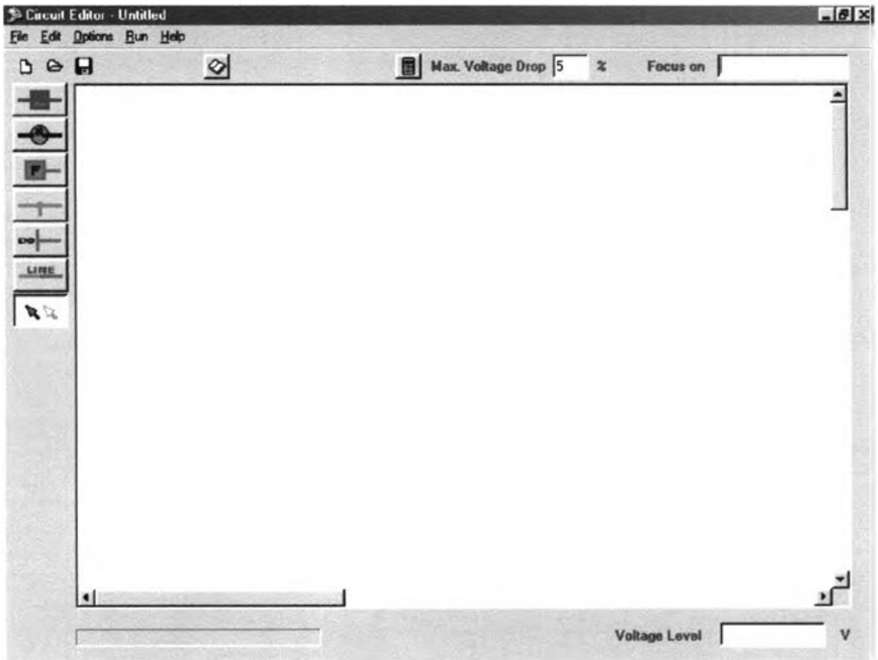
บทที่ 6
การทำงานของโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ
ในการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ระบบผู้เชี่ยวชาญในการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนออกแบบและแก้ไขวงจรระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Circuit Editor) กับส่วนวินิจฉัยหาวิธีการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Restoration) นอกจากนี้ยังมีส่วนคำนวณแรงดันตกซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมาก ซึ่งจะถูกเรียกใช้งานจากโปรแกรมใน 2 ส่วนแรก โดยแต่ละส่วนจะมีรายละเอียดต่างๆกัน เพื่อให้เหมาะกับหน้าที่ที่ได้ออกแบบไว้ดังนี้

ส่วนออกแบบและแก้ไขวงจรระบบจำหน่าย

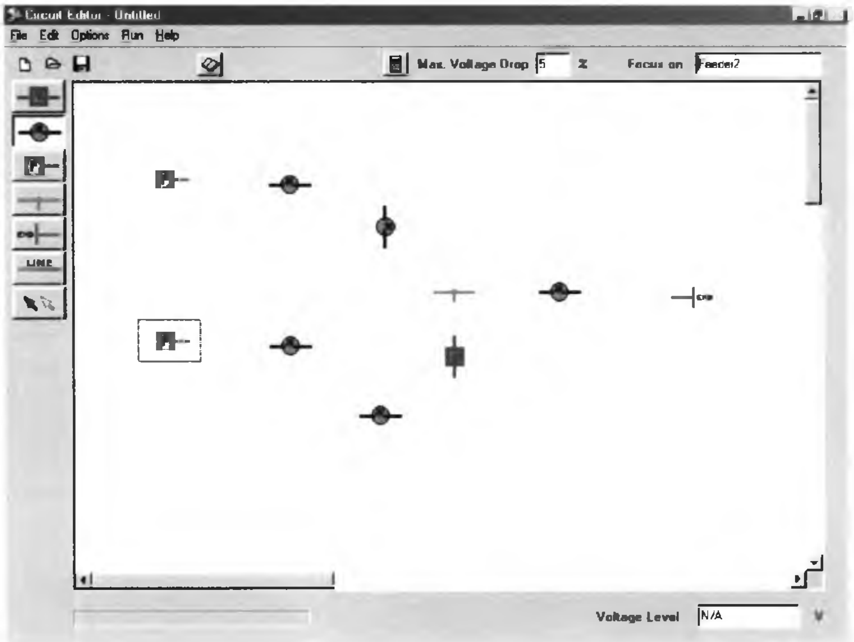
ส่วนออกแบบและแก้ไขวงจรระบบจำหน่าย ทำหน้าที่ในการออกแบบวงจรโดยมีอุปกรณ์ให้สามารถ ลากวาง (Drag-Drop) เพื่อกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆในวงจร จากนั้นสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆด้วยสายป้อน โดยการคลิ๊กบนอุปกรณ์คู่ใดๆ นอกจากนี้ยังสามารถกำหนด Properties ของอุปกรณ์ต่างๆได้ เช่น สถานะ ค่าอิมพีแดนซ์ พาวเวอร์แฟกเตอร์ เป็นต้น ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงภาพหน้าจอ ส่วนออกแบบและแก้ไขวงจรระบบจำหน่าย (Circuit Editor)

