

保護協調

—ASPEN 套裝軟體之使用

*顏惠結 陳士麟 黃德華

清華大學、清華大學、台電新桃供電區營運處

一、前言

目前國內用於模擬保護協調的套裝軟體頗多，在輸電方面，出名的有 PSS/U (PTI)，在配電方面為 CADPAD (ABB)。此外，尚有 CAPE、ASPEN、CYME、ETAP 等套裝軟體。本文擬介紹其中最新引進至國內的套裝軟體 ASPEN，說明 ASPEN 套裝軟體中 OneLiner 程式的功能，以期國內的電驛從業前輩增多一份選擇。綜合而言，ASPEN 架構於 Windows 作業系統之下，因此人機介面頗稱親和。譬如：具有下拉式的功能選單、對話式的資料輸入方式等，模擬所需的資料是利用系統線路圖予以建立，可避免因疏忽而漏建部分匯流排。在模擬過程中，隨時可用圖形顯示結果，用於比較數字的相對大小值。本文說明安裝本程式所需的軟硬體設備，以及欲模擬之網路資料建立過程，並以新竹科學園區 69kV 第一環路系統的保護協調為例，介紹本程式的功能及使用上的限制。

二、模擬案例

茲以新竹科學園區 69kV 環路為例，說明本程式功能。參考圖一，此環路在電源側為新竹 P/S 的 #1，#2 主變壓器。由新竹 P/S 69kV 匯流排引出 69kV 饋線，連接龍山 S/S、龍明 S/S 及積二、世積、德基、旺宏等半導體工廠。環路上的饋線斷路器編號示於圖二。本案例的模擬狀況如下：

故障地點：德基 69kV 匯流排

故障類型：單相接地故障、線間短路
故障

新竹 P/S 161kV 匯流排電源側系統阻抗：

正序： $.001306+j.015536$ pu

零序： $.006359+j.031035$ pu

當德基發生 1LG 故障後，系統內的故障電流分佈示於圖三。顯示故障地點的短路電流值為 $1151 \text{ A} \angle -89^\circ$ ，此故障電流分別由龍明 S/S 的兩座 69kV 匯流排提供（一為 $609 \text{ A} \angle -90^\circ$ ，另一為 $542 \text{ A} \angle -89^\circ$ ）。參考表一，若德基匯流排發

生 A 相接地故障，A 相電壓顯示此為直接接地故障，此故障遂造成環路內 69kV 匯流排的故障相電壓趨近於零，甚至新竹 P/S 的 69kV 匯流排電壓亦僅為 $1.25\text{kV} \angle -17^\circ$ 。

參考圖二，在此環路系統上各斷路器設置接地過流電驛，各電驛的標置值示於圖四。對照圖四與圖二可知：若德基發生 1LG 故障，德基#610、#620 斷路器應迅速動作，相關 CR-8 電驛的跳脫時間分別為 1.16s 及 0.92s，若此二電驛未即時動作，則世積#610、華邦#610 的 CR-8 應於 1.40s 及 1.12s 跳脫。此外，尚有多組後衛電驛，如積二、旺宏#610 的跳脫時間為 1.93s 及 1.54s 等。

完整的協調時間示於表二。顯示：世積#610 的 CR-8 跳脫時間落後德基#610 約 0.24s，同理可得積二#610 落後世積#610 約 0.53s，龍明落後積二 0.43s。欲徹底檢討 CR-8 接地電驛之間的保護協調應針對各匯流排的最大、最小故障電流進行檢討，以確保在故障發生後，能予迅速隔離，而上下游電驛跳脫時間亦有充分的間隔裕度。

本文重點在介紹 ASPEN 功能，不在於檢討現行標置的合理性，因此，有關電驛之間的協調不再深入討論。

對照圖三、圖四、表二可知德基 1LG 的故障模擬結果。對照圖五、圖六、表三可知德基 L-L 故障的模擬結果。

中華民國八十六年十二月

三、系統軟硬體需求

本程式可於 Intel-80286、-80386、-80486 或奔騰系列的個人電腦上執行，其他的軟硬體需求尚包括：

1. EGA 或 VGA 和一個具有高解析度的彩色螢幕。
2. 4MB 以上的記憶體（4MB 記憶體用於模擬至少 3000 個匯流排的網路系統）。
3. 4MB 以上的硬碟空間。
4. 有兩個或三個按鍵的滑鼠。
5. 可用於 Windows 環境下的列表機。
6. Microsoft Windows 3.1 版（含）以上或 Windows 95 或 OS/2 2.0（含）以上的作業系統。

四、建立網路資料

模擬系統建立的過程中，大致可分為兩階段，第一階段為單線圖的建立，包括匯流排及傳輸線等之建立。完成第一階段後，便可模擬故障電流。第二階段為電驛的建立，完成後便可模擬整個系統的電驛動作時間及保護協調。

4-1 單線圖的建立

首先用滑鼠左鍵點取 "ASPEN OneLiner" 後，將出現如圖七之畫面，然後繼續點取 "OneLiner"，出現有 "ASPEN" 字樣的畫面。

4-1.1 開新檔案：

點取"File"，拉下視窗，再點取"New"，開始建立一個欲模擬的檔案。

4-1.2 建立匯流排：

用滑鼠右鍵於欲建立匯流排的畫面位址按一下，便出現一個視窗，點取"New Bus"後，出現一個對話視窗，要求輸入該匯流排的相關屬性資料，在所有的屬性資料當中，匯流排的"Name"及"Nom kV"為必須輸入的資料，其它可有可無。"Nom kV"一旦輸入後即無法再予更改，在此提醒使用者。依此建立其餘所有的匯流排。

4-1.3 建立傳輸線：

在匯流排與匯流排之間，建立傳輸線，方法為利用滑鼠左鍵點取兩匯流排中的一個，接著按住鍵盤的 Shift 鍵，再點取另一個匯流排後，如圖八出現一個對話視窗，點取"New Line"，出現如圖九之畫面，鍵入該傳輸線的線路常數，便完成該傳輸線。圖九中的 R、RO 及 X、XO 為 pu 值，且為必須輸入的資料，其它可有可無。

4-1.4 建立變壓器：

三繞組變壓器的建立，其方法為先用滑鼠左鍵，點取三匯流排中的一匯流排 (P)，接著按住鍵盤 Shift 鍵不放，再用滑鼠左鍵點取另一匯流排 (S)，最後用滑鼠右鍵點取另一匯流排 (T) 後，出

現對話視窗，接著點取"New 3-Wxformer"，如此便會出現如圖十之畫面。注意在輸入三繞組變壓器的相關資料時，其阻抗用 p.u. 值，僅 Z_{g1} 、 Z_{g2} 、 Z_{g3} 、 Z_{gn} 用實際值，另外，圖十中間的 use 和 test 欄中有 G.D.E 和 G.D.O 要選取，其所代表的意義為：use 代表平常使用時，若為 Wye 接則選"G"，若為 Delta 接則選"D"，但若 Delta 接超前 Wye 接則選"E"，而 test 代表進行變壓器短路試驗。兩繞組變壓器之建立亦復如此。至此，網路已予建立，可開始模擬各類故障。

