
- 2.M 相及 T 相饋電電流，每 10 秒內送回一次，量測值與量測時間應予儲存，記憶體容量應至少足夠儲存 170 小時，並以先進先出方式儲存，儲存值可在 CVDU 上查閱，並可部份或全部列印。
- 3.全站功率輸出，每 10 秒內送回一次，據以計算 15 分鐘瞬時需量及 15 分鐘最大需量。當 15 分鐘最大需量大於設定值(設定值可由操作員設定)90 %時，應有聲音警告，並在 CVDU 上顯示。設定值得由操作員重新設定，計算值得由操作員歸” 0” ，歸零時間應予記錄。
- 4.全線功率輸出，利用(3)資料，加總計算而得全線 15 分鐘瞬時需量及全線 15 分鐘最大需量及其出現時間。
- 5.(1)(2)(3)各項數據應顯示於各該變電站之單線圖上，並列表顯示全線各變電站(2)(3)(4)之數據。

(五)事件記錄

下列事件應予記錄，記錄應含發生時間及事件內容，並全部列印。

1. 所有操作員之操作。
2. 所有末端站之狀態改變。(當設備在現場作維修操作時，操作員可下達指令將該顯示予以鎖錠而不列入記錄，但鎖錠指令應列入記錄。)
3. SCADA 系統告警，含主站，末端站、傳輸線路。
4. 主機之切換。
5. 其他必要事件。

(六) 掃描方式及時間

主站與末端站之聯結採用詢答式(Polling)，末端站應在狀態改變及控制時方將資料送回，否則以簡訊答覆，以提高資訊傳輸之效率，但主站得在定時約每 30 秒向各末端站要求送回全部資料，以便更新資料更新動作應平均分配，不可集中於一時段。

掃描時間：

1. 狀態變化及告警 2 秒內報到主站在 CVDU 上顯示。
2. 類比值 10 秒內向主站報告。
3. 定期掃描約 30 秒一次。(參考值)
4. 控制操作時間(操作員動作不計) 2 秒內完成來往傳輸。

(七) 訊號傳輸

1. 主站對末端站之控制或呼叫未得到末端站之回應時，應自動重複傳輸二次，若仍得不到回應，應產生聲音及視訊告警。主站應有記錄器以記錄對每一末端站之控制或呼叫未回應之次數(累計)，該記錄可經操作員之要求顯示於 CVDU，亦可列印。
2. 傳輸線路由光纖電路及高遮蔽電纜構成。
3. 拓僕為環狀共線(Party Line)架構。