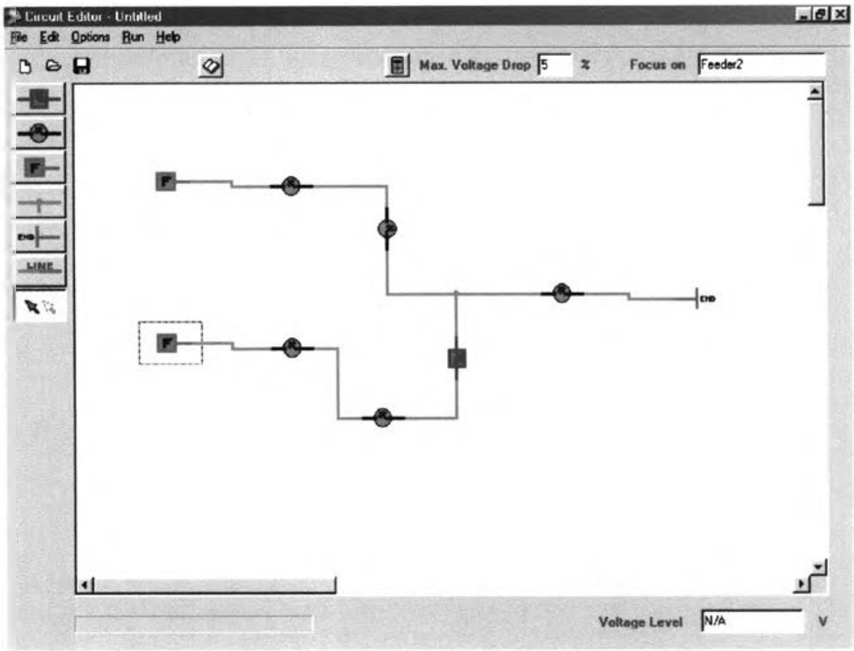
จากรูปที่ 6.1 จะเห็นได้ว่ามีอุปกรณ์ที่สำคัญอยู่ 6 ชนิด ซึ่งจะใช้วาดวงจรระบบจำหน่ายคือ Tie Switch, Switch, Feeder , Connector, End และ Line ตามลำดับ โดยอุปกรณ์ 5 ตัวแรกสามารถคลิ๊กเลือกอุปกรณ์ด้านซ้ายมือ แล้วนำมาวางบนพื้นที่วาดวงจรได้ เมื่อวางอุปกรณ์แล้ว จะต้องต่อเชื่อมสายป้อนระหว่างอุปกรณ์ต่างๆด้วย Line โดยคลิ๊กที่รูป Line ด้านซ้ายมือ จากนั้น คลิ๊กที่อุปกรณ์ตัวแรก และคลิ๊กที่อุปกรณ์ตัวที่สอง โปรแกรมจะทำการวาดสายป้อนต่อเชื่อมระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวนั้น โดยอัตโนมัติ ทุกครั้งที่จะมีการลากสายจำเป็นต้องคลิ๊กที่ Line ด้านซ้ายมือ หรือกด Ctrl D ทุกครั้ง เนื่องจาก โปรแกรมได้ถูกออกแบบมาให้ป้องกันความผิดพลาดจากการวาดสายป้อน นอกจากนี้บนหน้าจอจะเห็นได้ว่ามีปุ่ม New Open และ Save ซึ่งใช้สำหรับการ Clear หน้าจอ การเปิดแฟ้มข้อมูล และการบันทึกแฟ้มข้อมูลตามลำดับ ถัดไปจะเป็น Database Editor ซึ่งใช้สำหรับกำหนด Properties ให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ถัดไปอีกจะเป็นปุ่มคำนวณแรงดันตก และค่าแรงดันตกสูงสุดที่ยอมรับได้ ซึ่งกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพื่อช่วยในการออกแบบสายป้อนแบบเรเดียล ซึ่งถ้าแรงดันตก ณ ปลายสายของกิ่งใดเกินกว่าค่าแรงดันตกสูงสุดที่ยอมรับได้ โปรแกรมจะทำการเตือนให้ทราบ นอกจากนี้ก็จะมีช่องที่แสดงว่าขณะนี้ผู้ใช้ได้ทำการโฟกัสบนอุปกรณ์ใดๆ และช่องสำหรับแสดงระดับแรงดัน ซึ่งสามารถแสดงได้เป็น V, kV และ % Vdrop โดยตัวอย่างการออกแบบระบบจำหน่ายแบบเรเดียลได้แสดงไว้ ดังนี้

1. **ขั้นแรก** ลากอุปกรณ์มาวางให้พร้อม โดยอุปกรณ์เหล่านี้สามารถ หมุน (Ctrl R) ลบ (Del) และเคลื่อนย้าย ได้ตามต้องการ เพียงคลิ๊กปุ่มขวาของเมาส์ หรือใช้ Hot Key