4-2 保護電驛的建立

4-2.1 選擇電驛位置：

首先用滑鼠右鍵，點取欲加入電驛之傳輸線，當出現對話視窗後，用滑鼠左鍵點取"New Relay Group"，然後選擇電驛放置靠那一匯流排端。選擇完畢，在畫面該傳輸線上會出現一個電驛的圖形。

4-2.2 建立過流電驛：

用滑鼠右鍵點取該電驛圖形，於出現對話視窗後，用滑鼠左鍵點取"New Relay"，然後選擇電驛類型（過流或測距），若選取的為過流相電驛，則如圖十一所示。再依序輸入電驛的屬性資料。其中，在 ID 欄中，建議讀者若為相電驛則於字尾加"P"，若為接地電驛則於字尾加"G"，以作辨識之用；另外，在"Relay curve"欄中包括本程式電驛資料庫中所有

的過流電驛（電驛資料庫中所有的過流電驛記於附錄 A），可於其中選取需用之電驛輸入；此外，僅方向性過流電驛，需要在 Direction control 欄內輸入資料，最後按下 OK 鍵，即完成該電驛之輸入。其它過流相電驛，皆依此方法輸入。對於過流接地電驛，其所需相關資料及須注意的地方與過流相電驛類似。

4-2.3 建立測距電驛：

若選取的電驛類型為測距相電驛，則畫面在電驛位置出現一對話視窗，要求輸入電驛型式。可依照該對話視窗中所列，選取電驛型式，若所需用之電驛型式不在該表中，可利用 Distance Relay Editor 自行鍵入該型式，型式輸入完畢後，如圖十二所示，出現一對話視窗要求輸入該電驛的其餘相關資料，其中 Zone 2 Supervision 欄係表示該電驛與另一過流電驛有保護協調關係，若無則直接跳過該欄。若選取測距接地電驛，所需相關資料及須注意的地方與測距相電驛類似，僅多一 K 值欄，K 定義為 $(Z_0 - Z_1) / (3Z_1)$ 式中 Z_0 及 Z_1 分別代表傳輸線上的零序和正序串聯阻抗，而 K 值可由 Line Impedance 欄中獲得，其餘則依需求輸入。

如此完成電驛系統的建立，就以可開始模擬保護協調。

五、案例模擬操作程序

如第二節所述，該案例係以新竹科學園區德基環路為模擬對象，並假設故障地點在德基，ASPEN 可模擬的故障類型有：三線接地故障、兩線接地故障、單線接地故障及線間短路故障。本案例僅模擬單線接地故障及線間短路故障。該環路的主保護為副線電驛，而副線電驛不在 ASPEN 電驛資料庫之內，如有必要可自行鍵入，用於評估相對於過流電驛動作的時間裕度。以下說明本案例（過流電驛）模擬的操作程序。首先，用滑鼠右鍵點取德基，當出現一對話視窗後，用滑鼠左鍵點取 "Specify Fault"，會出現對話視窗要求選取故障類型，當選取完畢後按 OK 鍵，用滑鼠右鍵點取德基傳輸線上的電驛，接著在功能欄中點取 "Relay"，選取視窗中 "View Relay Curves" 或直接用滑鼠右鍵點取電驛符號，於其視窗中選取 "View Relay Curves"，會出現另一視窗要求選擇 "OC Phase Relay" 或是 "OC Ground Relay"，選取完畢後按下 OK 鍵便出現圖十三之畫面，在此畫面中，可選取 Add 功能欄的 "Relay Curve in Vicinity" 加入須要顯示時間電流曲線的電驛，如圖四、圖六。最後可選取 show 中的 TTY Windows 將所模擬故障電流、電壓數字值列印出來，如表一～表三。電驛協調模擬結果已在第二節討論，在此不再贅述。

六、結論

ASPEN 套裝軟體架構在 Windows 環境之下，用於模擬電力潮流、故障電流與保護協調。本文說明用於保護協調的程式 OneLiner 之操作程序，期使電驛前輩在保護協調分析工具方面多一項選擇。已知台電新近購置 ASPEN 套裝軟體，分別裝置在供電處、台北供電區處、高屏供電區處及電力綜合研究所。潛在的使用者當會不少，因此撰寫本文，提供使用者相互交換經驗。附錄所記電驛型式不全，此外，建立三繞組變壓器頗為費時，此皆為 ASPEN 使用上的不便之處。

七、誌謝

感謝台電新桃供電區營運處運轉課策劃股張燕秀股長、黎維桂主辦提供寶貴意見，並協助蒐集資料，在此謹申謝忱。

八、參考文獻

ASPEN OneLiner User's Manual for Version 4.0，Document No. OL-UM-0350, Advanced Systems for Power Engineering, Inc.

九、附錄

ASPEN 電驛資料庫所記載的電驛型式

| File Name | Manufacturer & Number of Devices |
|------------|----------------------------------|
| ABB.RLY | ABB, 54 relays |
| BASLER.RLY | Bäsler, 41 relays |

| File Name | Manufacturer & Number of Devices |
|---|---|
| BUSSMANN.RLY | Bussmann, 101 fuses |
| CALOR.RLY | Calor Emag, 13 fuses |
| CHANCE.RLY | A.B. Chance, 76 fuses |
| COOPER.RLY | Cooper, 5 interrupters |
| CTI.RLY | Combined Tech Inc. 7 SX-Limiters and 4 fuses |
| FPL | Federal Pioneer Limited, 5 SD and MGFR relays |
| G&W.RLY | G&W, 10 interrupters |
| GE-FUSE.RLY | GE, 186 fuses |
| GE.RLY | GE, 113 relays |
| GEC.RLY | GEC-Alsthom, 26 relays |
| HITECH.RLY | Hi-Tech, 31 OS fuses |
| KEARNEY.RLY | Kearney, 76 fuses |
| MCGRAW.RLY | McGraw-Edison, 192 hydraulic reclosers |
| MCGRAW0.RLY | McGraw-Edison, 180 hydraulic reclosers |
| MCGRAW1.RLY | McGraw-Edison, 86 electronic reclosers |
| MCGRAW2.RLY | McGraw-Edison, 41 microprocessor reclosers |
| MCGRAWFU.RLY | McGraw-Edison, 279 fuses |
| MERLIN.RLY | Merlin Gerin, 8 relays |
| MULTILIN.RLY | Multilin, 83 relays |
| RTE.RLY | RTE Components, 15 BAY-O-NET Fuse Links |
| S&C-1.RLY | S&C, 237 power fuses |
| S&C-2.RLY | S&C, 176 power fuses |
| S&C-3.RLY | S&C, 9 electronic Fault Fiter fuses |
| S&C-4.RLY | S&C, 81 power fuses |
| S&C-5.RLY | S&C, 88 Positrol fuse links |
| SEL.RLY | Schweitzer, 4 relays |
| SSTATES.RLY | Southern States, 196 fuses |
| WESTNGHS.RLY | Westinghouse, 48 relays |
| WSTGHSFU.RLY | Westinghouse, 118 fuses |
| There are a total of 2589 devices in 31 ASPEN relay libraries (September 1996). | |

