

汽電共生系統責任分界點之電驛標置協調

台電電力調度處
標置課主管圖審 許文興
電驛工程師 林裕梁

一、前言

汽電共生系統(cogeneration system 簡稱 CGS)，係指利用燃料或處理廢棄物時，同時產生有效熱能與電能之系統。因汽電共生系統能提高熱能、生產總熱效率，以促進能源有效利用，同時對環境可以減少污染，能源多元化，有鑑於國內自產能源缺乏，但大部分能源均仰賴國外進口，電源開發困難，在有限能源充分被利用，政府基於節約能源及整體能源運用之考量，鼓勵業者廣泛使用與推廣，對尖峰供電能力可收預期效果。

依汽電共生發電機組設備總容量規定，可接到高壓配電線(11.95 KV、22.8KV)、特高壓輸電線(69 KV、161KV)或超高壓輸電線(345KV)，在責任分界點對保護電驛之選擇尤應兼顧到保護電驛之信

賴度、安全性、可靠度、快速性、簡單性及靈敏度；如此，在不同的被保護電力設備，規劃不同之適當保護電驛。

為使系統或設備萬一發生事故時，能正確快速隔離故障，縮小事故範圍，維持系統穩定度及運轉品質，對保護電驛標置設定與協調及做好測試工作，能在最短時間內準確跳脫隔離，確保系統正常運轉，提高系統穩定度。

二、保護電驛標置考慮

- (一)汽電共生用戶內發生異常事故時，能迅速確實檢出，適時清除，以免波及台電與其他用戶系統設備。
- (二)當汽電共生用戶與台電系統連接之電源線故障或停電時，用戶應儘速解聯，用戶端設置線路無電壓之確認裝置。

- (三)非鄰近電力系統異常事故時，則以不跳機為原則。
- (四)若欲快速復電操作而採用自動復閉電驛時，應考慮所聯結之線路有無電壓及同步情形。
- (五)汽電共生用戶所安裝之保護電驛除應與台電系統配合並相互協調外，於廠內發生短路事故時，會由台電系統提供大量的故障電流，故須設法切離所連接之線路，以確保電力系統或相關設備之安全。

三、責任分界點應裝設之保護電驛

(一) 50/51：過電流保護電驛（附瞬時過電流元件）

合格汽電共生用戶內發生短路故障時，台電系統將提供大量短路電流；此時應快速切離兩者間之連接輸電線，為避免事故擴大，故需於責任分界點裝設 50/51 保護電驛適時跳脫斷路器，以確保用戶及其他相關設備之安全。

(二) 50N/51N：接地過電流保護電驛（附瞬時接地過電流元件）

合格汽電共生用戶內發生接地故障時，台電系統將提供接地故障電流；此時應快速切離兩者間之連接輸電線，為避免事故擴大，故需於責任分界點裝設 50N/51N 保護電驛適時跳脫斷路器，以確保用戶及其他相關設備之安全。

(三) 67：相間方向性過電流電驛

該電驛係由方向性電驛及過電流電驛兩者之組成體，其方向性元件動作視故障電流方向而定。如故障電流之方向與預定之保護方向一致時，則動作並閉合其接點；反之方向性元件不動作，其接點開啟。而其過電流元件則決定其故障是否發生在保護區段內，如果確定發生在保護區段內，待方向性元件動作後，並閉合其方向性接點，再經適當時間延遲後動作，跳脫相關斷路器而隔離故障。當併聯運轉時，在台電系統發生相間短路故障時，汽電共生發電機將會提供故障電流至台電系統之故障地區，如此會增加台電系統之故障電流及短路容量，此一現象乃是併聯所導

致之結果，為防止此現象發生，裝設 67 保護電驛來偵測是否逆電流流入，若有逆電流流入，同時動作跳脫斷路器，阻斷短路電流繼續流入台電系統，以確保供電安全。

(四) 59：過電壓電驛

當輕載及無效電力充裕或負載突然跳脫時，會產生電壓偏高現象。在正常運轉中，不應該有電壓過高現象發生，惟上述因素或發電機之自動電壓調整器過慢反應時，將會有發電機電壓上升之危險。電壓太高將危及電力設備之絕緣而損害設備，因此為避免電壓太高繼續上升之危險，應裝設 59 保護電驛來偵測電壓偏高現象，以確保電力設備之安全。

(五) 27：低電壓電驛

當電力系統或設備持續超載運轉、無效電力不足或保護一相斷線而失去一相電壓時，均會引起系統電壓降低現象。因此為避免電壓驟降現象，應裝設 27 保護電驛來偵測系統電壓驟降之故障，以確保電力設備之安全。

(六) 59Vo：接地過電壓電驛

當系統正常時，三相電壓保持平衡，沒有零相電壓，此電驛不會動作。當有一相接地時，Y 型接法比壓器的一次側一相被短路，即有兩相電壓存在，此時在三次線圈引起不平衡電壓，在開口處存有 $\sqrt{3}$ 倍的電壓存在，會使 59Vo 保護電驛動作，跳脫相關斷路器，以確保電力設備之安全。

(七) 32：逆送電力電驛

若與台電系統有電力躉售契約者，免裝設逆送電力電驛；若與台電系統無電力躉售契約者，於分界點處裝設逆送電力電驛，以備於正常運轉期間，若有發生電力逆送台電系統時，由 32 保護電驛可及時跳脫動作，啟開斷路器。