รูปที่ 6.2 แสดงภาพหน้าจอ หลังจากวางอุปกรณ์ต่างๆ

2. ขั้นที่สอง ต่อเชื่อมสายป้อนระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ โดยคลิ๊กที่สัญลักษณ์ Line ด้านซ้ายมือของจอภาพ แล้วคลิ๊กอุปกรณ์ 2 ตัวใดๆ โปรแกรมจะทำการลากสายป้อนระหว่าง 2 อุปกรณ์นั้นโดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 6.3

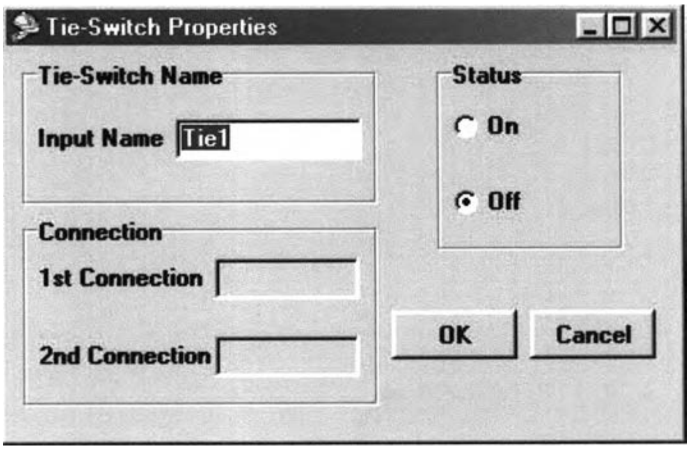


รูปที่ 6.3 แสดงภาพหน้าจอ หลังจากลากสายป้อน เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ

3. ขั้นที่สาม กำหนด Properties ของแต่ละอุปกรณ์ดังนี้

3.1 Tie-Switch Properties

เมื่อคลิ๊กปุ่มขวาของเมาส์บนอุปกรณ์ Tie-Switch จะมีหน้าจอปรากฏขึ้นดังรูปที่ 6.4

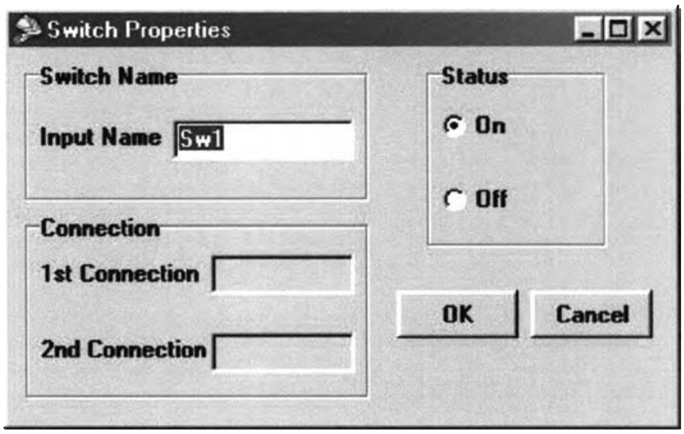


รูปที่ 6.4 แสดงหน้าจอ Tie-Switch Properties

โดยช่อง Input Name มีไว้สำหรับกำหนดชื่อของ Tie-Switch ถ้าไม่ป้อนชื่อลงไป โปรแกรมจะกำหนดขึ้นมาเอง ส่วนช่อง Status มีไว้กำหนดสถานะ On หรือ Off ของ Tie-Switch สำหรับช่อง 1st Connection และ 2nd Connection มีไว้สำหรับแสดงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ ซึ่งโปรแกรมจะป้อนข้อมูลให้เองหลังจากเชื่อมต่อ Tie-Switch กับอุปกรณ์อื่นด้วยสายป้อนแล้ว

3.2 Switch Properties

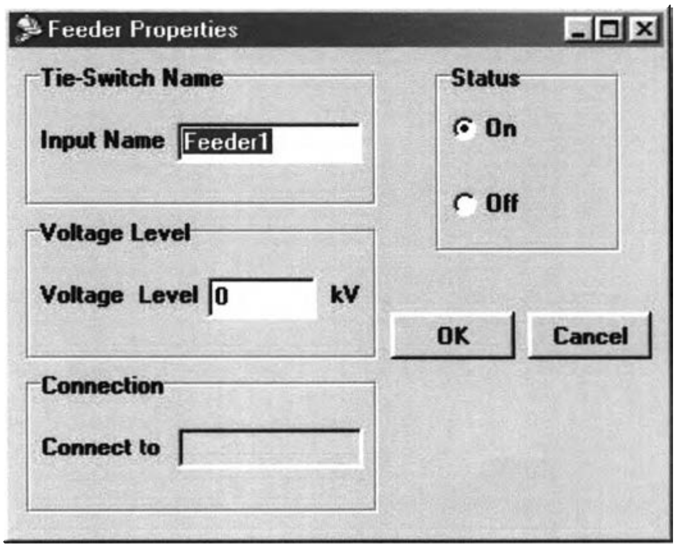
เมื่อคลิ๊กปุ่มขวาของเมาส์บนอุปกรณ์ Switch จะมีหน้าจอปรากฏขึ้นดังรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 แสดงหน้าจอ Switch Properties