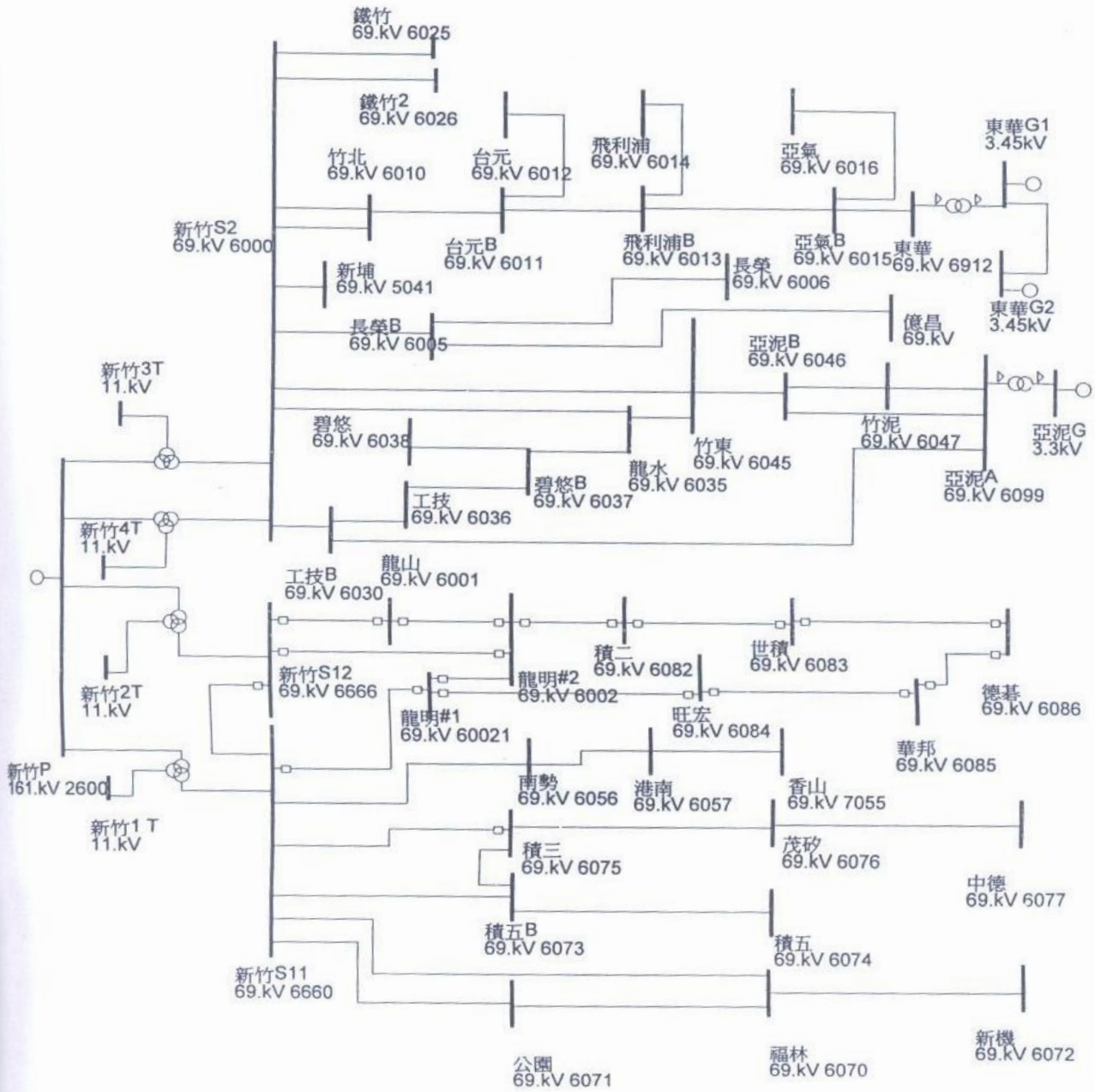


圖.一新竹變電所轄區69kV線路

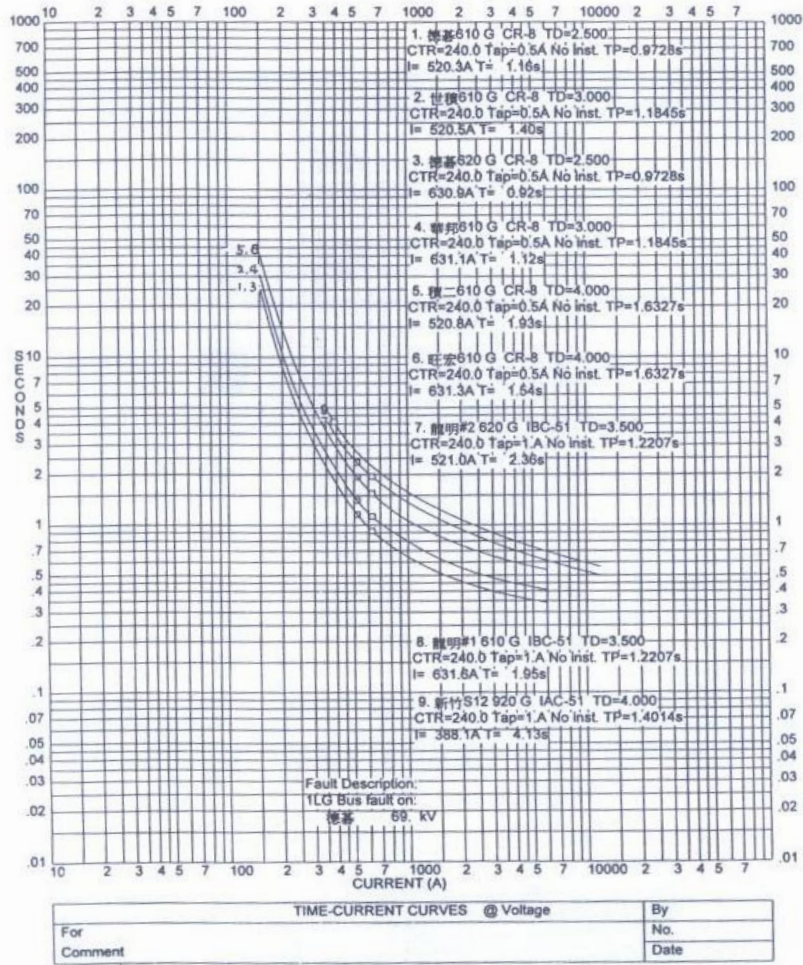


圖.四 對於德基 1LG 保護之接地過流電驛標置與動作時間

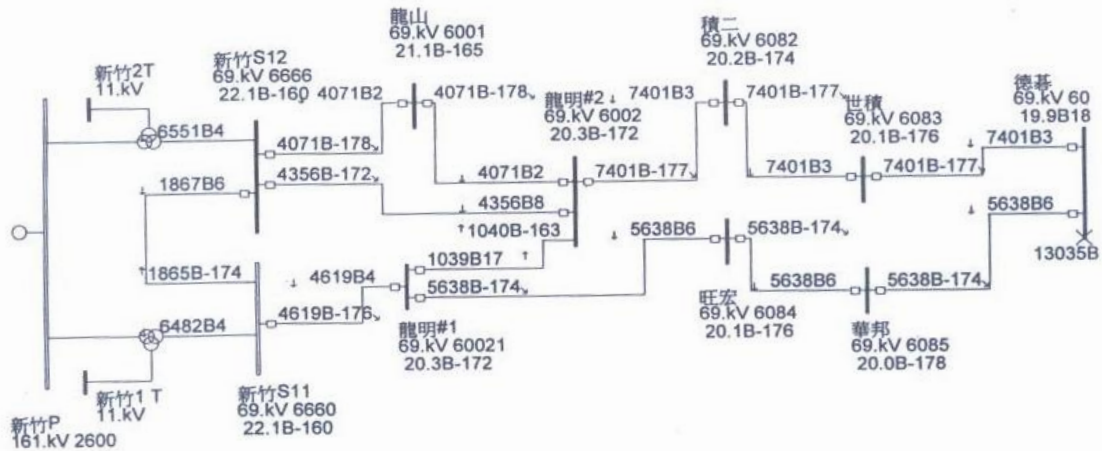