(八) 81H/L：高低頻電驛

為維持穩定系統於額定頻率運轉，其系統之發電量與負載均隨時穩定平衡，為保持平衡而有變動時，其系統頻率即將引起變化。當台電系統內大機組事故跳脫而電源不足時，發電機轉子減

速，系統頻率會下降；反之，則系統頻率升高。

$$\Delta f = \frac{\Delta p}{m(1 - e^{-t/T})}$$

Δf : 系統頻率上升或下降變化量(Hz)

Δp : 以系統負載為基準，跳脫之發電量或負載量(%)

m : 系統頻率係數。

t : 時間(秒)

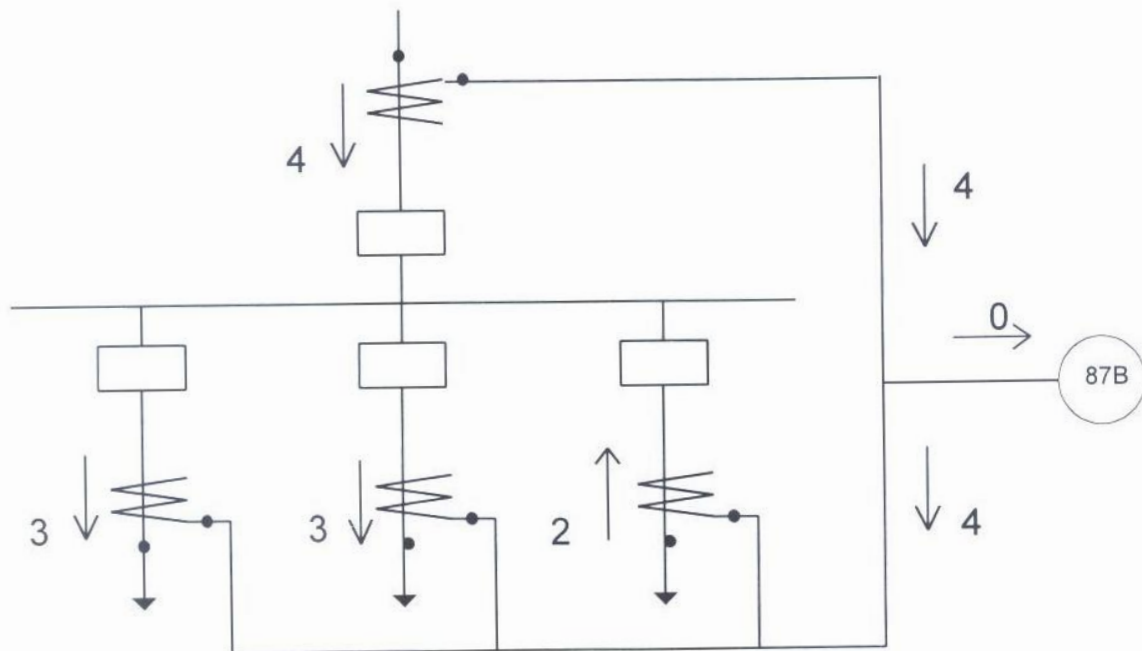
f : 系統頻率(Hz)

T : 時間常數(秒)

(九) 87B：匯流排保護電驛

1. 保護原理

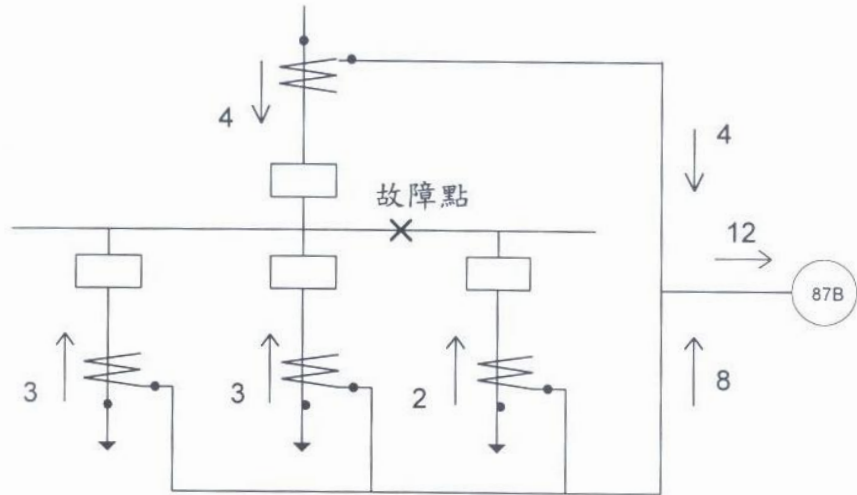
(1) 外部故障或正常情況下電流分佈：



依據克希荷夫電流定律，在任一節點上，流入節點與流出節點之總電流相量和為零。因此，在系統正常情況下或外部故障時，流入過電流電驛之電流為零，此時，保護電驛不會動作；若內部發生異常事故時，其所流入故障點之電流，為所有流入電流之總和，保護電驛因大故障電流通過，快速動作，適時跳脫相關斷路器，隔離事故，避免故障擴大。