3.3 Feeder Properties

เมื่อคลิ๊กปุ่มของเมาส์บนอุปกรณ์ Feeder จะมีหน้าจอปรากฏ ดังรูปที่ 6.6

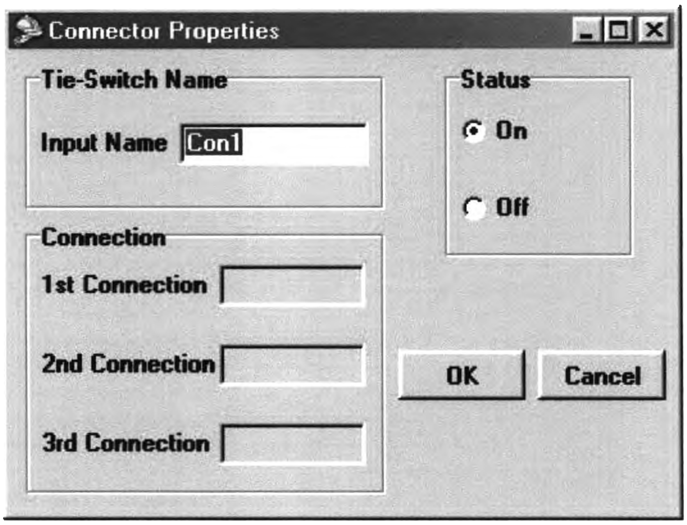


รูปที่ 6.6 แสดงหน้าจอ Feeder Properties

โดยช่อง Input Name มีไว้สำหรับกำหนดชื่อของ Feeder ถ้าไม่ป้อนชื่อลงไปโปรแกรมจะกำหนดขึ้นเอง ส่วนช่อง Voltage Level มีไว้สำหรับกำหนดระดับแรงดัน โดย Feeder ตัวแรกจะเป็นตัวกำหนดระดับแรงดันของระบบที่พิจารณา สำหรับ Feeder ตัวอื่นๆสามารถกำหนดระดับแรงดันใดๆก็ได้ ช่อง Status สามารถกำหนดสถานะของ Feeder ว่าให้ On หรือ Off ได้ สำหรับช่อง Connect to ไม่ต้องป้อนข้อมูล เนื่องจากเป็นช่องที่แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ซึ่งโปรแกรมจะแสดงให้เห็นเองเมื่อต่อเชื่อมอุปกรณ์ต่างๆด้วยสายป้อนเรียบร้อยแล้ว

3.4 Connector Properties

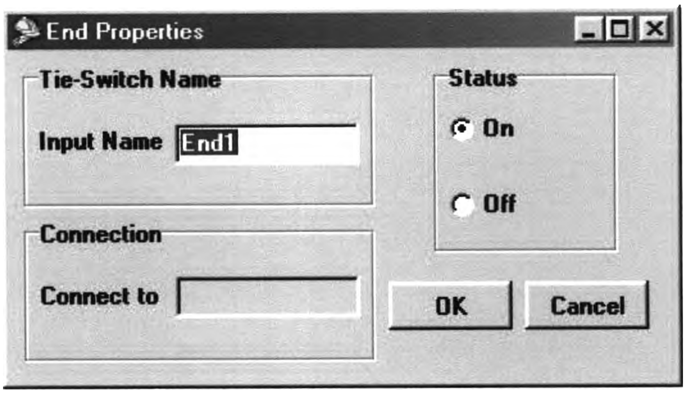
สำหรับ Properties ของ Connector นั้น จะแสดงสถานะของ Connector ชื่อของ Connector และสายป้อนที่ต่อเชื่อมอยู่ด้วยเท่านั้น ในการใช้งานไม่จำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติใดให้ Connector ดังรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 แสดงหน้าจอ Connector Properties

3.5 End Properties

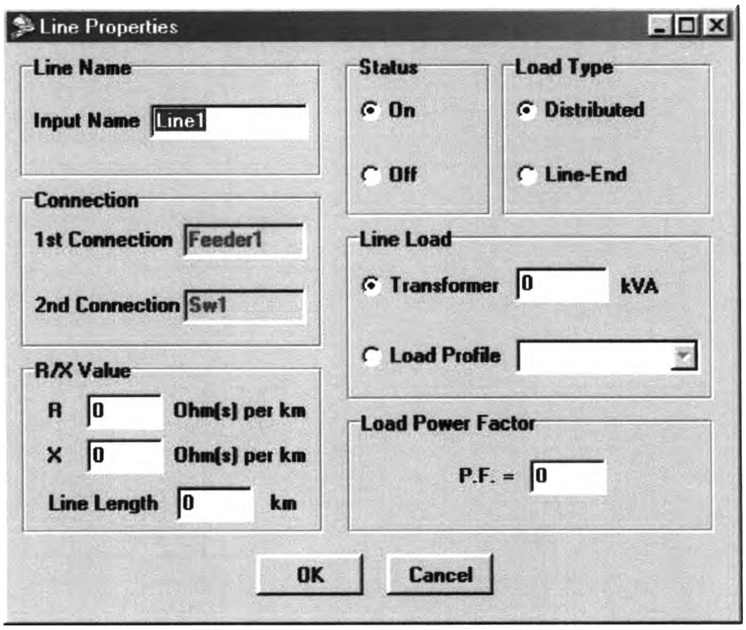
ในส่วนของ End นั้นจะมีช่อง Input Name ไว้สำหรับกำหนดชื่อของ End ซึ่งอาจหมายถึง Lump Load ซึ่งต่ออยู่ที่ End ได้ นอกจากนี้จะมีช่องที่ใช้แสดงสถานะและแสดงสายป้อนที่ต่อเชื่อมอยู่กับ End อีกด้วย ซึ่งแสดงให้เห็น ดังรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 แสดงหน้าจอ End Properties