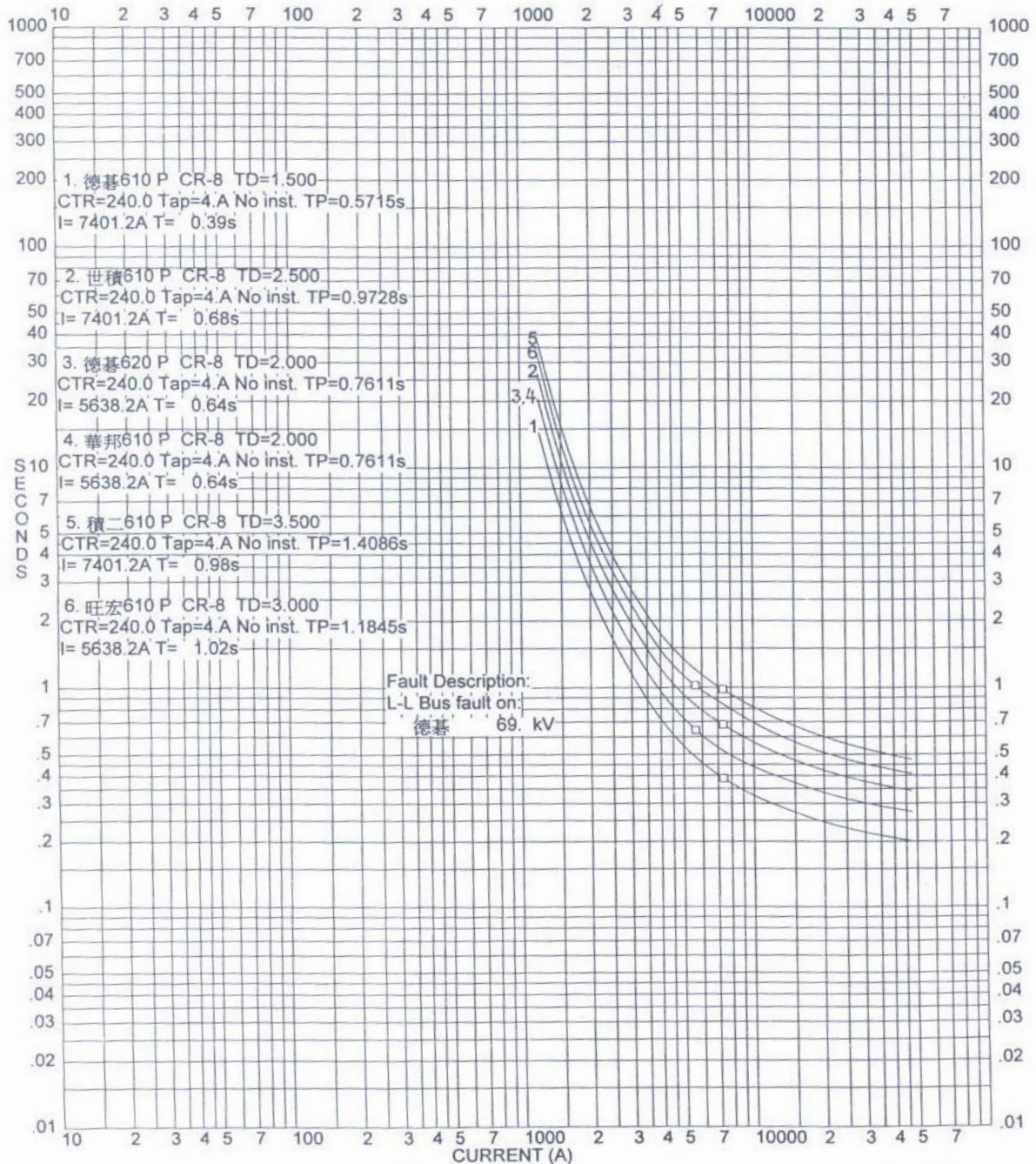


圖.五 德基線間短路(L-L)之B相故障電流電壓分佈



| | | |
|-------------------------------|--|------|
| TIME-CURRENT CURVES @ Voltage | | By |
| For | | No. |
| Comment | | Date |