2. 匯流排故障時電流分佈情況

(2)內部故障情況下電流分佈：



(+) 87T：變壓器差動電驛

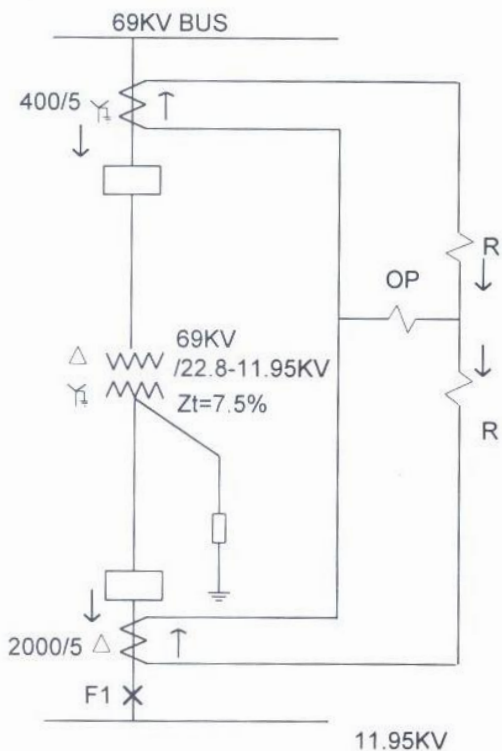
1.保護原理

變壓器一次側（高壓側）比流器與二次側（低壓側）比流器，因事故異常產生不平衡電流時，

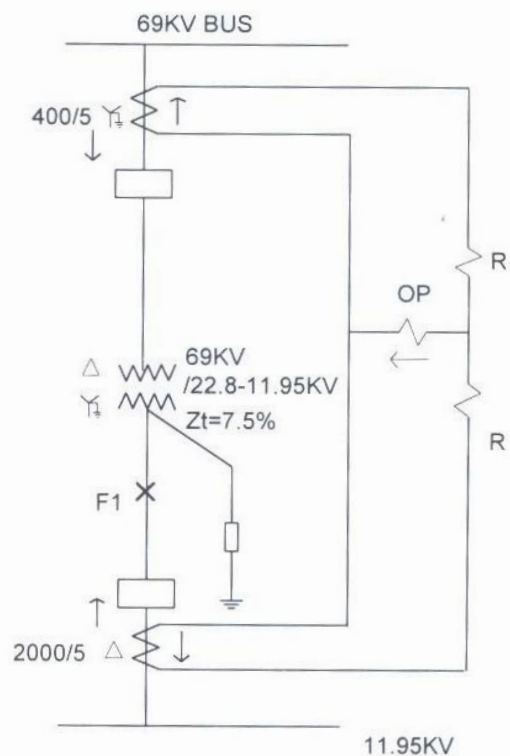
此差電流會流過保護電驛之動作線圈，達動作線圈之電流時使 87T 保護電驛動作，適時跳脫變壓器一、二次側之斷路器。