3.6 Line Properties

ในส่วนของ Line Properties นี้เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการออกแบบระบบจำหน่าย โดยหน้าจอจะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 6.9



รูปที่ 6.9 แสดงหน้าจอ Line Properties

โดยส่วนของ Name, Connection และ Status นั้นจะทำงานเหมือนอุปกรณ์ตัวอื่นๆ และสำหรับส่วนที่เพิ่มขึ้นมาทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

R ใช้กำหนดค่าความต้านทานของสายป้อน มีหน่วยเป็น Ω / km

X ใช้กำหนดค่ารีแอกแตนซ์ของสายป้อนมีหน่วยเป็น Ω / km

Length ใช้กำหนดความยาวของสายป้อนมีหน่วยเป็น km

Load Type ใช้กำหนดประเภทของโหลดบนสายป้อนกิ่งนั้น โดยมีให้เลือก 2 กรณีคือ Distributed กับ Line-End Load

Line Load ซึ่งกำหนดค่าโหลดให้กับกิ่งต่างๆของสายป้อน

Transformer ใช้กำหนดปริมาณโหลดของสายป้อนกิ่งนั้นๆ มีหน่วยเป็น kVA ซึ่งเป็นโหลดที่มีค่าคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

Load Profile ใช้กำหนดปริมาณโหลดของสายป้อนกิ่งนั้นๆ โดยสามารถเลือก Load Profile ได้จาก File ที่ได้สร้างไว้เพื่อเก็บข้อมูลของโหลดตามเวลา

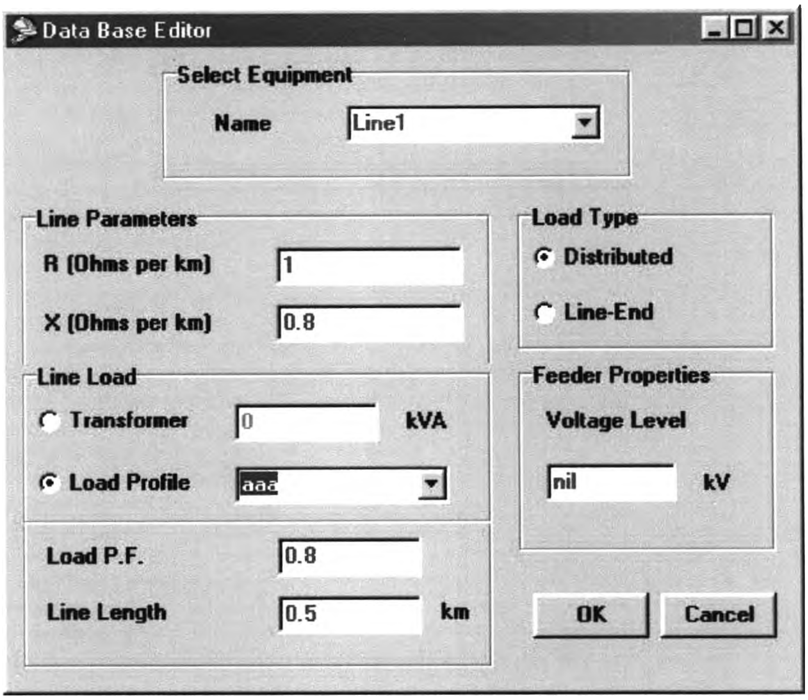
P.F. ใช้กำหนดค่า Power Factor ของโหลดในสายป้อนกิ่งนั้นๆ

เมื่อป้อนข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการบันทึกข้อมูลลงในแฟ้มข้อมูลด้วยปุ่ม Save แฟ้มข้อมูลที่บันทึกจะเก็บไว้ในรูปของ Text File โดยมีสกุลเป็น Circuit (*.CIR) เมื่อบันทึกแฟ้มข้อมูลแล้ว หากต้องการออกจากวงจรระบบจำหน่ายแบบเรเดียลใหม่ให้กดปุ่ม New ซึ่งจะทำให้วงจรเก่าจะถูกลบไป จากนั้นหน้าจอก็จะพร้อมสำหรับออกระบบวงจรใหม่ นอกจากนี้หากต้องการแก้ไขข้อมูลใดๆ หรือผังวงจรของแฟ้มข้อมูลเก่าก็สามารถทำได้โดยเปิดแฟ้มข้อมูลนั้นขึ้นมาทำการแก้ไขด้วยคำสั่ง Open จากนั้นก็บันทึกซ้ำอีกครั้ง