圖六 對於德基 L-L 保護之過流電驛標置與動作時間

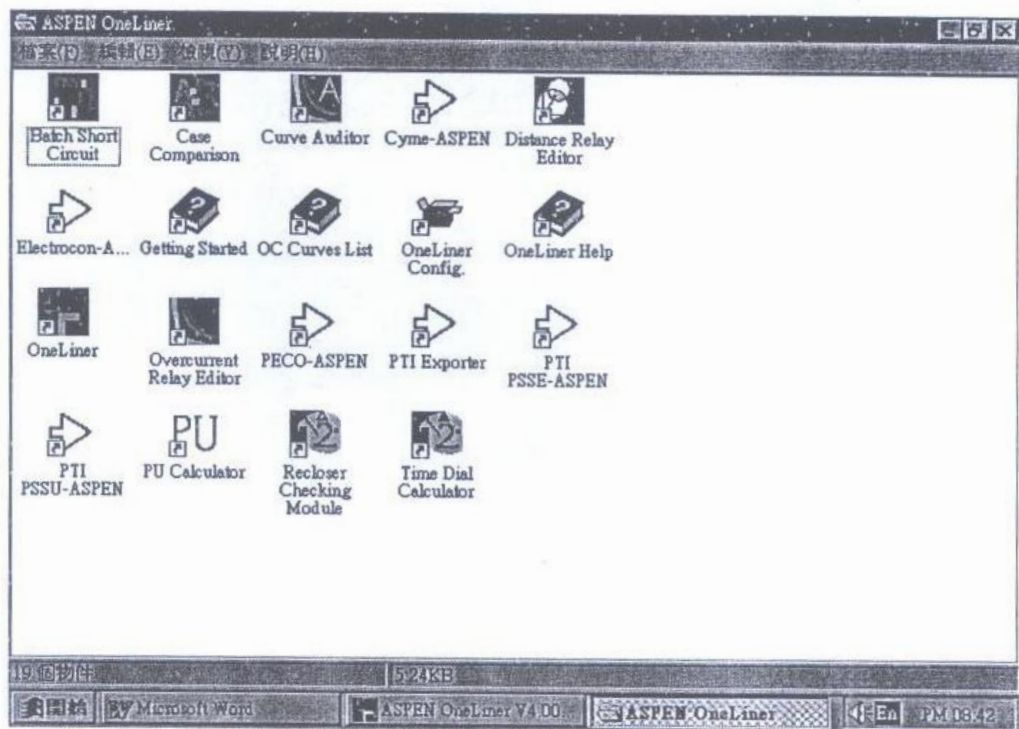


圖.七開新檔案

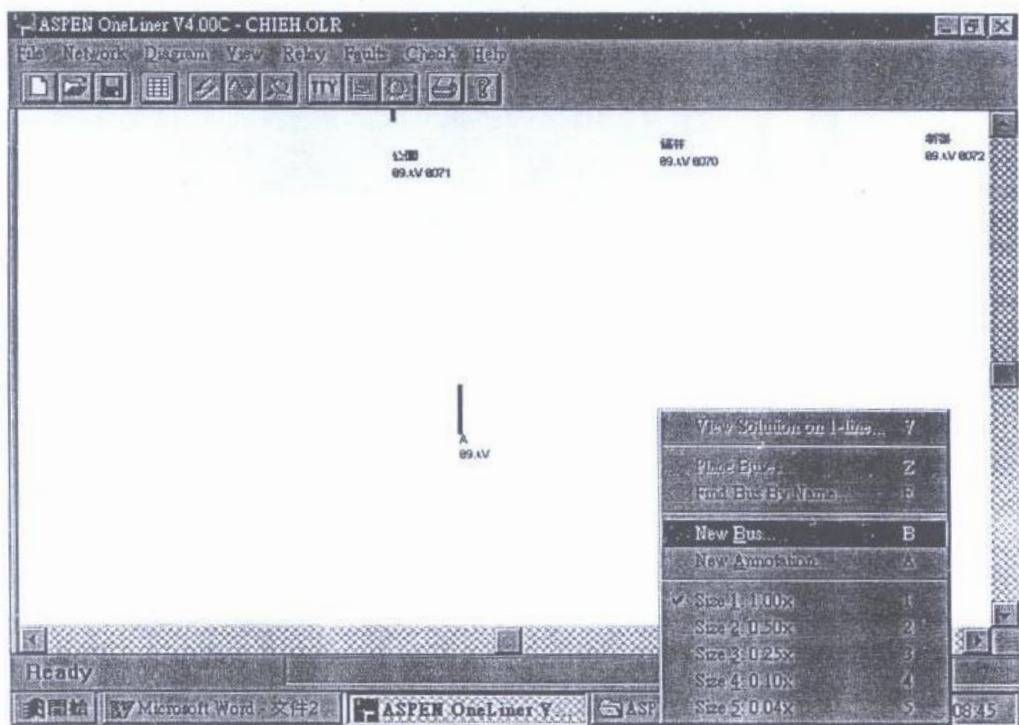
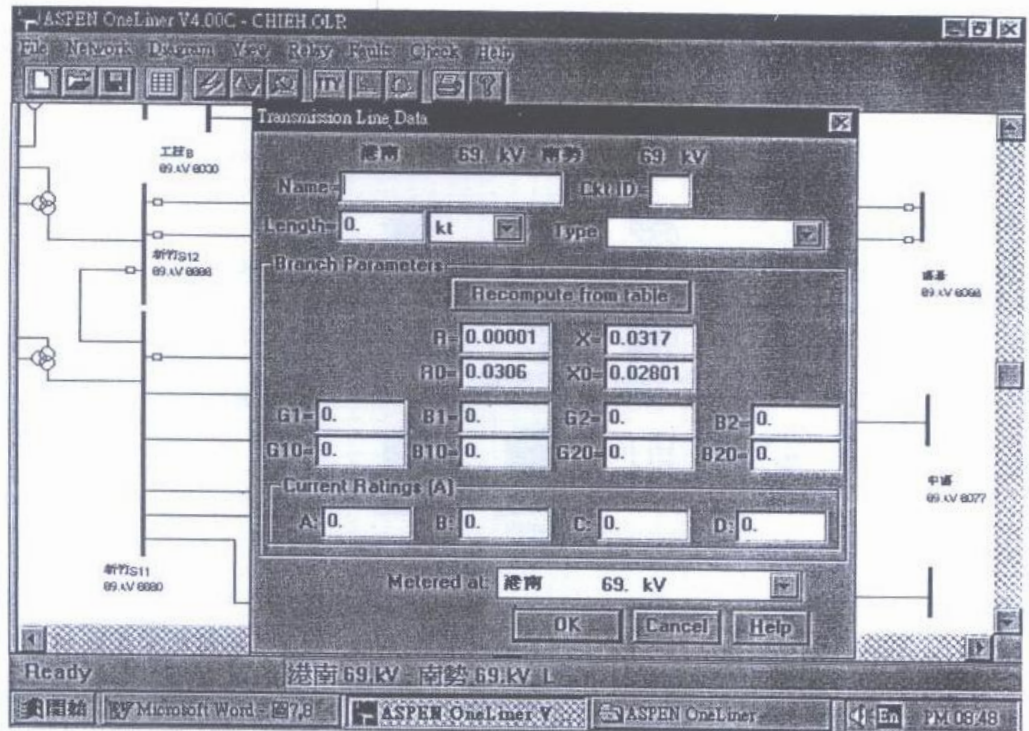
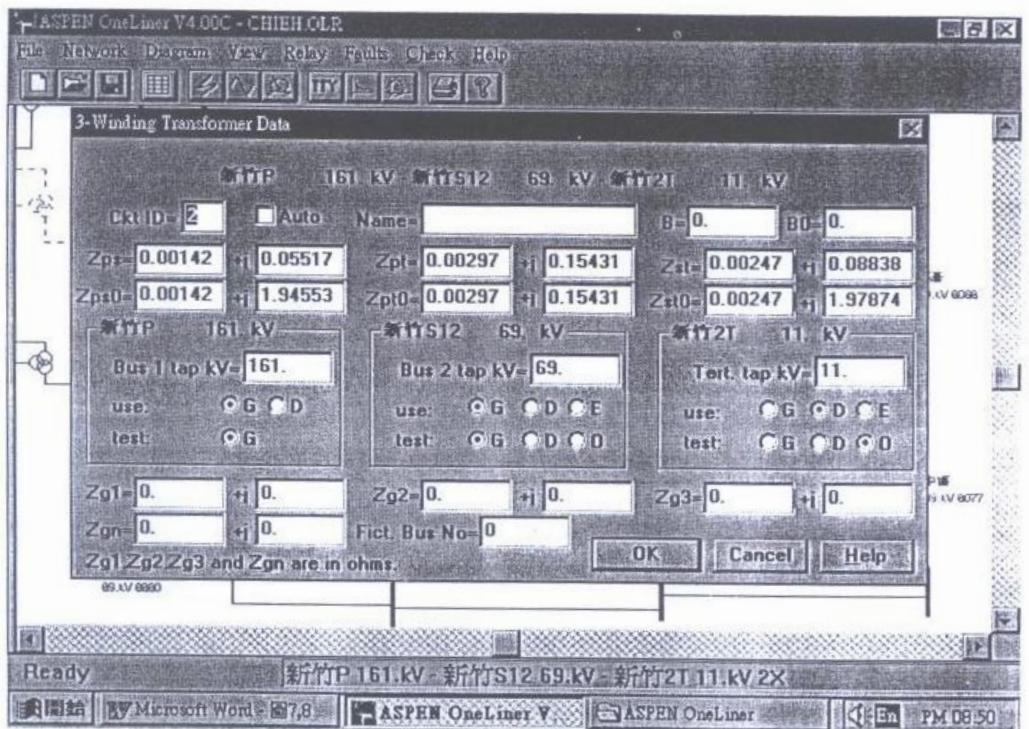