2.變壓器故障其電流分佈情形：

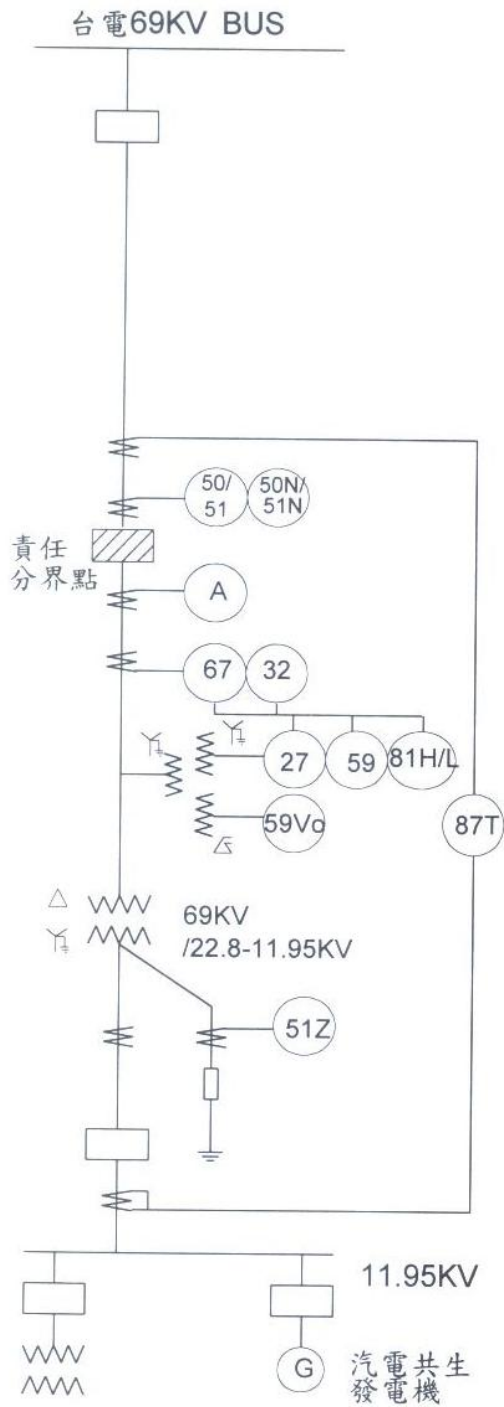
(1)外部故障或正常情況下電流分佈：



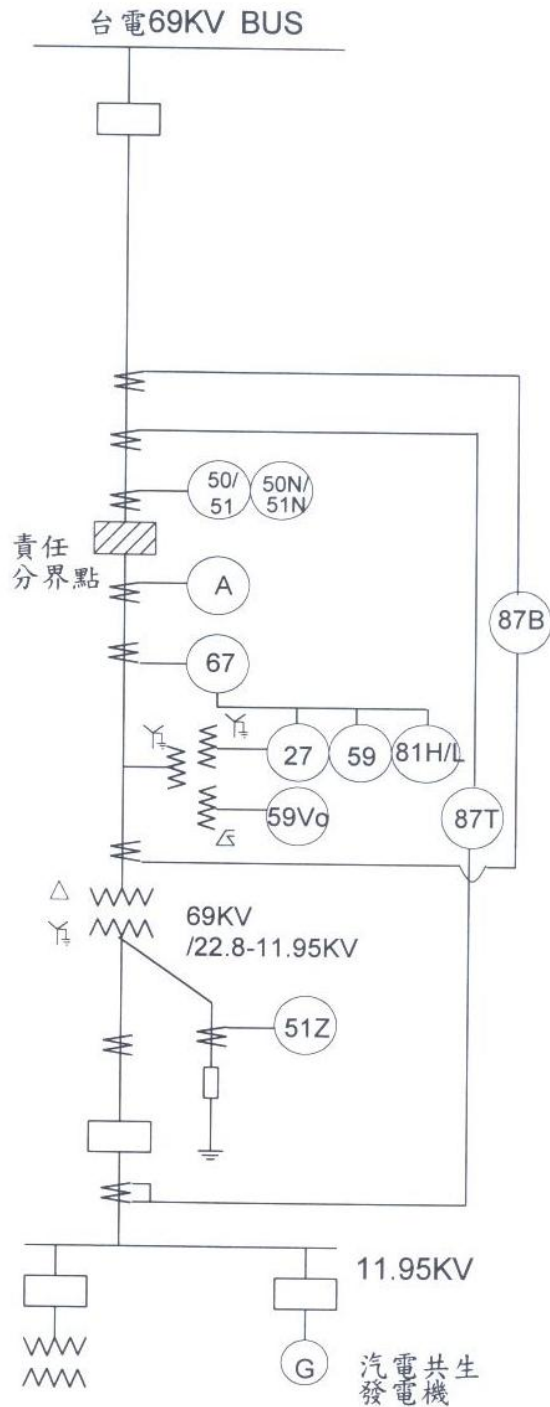
(2)內部故障情況下電流分佈：



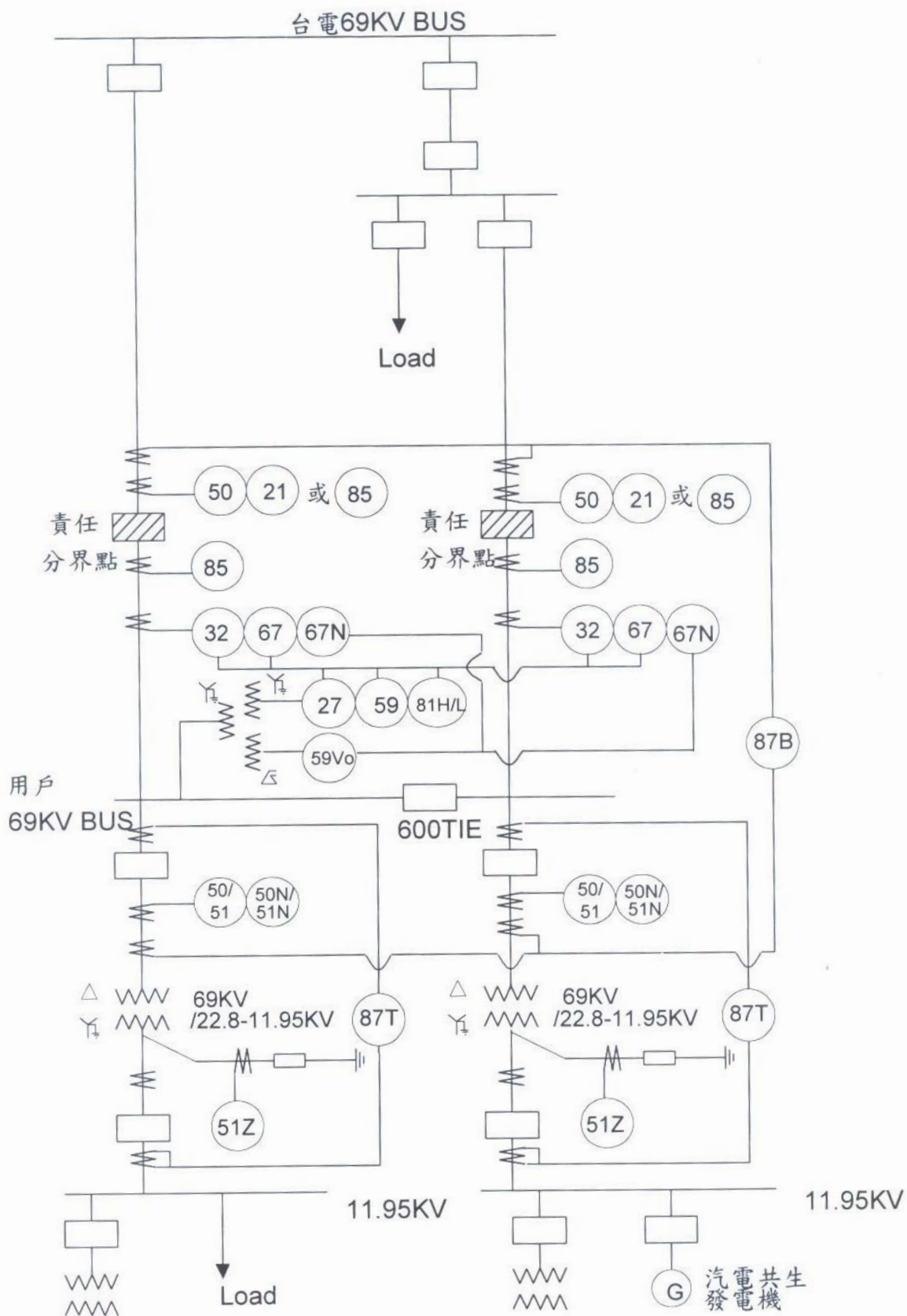
四、圖例



圖一：單回路系統
無電力躉售台電系統且為
開放式斷路器保護



圖二：單回路系統
有電力躉售台電系統且為
整套型GIS斷路器保護



圖三：雙回路兩饋線無電力躉售台電系統且為整套型GIS斷路器保護

五、保護電驛標置應具備資料

- (一)請檢附最大(小)三相短路容量值。
- (二)請檢討責任分界點 CTR 大小及負擔檢討。
- (三)請提供線路常數計算書，若為電纜者，請提供實際測試值。
- (四)故障電流計算書。
- (五)完整說明書並附有特性曲線。
- (六)保護電驛標置設定計算書。
- (七)保護協調曲線圖。
- (八)保護電驛標置一覽表。

六、保護電驛標置要點