หากผู้ออกแบบวงจรต้องการทดสอบค่าแรงดันตก ณ ปลายสายป้อนใดๆ ก็สามารถทำได้โดยกดปุ่ม Voltage Drop Check ซึ่งอยู่ทางด้านบนของหน้าจอ หรือใน Menu Bar โดยส่วนคำนวณแรงดันตกนี้จะแจ้งข้อความเตือนเมื่อแรงดันตก ณ ปลายสายป้อนใดๆมีค่าสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้ในช่อง Max. Voltage Drop นอกจากนี้ ผู้ออกแบบยังสามารถตรวจสอบระดับแรงดัน ณ ปลายกิ่งใดๆของสายป้อนได้ โดยคลิ๊กเมาส์ ณ กิ่งนั้น ซึ่งระดับแรงดันนี้สามารถเลือกให้แสดงได้ 3 แบบ คือ V, kV และ % Vdrop สำหรับ % Vdrop จะคิดขนาดของแรงดันตก เทียบกับระดับแรงดันของระบบที่ทำการออกแบบ (ค่าแรงดันที่กำหนดไว้ให้ Feeder ตัวแรก)

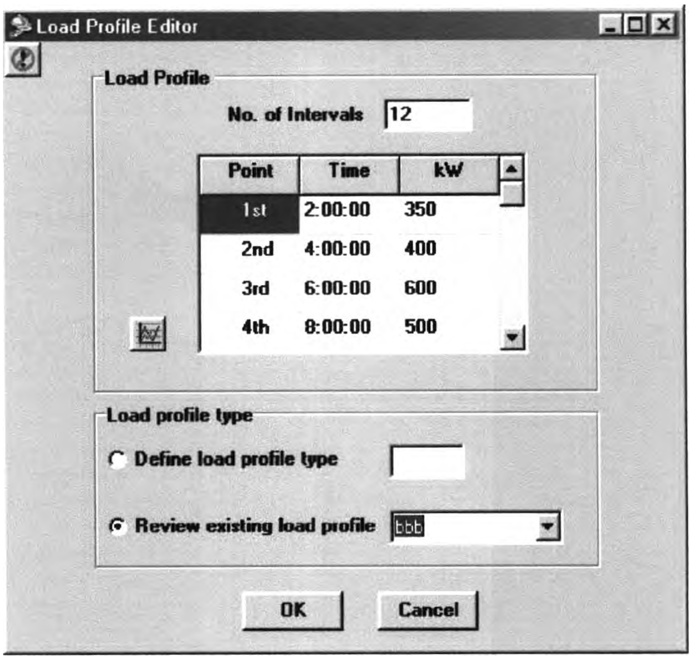
นอกจากนี้เพื่อความสะดวกในการแก้ไขค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ต่างๆ โปรแกรมนี้ได้ออกแบบระบบ Database Editor ขึ้น ซึ่งอยู่ด้านบนของจอภาพและใน Options Menu โดยในส่วนของ Database Editor นี้ได้รวบรวมอุปกรณ์ทุกตัวบนหน้าจอไว้ใน Combo Box ด้านบน หลังจากทำการเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการเปลี่ยนค่าใน Combo Box แล้ว ค่าปัจจุบันของอุปกรณ์จะแสดงไว้ ณ ช่องต่างๆ ทางด้านล่าง หากต้องการเปลี่ยนค่าใด ก็ให้เปลี่ยนเฉพาะค่านั้น ค่าที่เหลือยังคงไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับสายป้อนทุกกิ่งได้ด้วย การเลือก "All Lines" ใน

Combo Box แล้วเปลี่ยนค่าเฉพาะที่ต้องการ หากค่าใดต้องการคงไว้เหมือนเดิมให้ป้อน “nil” ลงในช่องนั้นๆ ดังรูปที่ 6.10



รูปที่ 6.10 แสดงหน้าจอ Data Base Editor

ในการศึกษาการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่โหลดมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของสายป้อนกิ่งต่างๆ สามารถกำหนดได้ด้วย Load Profile ซึ่งโปรแกรมนี้ได้จัดเตรียมส่วนที่ช่วยออกแบบ Load Profile สำหรับเลือกใช้กับสายป้อนกิ่งต่างๆใน Options Menu โดยผู้ใช้สามารถสร้าง Load Profile ขึ้นมาใหม่ หรือเรียก Load Profile ที่มีอยู่แล้วขึ้นมาแก้ไขหรือลบ Load Profile ทิ้ง รวมถึงสามารถเรียกกราฟความสัมพันธ์ของโหลดกับเวลาขึ้นมาดูได้อีกด้วย ดังรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.11 แสดงหน้าจอ Load Profile