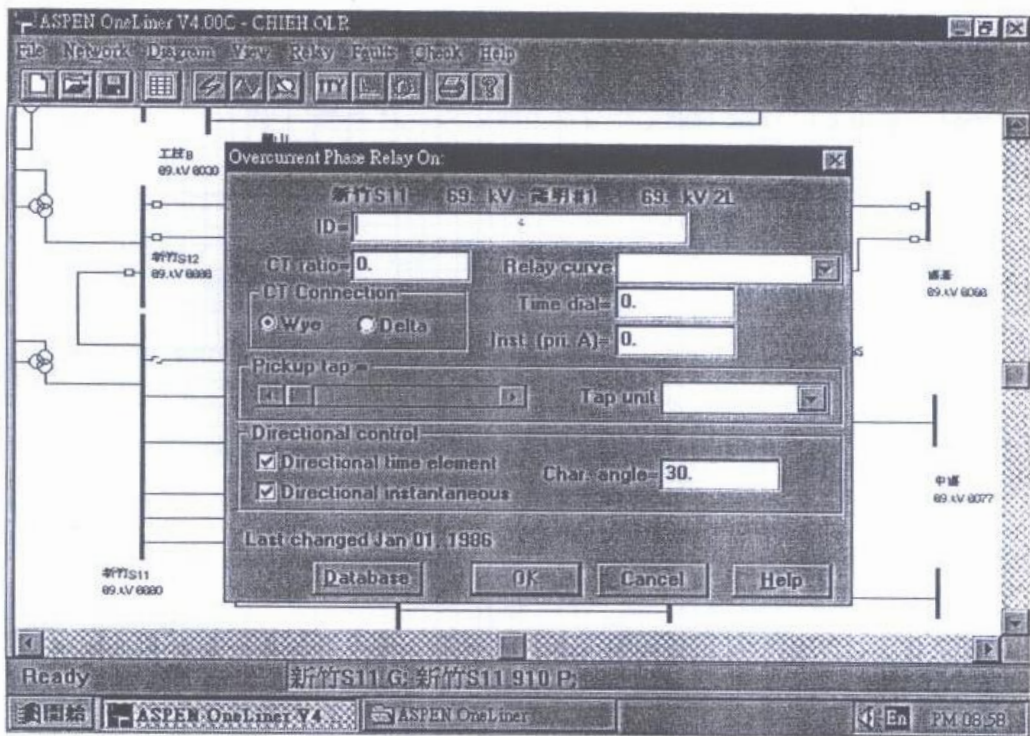
圖.八 建立匯流排



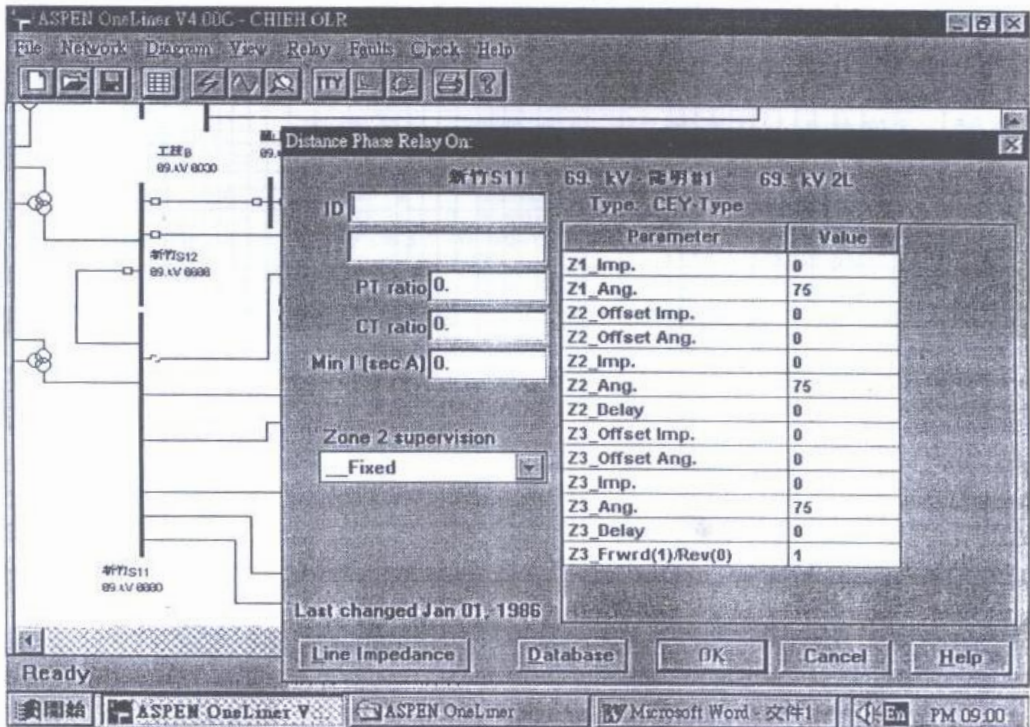
圖九 建立傳輸線



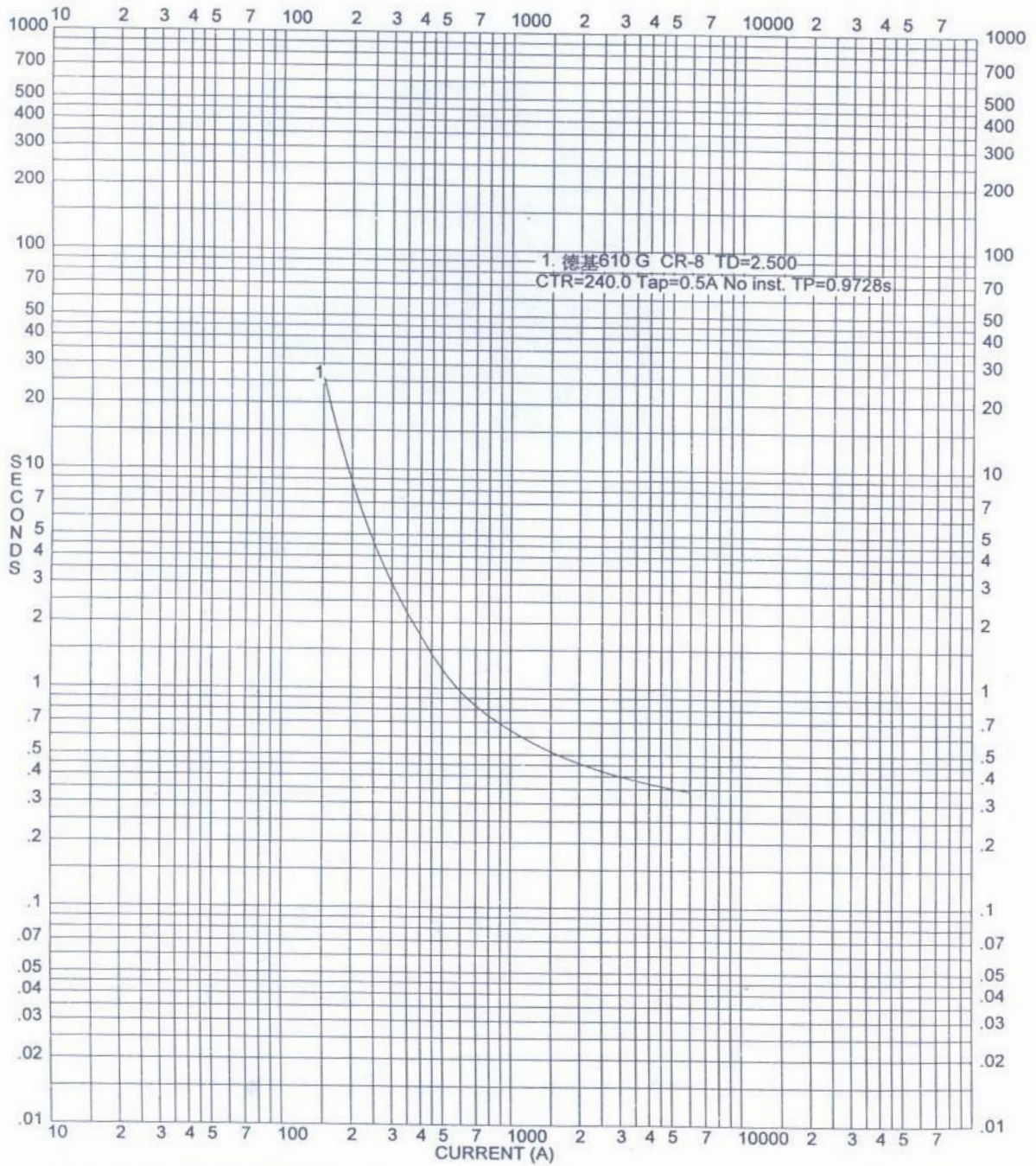
圖十建立三繞阻變壓器



圖十一 建立過流相電驛



圖十二 建立測距相電驛



| | | |
|-------------------------------|--|------|
| TIME-CURRENT CURVES @ Voltage | | By |
| For | | No. |
| Comment | | Date |

圖十三 建立過流電驛的圖形與屬性資料

表一 德基 ILG 之故障電流電壓模擬結果

| 1. ILG Bus fault on: | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------|--------------------------|------------------|-----------------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|--|
| 德基 69. kV | | | | | | | | | |
| | | FAULT CURRENT (A @ DEG) | | | | | | | |
| | | + SEQ | - SEQ | 0 SEQ | A PHASE | B PHASE | C PHASE | | |
| | | 383.6@ -89.3 | 383.6@ -89.3 | 383.6@ -89.3 | 1150.9@ -89.3 | 0.0@ 0.0 | 0.0@ 0.0 | | |
| | | THEVENIN IMPEDANCE (OHM) | | | | | | | |
| | | 0.19751+j2.64274 | 0.19751+j2.64274 | 0.95456+j98.6837 | | | | | |
| | | SHORT CIRCUIT MVA= 137.7 | | X/R RATIO= 77.0385 | | R0/X1= 0.3612 | | X0/X1= 37.3414 | |
| ----- | | | | | | | | | |
| BUS 6086 德基 | 69.0KV | AREA | TIER 0 | (PREFault V=1.001@ -0.0 PU) | | | | | |
| | | + SEQ | - SEQ | 0 SEQ | A PHASE | B PHASE | C PHASE | | |
| | | 38.873@ 0.1 | 1.017@ 176.5 | 37.859@ -179.8 | 0.000@ 0.0 | 66.567@ -148.6 | 66.372@ 148.8 | | |
| VOLTAGE (KV, L-G) | > | | | | | | | | |
| BRANCH CURRENT (A) TO | > | | | | | | | | |
| 6083 世積 | 69.0 L | 217.8@ 89.4 | 217.8@ 89.4 | 173.4@ 92.4 | 608.9@ 90.3 | 45.5@ -101.9 | 45.5@ -101.8 | | |
| 6085 華邦 | 69.0 L | 166.0@ 92.4 | 165.9@ 92.5 | 210.3@ 89.4 | 542.0@ 91.3 | 45.5@ 78.1 | 45.5@ 78.2 | | |
| CURRENT TO FAULT (A) | > | 383.6@ -89.3 | 383.6@ -89.3 | 383.6@ -89.3 | 1150.9@ -89.3 | 0.0@ 0.0 | 0.0@ 0.0 | | |
| THEVENIN IMPEDANCE (OHM) | > | 2.65011@ 85.7 | 2.65011@ 85.7 | 98.6883@ 89.4 | | | | | |
| ----- | | | | | | | | | |
| BUS 6083 世積 | 69.0KV | AREA | TIER 1 | (PREFault V=1.001@ -0.0 PU) | | | | | |
| | | + SEQ | - SEQ | 0 SEQ | A PHASE | B PHASE | C PHASE | | |
| | | 38.910@ 0.1 | 0.980@ 176.6 | 37.736@ -179.7 | 0.208@ -19.0 | 66.520@ -148.5 | 66.271@ 148.8 | | |
| VOLTAGE (KV, L-G) | > | | | | | | | | |
| BRANCH CURRENT (A) TO | > | | | | | | | | |
| 6086 德基 | 69.0 L | 217.7@ -90.6 | 217.8@ -90.6 | 173.5@ -87.6 | 608.9@ -89.7 | 45.4@ 78.0 | 45.3@ 78.2 | | |
| 6082 積二 | 69.0 L | 217.7@ 89.4 | 217.8@ 89.4 | 173.5@ 92.4 | 608.9@ 90.3 | 45.4@ -102.0 | 45.3@ -101.8 | | |
| ----- | | | | | | | | | |
| BUS 6085 華邦 | 69.0KV | AREA | TIER 1 | (PREFault V=1.001@ -0.0 PU) | | | | | |
| | | + SEQ | - SEQ | 0 SEQ | A PHASE | B PHASE | C PHASE | | |