- (一)主變二次側三相短路故障，一次側必須在0.5秒內清除故障。
- (二)主變一次側保護電驛應採用正常反時型(Normal Inverse Type)並附瞬時過電流元件。
- (三)責任分界點若採用三相一體保護電驛(50/51、50N/51N、67)或電子式電驛，請使用兩套。
- (四)電壓電驛使用之 GPT 應接自匯流排。
- (五)主變壓器 10MVA(含)以上者，應裝設差動電驛(87T)，接於 161KV(含)以上者，請裝設高速差動電驛保護。

(六)主變二次側若為中性點接地時，該中性點應裝設接地過電流電驛(51Z)保護。

(七)匯流排(345KV、161KV 或 69KV GIS 者)應裝設高速匯流排電驛(87B)，其快速清除故障時間在 6 週波以內。

(八)因供電技術需要或系統需求，須採用兩套主保護電驛(快速)及後衛保護電驛系統者：

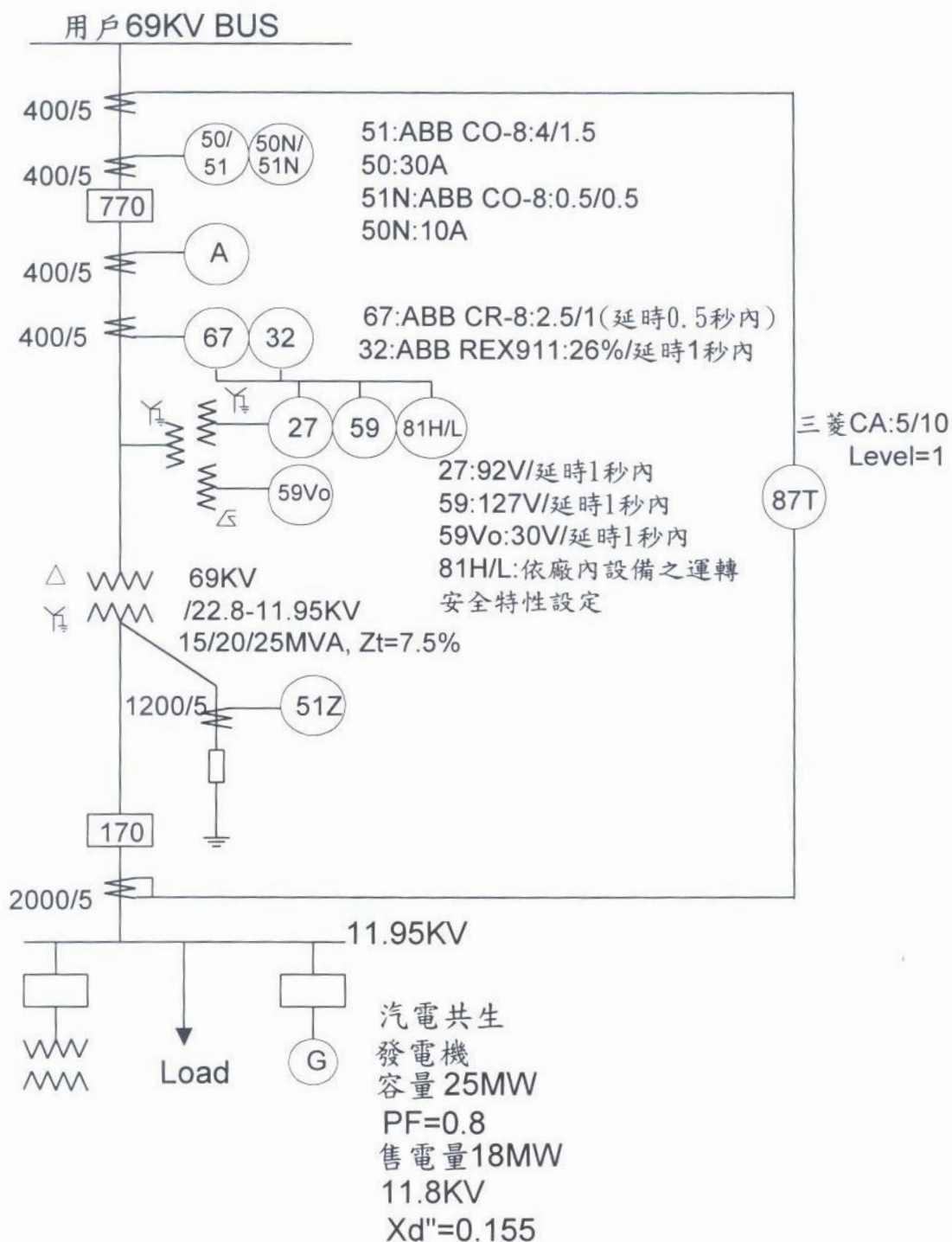
1. 345KV 線路。
2. 161KV 線路之三相故障臨界清除時間較短，影響電力系統穩定度。
3. 環路系統或重要線路以配合台電系統之保護電驛協調及安全運轉。