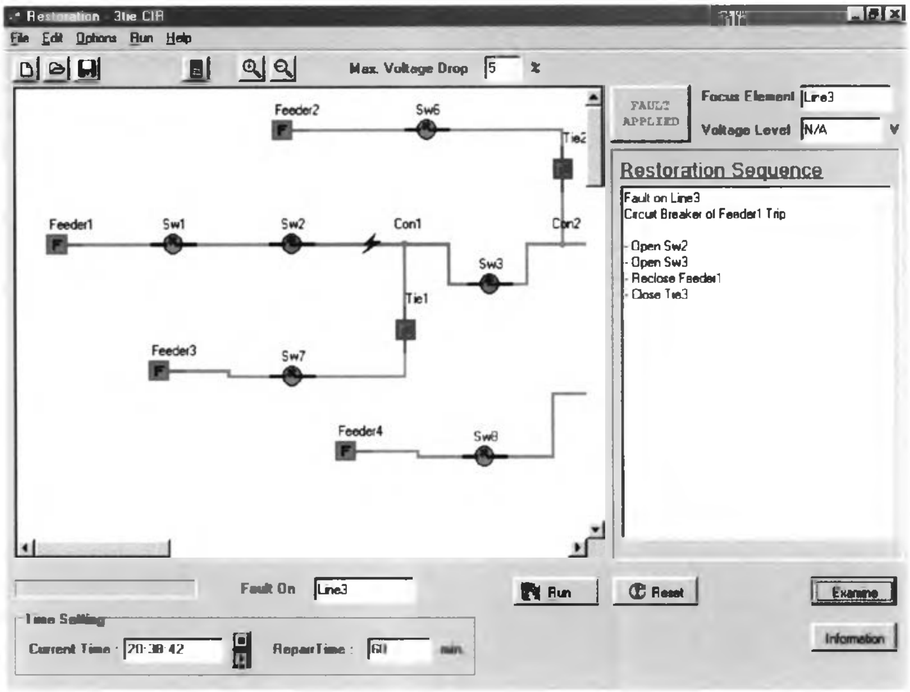
ในส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนของ Time Setting ซึ่งแสดงว่า Current Time และ Repair Time โดยค่า Current Time นี้สามารถกำหนดได้ ทั้งนี้เพื่อใช้ในการศึกษาแรงดันตกของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในกรณีที่ทราบ Load Profile ของสายป้อนกิ่งต่างๆ ดังรูปที่ 6.12

รูปที่ 6.12 แสดงหน้าจอ Time Setting

ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น เป็นโปรแกรมในส่วนออกแบบและแก้ไขวงจรระบบจำหน่าย ซึ่งใช้ในการออกแบบวงจร รวมถึงการตรวจสอบค่าแรงดันตก ณ จุดต่างๆของสายป้อน ตามโหลดที่ได้กำหนดไว้ในสายป้อนกิ่งต่างๆ ซึ่งโปรแกรมส่วนนี้ได้ถูกสร้างให้มีอิสระจากโปรแกรมอีกส่วนหนึ่ง เพื่อลดขนาด และใช้สำหรับงานออกแบบเพียงอย่างเดียว

ส่วนวินิจฉัยหาวิธีการกู้ระบบจำหน่าย

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบ หรือแก้ไขวงจรระบบจำหน่ายแล้ว วงจรที่ได้จะถูกนำไปใช้ศึกษา และวางแผนในส่วนของโปรแกรมวินิจฉัย หาวิธีการกู้ระบบจำหน่ายเมื่อเกิดความผิดพร่องขึ้น ณ จุดต่างๆ ดังรูปที่ 6.13



รูปที่ 6.13 แสดงหน้าจอของส่วนวินิจฉัยหาวิธีการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Restoration)

จากรูปที่ 6.13 จะเห็นได้ว่าลักษณะของหน้าจอจะแตกต่างจากหน้าจอที่ใช้ออกแบบหลายประการ แต่ฟังก์ชันหลักๆ ก็ยังคงเหมือนเดิม โดยจะขอกล่าวเฉพาะส่วนที่เพิ่มเติมขึ้นมา นั้นคือ หลังจากทำการเปิดแฟ้มข้อมูลวงจรระบบจำหน่ายขึ้นมา ภาพวงจรจะถูกแสดงอยู่ในหน้าจอทางด้านซ้ายมือ จากนั้นผู้ใช้จะต้องทำการเลือกตำแหน่งที่เกิดความผิดพร่องขึ้นบนวงจรระบบจำหน่าย โดยคลิ๊กๆที่ปุ่ม Fault ทางด้านบนขวาของจอภาพ

จากนั้นไปคลิ๊กที่สายป้อนกิ่งใดๆ ตามต้องการ โปรแกรมจะทำการจำลองสถานการณ์ ให้ Circuit Breaker ต้นทางของสายป้อนนั้นทำการเปิดวงจร สายป้อนที่ไม่มีไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนสีจากสีเขียว ไปเป็นสีแดง สำหรับตำแหน่งที่เกิดความผิดพร่องนั้น จะแสดงไว้ในช่องด้านล่างในส่วนของ “ Fault On ”

ก่อนที่จะทำการรันโปรแกรมเพื่อหาทางกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้านี้ จะต้องกำหนดแรงดันตกสูงสุดที่ยอมรับได้ ซึ่งให้ป้อนค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ เทียบกับระดับแรงดันของระบบจำหน่าย ซึ่ง