| | | 38.894@ 0.1 | 0.996@ 176.5 | 37.776@ -179.8 | 0.129@ -14.5 | 66.529@ -148.5 | 66.304@ 148.8 | | |
| VOLTAGE (KV, L-G) | > | | | | | | | | |
| BRANCH CURRENT (A) TO | > | | | | | | | | |
| 6086 德基 | 69.0 L | 165.9@ -87.5 | 165.9@ -87.5 | 210.4@ -90.6 | 542.0@ -88.7 | 45.6@ -101.8 | 45.6@ -101.9 | | |
| 6084 旺宏 | 69.0 L | 165.9@ 92.4 | 165.9@ 92.5 | 210.4@ 89.4 | 542.0@ 91.3 | 45.6@ 78.2 | 45.6@ 78.1 | | |
| ----- | | | | | | | | | |
| BUS 6084 旺宏 | 69.0KV | AREA | TIER 2 | (PREFault V=1.001@ -0.0 PU) | | | | | |
| | | + SEQ | - SEQ | 0 SEQ | A PHASE | B PHASE | C PHASE | | |
| | | 38.914@ 0.1 | 0.976@ 176.6 | 37.744@ -179.7 | 0.207@ -19.2 | 66.532@ -148.5 | 66.280@ 148.8 | | |
| VOLTAGE (KV, L-G) | > | | | | | | | | |
| BRANCH CURRENT (A) TO | > | | | | | | | | |
| 6085 華邦 | 69.0 L | 165.8@ -87.5 | 165.9@ -87.5 | 210.4@ -90.6 | 542.0@ -88.7 | 45.7@ -101.7 | 45.7@ -101.9 | | |
| 60021 龍明#1 | 69.0 L | 165.8@ 92.5 | 165.9@ 92.5 | 210.5@ 89.4 | 542.0@ 91.3 | 45.7@ 78.3 | 45.7@ 78.1 | | |
| ----- | | | | | | | | | |
| BUS 6082 積二 | 69.0KV | AREA | TIER 2 | (PREFault V=1.001@ -0.0 PU) | | | | | |
| | | + SEQ | - SEQ | 0 SEQ | A PHASE | B PHASE | C PHASE | | |
| | | 38.935@ 0.1 | 0.954@ 176.7 | 37.711@ -179.7 | 0.290@ -19.7 | 66.533@ -148.5 | 66.259@ 148.8 | | |
| VOLTAGE (KV, L-G) | > | | | | | | | | |
| BRANCH CURRENT (A) TO | > | | | | | | | | |
| 6083 世積 | 69.0 L | 217.6@ -90.6 | 217.8@ -90.6 | 173.6@ -87.6 | 608.9@ -89.7 | 45.3@ 77.9 | 45.2@ 78.3 | | |
| 6002 龍明 | 69.0 L | 217.6@ 89.4 | 217.8@ 89.4 | 173.6@ 92.4 | 608.9@ 90.3 | 45.3@ -102.1 | 45.2@ -101.7 | | |
| ----- | | | | | | | | | |
| BUS 6002 龍明 | 69.0KV | AREA | TIER 3 | (PREFault V=1.001@ -0.0 PU) | | | | | |
| | | + SEQ | - SEQ | 0 SEQ | A PHASE | B PHASE | C PHASE | | |
| | | 38.960@ 0.1 | 0.929@ 176.8 | 37.626@ -179.6 | 0.439@ -22.0 | 66.512@ -148.4 | 66.177@ 148.9 | | |
| VOLTAGE (KV, L-G) | > | | | | | | | | |
| BRANCH CURRENT (A) TO | > | | | | | | | | |
| 60021 龍明#1 | 69.0 L | 22.9@ -80.9 | 30.8@ -76.9 | 87.4@ -92.8 | 140.0@ -87.4 | 58.1@ -93.1 | 65.9@ -104.0 | | |
| 6082 積二 | 69.0 L | 217.6@ -90.6 | 217.8@ -90.6 | 173.7@ -87.6 | 608.9@ -89.7 | 45.2@ 77.8 | 45.1@ 78.3 | | |
| 6001 龍山 | 69.0 L | 116.7@ 88.1 | 119.9@ 88.1 | 129.2@ 90.4 | 365.8@ 88.9 | 13.4@ 123.9 | 11.0@ 100.4 | | |
| 6666 新竹 S12 | 69.0 L | 124.9@ 94.0 | 128.3@ 93.9 | 130.5@ 90.4 | 383.5@ 92.8 | 6.3@ 40.6 | 11.5@ 22.5 | | |
| ----- | | | | | | | | | |
| WARNING: CURR. MISMATCH (A)> | | 4@ -18.1 | 0@ 0.0 | 1@ 135.4 | | | | | |
| ----- | | | | | | | | | |