(九)特高壓用戶設計時，所選用保護電驛用之 CT，若最大故障電流超過 CT 二次側額定電流 20 倍時，應依其實際負擔檢討準確度在 10%以內。

(十)採購設備前，請先經台電公司圖審完成再採購。

(十一)未盡事宜請參考 ANSI、IEEE 或 IEC 等標準辦理。

七、保護電驛標置計算



(一)主變一次側滿載電流

$$IFL1 = \frac{25MVA}{\sqrt{3} \times 69KV} = 209.19A$$

$$209.19 \times 1.5 = 313.8A$$

CT Ratio 選擇用 400/5

(二)主變二次側滿載電流

$$IFL2 = \frac{25MVA}{\sqrt{3} \times 11.95KV}$$

$$= 1207.19A$$

$$1207.19A \times 1.5 = 1811.8A$$

CT Ratio 選擇用 2000/5

(三) 51 電驛標置計算

$$Tap = \frac{\text{滿載電流}}{CT \text{ Ratio}} = \frac{209.19A}{400/5}$$

$$= 2.61A$$

$$2.61 \times (1.25 \sim 1.5 \text{ 倍}) = 3.92$$

Tap 選擇用 4

(四)故障電流計算

$$Z_{ps}' = \frac{(69KV)^2}{15MVA} = 316\Omega$$

$$Z_{base} = \frac{(69KV)^2}{100MVA} = 47.6\Omega$$

$$Z(pu) = \frac{Z_{ps}'}{Z_{base}} = \frac{316}{47.6} = 6.64pu$$

$$Z_{ps} = 6.64 \times 7.5\% = 0.498pu$$

$$I_{base} = \frac{100MVA}{\sqrt{3} \times 69KV} = 836.7A$$

$$I_{3\phi f} = \frac{1}{Z_{ps}} \times I_{base}$$

$$= \frac{1}{0.498} \times 836.7 = 1680A$$

(五) 51 電驛 Level 計算

$$\frac{I_{3\phi f} / CT \text{ Ratio}}{\text{電驛 Tap}} = \frac{1680 / 400/5}{4}$$

$$= 5.257 \text{ 倍}$$

查特性曲線 CO-8(ABB)

$$Level = 1.5$$

(六) 50 電驛標置計算

$$50 = \frac{\text{滿載電流}}{CT \text{ Ratio}} \text{ 的 } 12 \sim 15 \text{ 倍}$$

$$= \frac{209.19A}{400/5} \times 12 = 30A$$

50 選擇用 30A

(七) 87T 差動電驛標置計算

$$1.87T = \frac{i_1}{i_2} = \frac{i_1 / 400/5}{i_2 \sqrt{3} / 2000/5}$$

$$= \frac{i_1 \times 400}{i_2 \times 80\sqrt{3}} = \frac{V_2 \times 400}{V_1 \times 80\sqrt{3}}$$

$$= 0.499$$

電驛有 CA、CAT、IJD、HU-1

Tap 範圍：5、5.5、6.6、7、

8、9、10

87T：CA 標置 5/10，Level=1

2.87T Mismatch 計算

$$\text{Mismatch} = \frac{(\text{TH}/\text{TL}) - (\text{IH}/\text{IL})}{\text{IH}/\text{IL}} \times 100\%$$

$$T_H = 5$$

$$T_L = 10$$

$$\frac{T_H}{T_L} = \frac{5}{10} = 0.5$$

$$I_H = \frac{209.19}{400/5} = 2.615$$

$$I_L = \frac{1207.8\sqrt{3}}{2000/5} = 5.229$$

$$\frac{I_H}{I_L} = \frac{2.615}{5.229} = 0.4999$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{Mismatch} &= \frac{0.5 - 0.4999}{0.4999} \times 100\% \\ &= 0.02\% \end{aligned}$$