กำหนดไว้ใน Feeder 1 จากนั้นหากโหลดต่างๆของสายป้อน เป็นโหลดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา สามารถกดปุ่ม Run เพื่อทำการหาวิธีการกู้ระบบนั้นได้ แต่ถ้าหากโหลดของสายป้อนเป็นโหลดที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งกำหนดโดย Load Profile จะต้องทำการกด Time Setting ทางด้านล่างซ้ายของจอภาพ โดย Current Time เป็นเวลาปัจจุบัน ซึ่งสามารถเปลี่ยนได้ โดยกดปุ่ม Pause แล้วเติมคำใหม่ลงไปในรูปแบบ hh:mm:ss แต่ถ้าหากต้องการเวลาปัจจุบันก็ให้กดปุ่ม Play จากนั้นให้กำหนดเวลาที่จะทำการกู้ระบบไฟฟ้าขึ้นในช่อง Repair Time โดยโปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าโหลดสูงสุดในแต่ละกิ่งของสายป้อนในช่วงเวลา Repair Time เนื่องจากเวลาดังกล่าวเป็นเวลาที่ใช้แก้ไขระบบจำหน่ายไฟฟ้าเกิดความผิดพร่องให้กลับสู่สภาพเดิมสายป้อนข้างเคียง จึงจำเป็นต้องรองรับโหลดของสายป้อนที่เกิดความผิดพร่องในช่วงเวลานี้ ดังนั้นผู้ใช้งานจึงต้องกำหนดเวลาเริ่มต้นเกิดความผิดพร่อง (Current Time) และเวลาที่ใช้ในการแก้ไข (Repair Time) ขึ้น เพื่อใช้ในการคำนวณหาวิธีการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้านี้

จากนั้นเมื่อทุกอย่างพร้อมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ให้ทำการกดปุ่ม Run คือให้โปรแกรมทำการวิเคราะห์หาวิธีการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อไป โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกแสดงไว้ทางหน้าจอขวามือ คือ Restoration Sequence หากต้องการทราบว่า ถ้าทำตามขั้นตอนดังกล่าวผลลัพธ์จะออกมาอย่างไรให้กดปุ่ม examine ทางด้านล่างขวาของจอภาพ วงจรระบบจำหน่ายที่เกิดความผิดพร่องจะถูกกู้คืนและแสดงให้เห็นในช่องแสดงภาพด้านซ้ายมือ และหากต้องการที่มาของข้อแนะนำใน Restoration Sequence ให้คลิ๊กๆที่ปุ่ม Information จะแสดงขั้นตอนการคิดหาวิธีในการกู้ระบบไฟฟ้าให้อย่างละเอียด รวมถึงบอกปริมาณโหลดที่เกิดการผิดพร่อง โหลดที่สามารถกู้ได้ โหลดที่ไม่สามารถกู้ได้ และคิดออกมาให้เป็นเปอร์เซ็นต์ เมื่อกลับมาหน้าจอปกติ จะเห็นว่า มีปุ่ม Reset อยู่ใกล้ๆกับปุ่ม Run ใช้ทำหน้าที่ Reset วงจรกลับมาเหมือนตอนเปิดแฟ้มข้อมูลใหม่ๆ

นอกจากนี้ยังมีส่วนที่สำคัญอีกใน Menu Bar คือ

1. Find ใน Edit Menu ใช้ในการค้นหาอุปกรณ์บนหน้าจอ เนื่องจากบางครั้งวงจรใหญ่เกินไป ทำให้หาอุปกรณ์ที่ต้องการลำบาก จึงมีคำสั่ง Find ขึ้นมาช่วย

2. Detailed Calculation และ Approx. Calculation ใน Options Menu การใช้งานให้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง โดย 2 วิธีนี้จะให้ผลตรงกัน เพียงแต่ Detailed Calculation จะให้รายละเอียดแรงดันตกในการวินิจฉัยหาคำตอบ ซึ่งเรียกดูได้โดยปุ่ม Information ได้มากกว่า แต่วิธีนี้ก็มีข้อเสียเช่นกันคือ จะใช้เวลาในการวินิจฉัยหาคำตอบนานขึ้น เมื่อเทียบกับ Approx. Calculation

3. Load Setting ใน Options Menu มีไว้สำหรับกำหนดโหลดที่ต้องการ ทำ Load Shedding เนื่องจากบางกรณีไม่สามารถกู้โหลดในบริเวณที่ไม่ได้รับการจ่ายไฟได้ เนื่องจากแรงดันตก ณ ปลายสายป้อนมีค่าสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้ จึงต้องทำการตัดโหลดบางส่วนออกไป เพื่อให้โหลดส่วนใหญ่ที่เหลือ สามารถกู้คืนได้ นอกจากนี้ยังสามารถกำหนด Minimum Load to be Restored ได้อีกด้วย เนื่องจากบางกรณีการกู้โหลดปริมาณที่น้อยเกินไป ไม่คุ้มค่ากับการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่

4. Reason ใน Help Menu ใช้ในการหาเหตุผลในการเสนอแผนการสับสวิตซ์ ใดๆ ในช่อง Restoration Sequence เพื่อทำการกู้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่เกิดความผิดพร่องนั้น