表二 對於德基 1LG 保護之接地過流電驛動作時間

```

=====
1. 1LG Bus fault on:
   德基          69. kV

                                FAULT CURRENT (A @ DEG)
                                0 SEQ          A PHASE
                                383.6@ -89.3    1150.9@ -89.3
                                THEVENIN IMPEDANCE (OHM)
                                0.19751+j2.64274  0.19751+j2.64274  0.95456+j98.6837

                                SHORT CIRCUIT MVA= 137.7      X/R RATIO= 77.0385      R0/X1= 0.3612
=====

Summary of relay quantities:
=====
Relay 德基610 G
  Relay I= 520.3 @ 92.4A.   Delay= 1.16s
Relay 世積610 G
  Relay I= 520.5 @ -87.6A.  Delay= 1.40s
Relay 德基620 G
  Relay I= 630.9 @ 89.4A.   Delay= 0.92s
Relay 華邦610 G
  Relay I= 631.1 @ -90.6A.  Delay= 1.12s
Relay 積二610 G
  Relay I= 520.8 @ -87.6A.  Delay= 1.93s
Relay 旺宏610 G
  Relay I= 631.3 @ -90.6A.  Delay= 1.54s
Relay 龍明#2 620 G
  Relay I= 521.0 @ -87.6A.  Delay= 2.36s
Relay 龍明#1 610 G
  Relay I= 631.6 @ -90.6A.  Delay= 1.95s
Relay 新竹S12 920 G
  Relay I= 388.1 @ -89.6A.  Delay= 4.13s
=====

```

表三 對於德基 L-L 保護之過流電驛動作時間

```

=====
1. L-L Bus fault on:
   德基          69. kV

                + SEQ          - SEQ          FAULT CURRENT (A @ DEG)
                7525.7@ -85.7    7525.7@  94.3    0 SEQ          A PHASE
                                0.19751+j2.64274  0.19751+j2.64274  0.0@  0.0          0.0@  0.0
                                THEVENIN IMPEDANCE (OHM)
                                0.95456+j98.6837

                                X/R RATIO= 13.3805    R0/X1= 0.3612
=====
    
```

Summary of relay quantities:

```

=====
Relay 德基610 P
Phase A I= 0.0 @ -97.5A. Delay=9999s
Phase B I=7401.2 @ 3.0A. Delay= 0.39s
Phase C I=7401.2 @ -177.0A. Delay= 0.39s
Relay 世積610 P
Phase A I= 0.1 @ 87.8A. Delay=9999s
Phase B I=7401.2 @ -177.0A. Delay= 0.68s
Phase C I=7401.2 @ 3.0A. Delay= 0.68s
Relay 德基620 P
Phase A I= 0.0 @ 84.8A. Delay=9999s
Phase B I=5638.2 @ 6.0A. Delay= 0.64s
Phase C I=5638.2 @ -174.0A. Delay= 0.64s
Relay 華邦610 P
Phase A I= 0.0 @ 95.7A. Delay=9999s
Phase B I=5638.2 @ -174.0A. Delay= 0.64s
Phase C I=5638.2 @ 6.0A. Delay= 0.64s
Relay 積二610 P
Phase A I= 0.2 @ 88.9A. Delay=9999s
Phase B I=7401.2 @ -177.0A. Delay= 0.98s
Phase C I=7401.2 @ 3.0A. Delay= 0.98s
Relay 旺宏610 P
Phase A I= 0.1 @ 92.4A. Delay=9999s
Phase B I=5638.2 @ -174.0A. Delay= 1.02s
Phase C I=5638.2 @ 6.0A. Delay= 1.02s
=====
    
```