(八) 67 電驛標置計算

台電系統母線三相故障時，該廠發電機所提供故障電流之 30% 以下或售電契約容量之 125% ~ 150%。

$$I_f = \frac{18\text{MVA}}{\sqrt{3} \times 69\text{KV}} \times 1.5 = 226\text{A}$$

$$\frac{226}{400/5} = 2.83$$

Tap 選擇用 2.5

$$\frac{18\text{MVA}}{\sqrt{3} \times 69\text{KV}} / 0.155 = 971\text{A}$$

$$\frac{971}{400/5} / 2.5 = 4.86 \text{ 倍}$$

30 週波(延時 0.5 秒內)

CR-8(ABB)設定 Tap=2.5

Level=1.0

(九) 32 電驛標置計算

無售電契約用戶發電機容量之 10% 以下。

$$25000\text{KVA} \times 10\% = 2500 \text{ KVA}$$

$$\frac{2500\text{KVA}}{\sqrt{3} \times 69\text{KV}} = 20.92\text{A}$$

$$\frac{20.9\text{A}}{400/5} = 0.261$$

32 : REX911(ABB) 設定 26%
延時 1.0 秒以下

(十) 27 : 低電壓電驛標置計算

1. 額定電壓之 80%。

$$115\text{V} \times 0.8 = 92\text{V}$$

2. 延時 1.0 秒以下

(十一) 59 : 過電壓電驛標置計算

1. 額定電壓之 110%。

$$115\text{V} \times 1.1 = 127\text{V}$$

2. 延時 1.0 秒以下

(十二) 59Vo : 零相電壓電驛標置計算

1. 相對地額定電壓 $115\text{V}/\sqrt{3}$ 之 45% 以下。

$$115\text{V}/\sqrt{3} \times 0.45 = 30\text{V}$$

2.延時 1.0 秒以下

2.81H : 61.5Hz

(三) 81H/L : 高低頻電驛標置計算

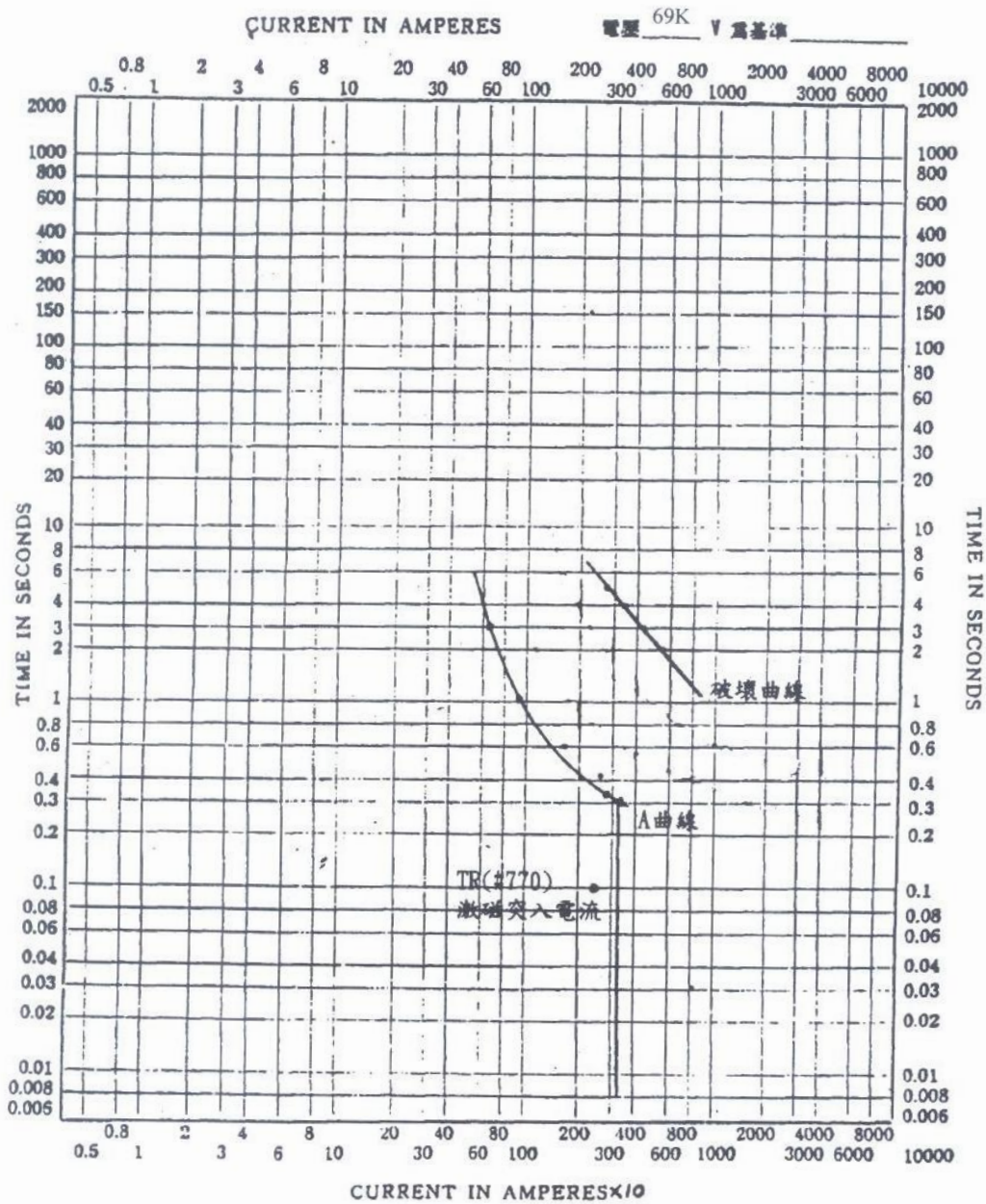
延時 1.0 秒以下

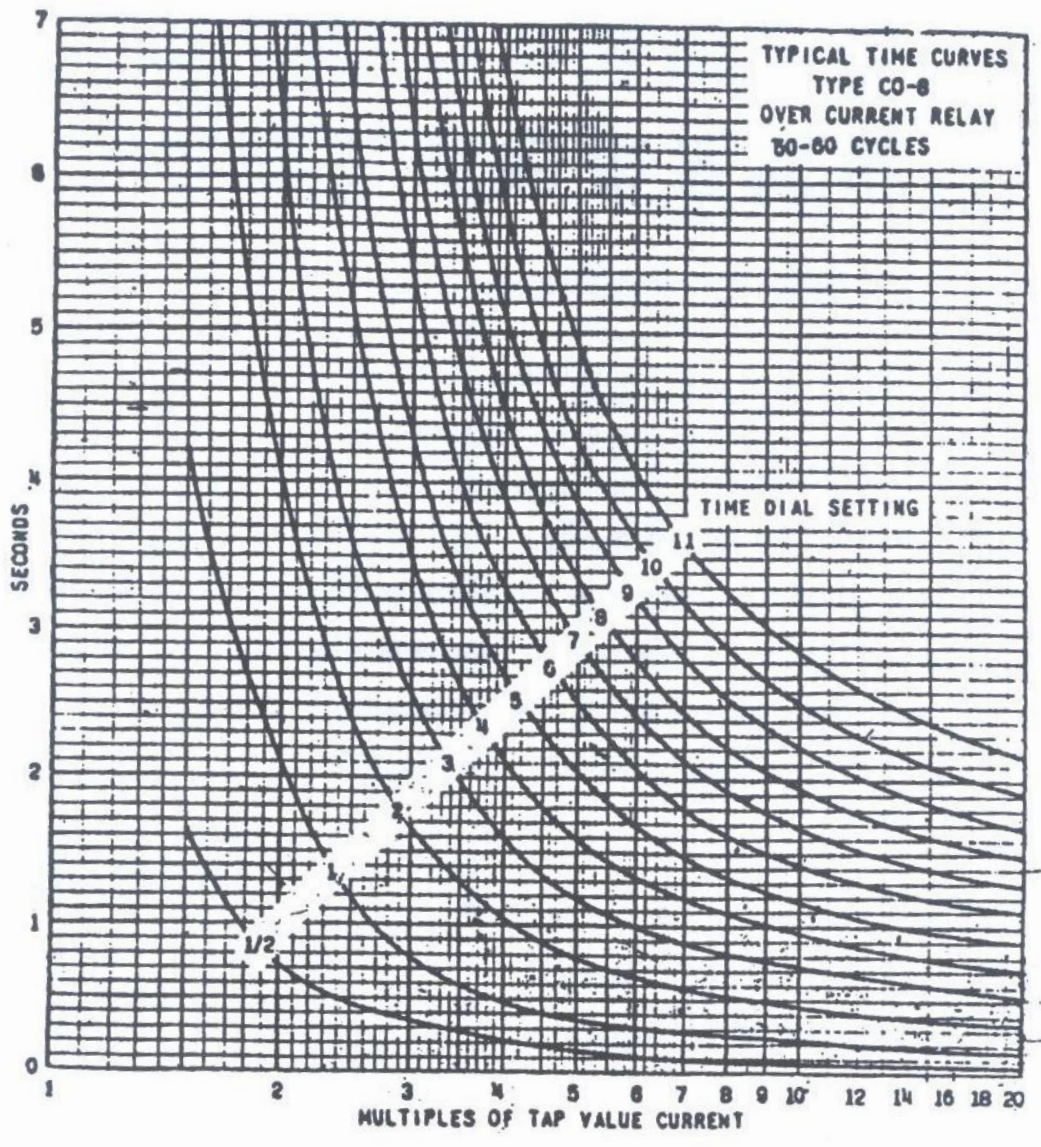
1.配合廠內設備運轉安全特性設定。

81L : 58.4Hz

延時 1.0 秒以下

系統保護協調圖





CO-8 特性曲線

八、結語：

汽電共生是目前全世界各國所鼓勵節省能源的最有效方法之一，唯有依據各產業生產條件，在不浪費多餘的廢熱下作最佳的計劃，才能達成其效益。同時保護協調方

面，依廠內特性做妥善規劃，以符合需要；因為在電力系統上存有無法預知的弱點，如何增強弱點保護，提升供電品質，是我們做保護協調的主要目標。