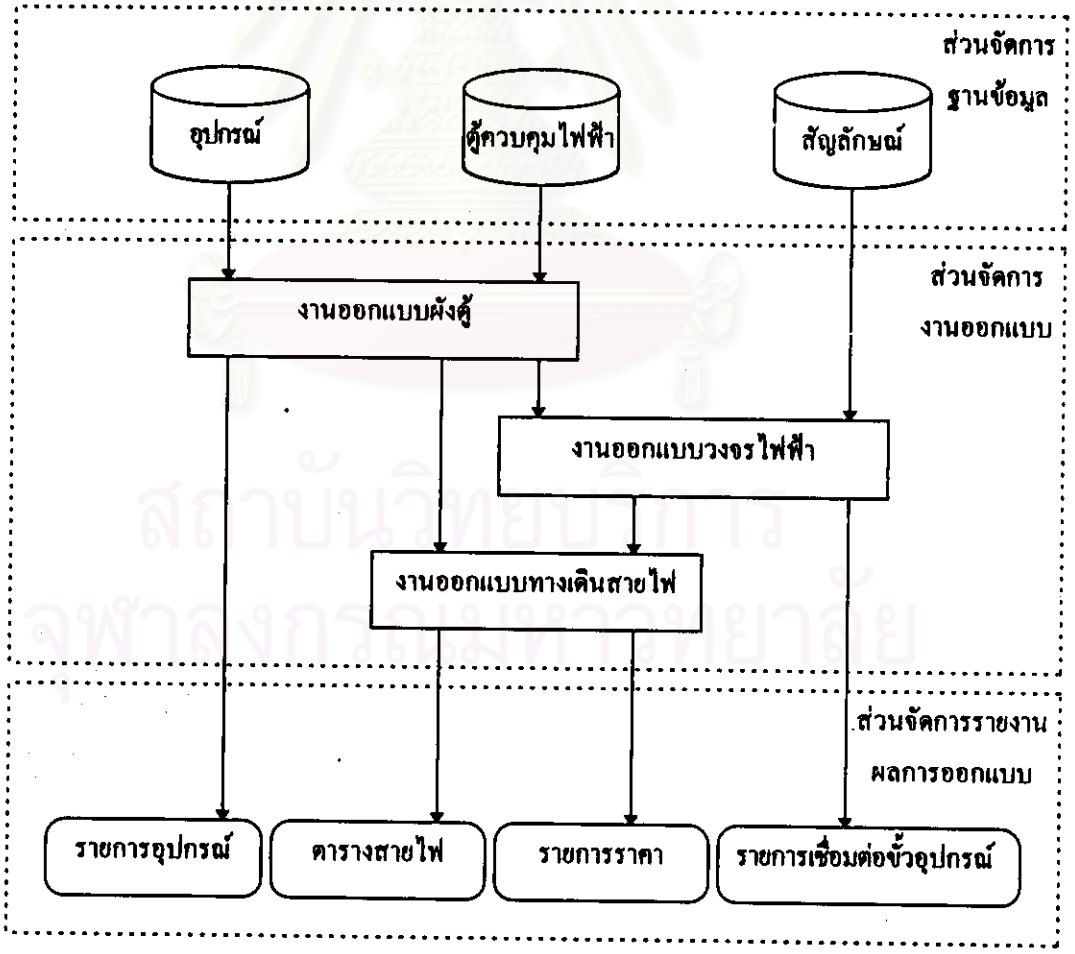
บทที่ 3

การออกแบบโปรแกรม

โปรแกรมที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ เขียนด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ AutoLISP [6] เป็นหลัก โดยมีบางส่วนเขียนด้วยภาษา C [7] [8] [9] ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ PC โดยอาศัยซอฟท์แวร์ AutoCAD r12 for Windows [10] เป็นหน่วยอ่านและปฏิบัติงานตามโปรแกรม

โครงสร้างโปรแกรม

โครงสร้างของโปรแกรมแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนจัดการฐานข้อมูล ส่วนจัดการงานออกแบบ และส่วนจัดการรายงานผลการออกแบบ โดยกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ในแต่ละส่วนดังในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างโปรแกรม

รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างโปรแกรมและความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ในโปรแกรม จากรูป จะเห็นได้ว่าลำดับการทำงานเริ่มจากการสร้างฐานข้อมูลทั้ง 3 ชุด จากนั้น ทำการออกแบบ โดยอาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูล งานออกแบบบางส่วนจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากงานออกแบบอื่นๆด้วย เช่น งานออกแบบทางเดินสายไฟ (Routing Design) จะทำการตรวจสอบข้อมูลวงจรไฟฟ้าซึ่งอยู่ในงานออกแบบวงจรไฟฟ้า (Schematic Design) ว่าใช้สายไฟทั้งหมดกี่เส้น และคำนวณความยาวของสายไฟแต่ละเส้นจากตำแหน่งของขั้วต่อสายที่จุดปลายสายไฟโดยอ้างอิงกับตำแหน่งมุมซ้ายล่างด้านหน้าของตัวตู้ การคำนวณความยาวสายไฟจะใช้ข้อมูลจากงานออกแบบผังตู้ (Cubicle Layout Design)

<u>ส่วนจัดการฐานข้อมูล</u>

ส่วนนี้ทำหน้าที่สร้างและจัดการฐานข้อมูลสัญลักษณ์ ข้อมูลอุปกรณ์ และข้อมูลตู้ควบคุมไฟฟ้า เพื่อใช้ในงานออกแบบต่างๆ ฐานข้อมูลมีลักษณะเป็นแบบศูนย์กลาง (Central Database System) คือ มีฐานข้อมูลเพียงชุดเดียวภายในโปรแกรม งานออกแบบทุกงานใช้ข้อมูลชุดเดียวกันทั้งหมด วิธีนี้มีข้อดีหลายประการดังนี้

- ข้อมูลการออกแบบในงานออกแบบทุกงานมีความสอดคล้องและเข้ากันได้กับฐานข้อมูลภายในโปรแกรม
- โครงสร้างฐานข้อมูลได้รับการจัดแบ่งอย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย เป็นสัดส่วน ทำให้การจัดการฐานข้อมูลทำได้ง่าย
- เมื่อมีการแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูล งานออกแบบที่เรียกใช้ข้อมูลตัวนั้น อาจไม่สามารถเข้ากันได้กับข้อมูลใหม่ เช่น เปลี่ยนแปลงขนาดอุปกรณ์ให้โตขึ้นจนไม่สามารถติดตั้งบนแผงอุปกรณ์ที่ตำแหน่งเดิมได้ เพื่อแก้ไขปัญหานี้ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบโดยอัตโนมัติเมื่อเปิดไฟล์บันทึกงานออกแบบในครั้งต่อไป

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

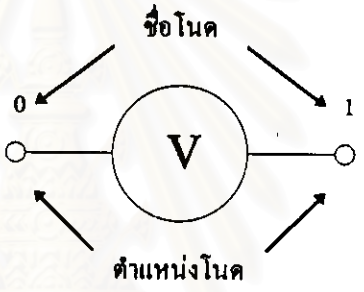
1. ข้อมูลสัญลักษณ์ (Symbol Data)

การทำแผนภาพวงจรไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าภายในตู้ จะวางรูปสัญลักษณ์แทนตัวอุปกรณ์ โดยผู้ใช้โปรแกรมสามารถสร้างสัญลักษณ์เพื่อใช้งานในโปรแกรมได้

โครงสร้างของข้อมูลสัญลักษณ์ ประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วนได้แก่

- ชื่อสัญลักษณ์
- ภาพสัญลักษณ์
- ข้อมูลเกี่ยวกับการกำหนดโนดของสัญลักษณ์

โนด คือ ตำแหน่งที่ใช้เป็นจุดปลายของเส้นเชื่อมต่อที่ลากระหว่างสัญลักษณ์ มีความหมายเช่นเดียวกับการลากสายไฟเชื่อมต่อระหว่างขั้วต่อสายของตัวอุปกรณ์ โดยที่ข้อมูลดังกล่าวประกอบด้วย จำนวนโนด ชื่อและตำแหน่งของโนดทุกโนดของสัญลักษณ์ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.2

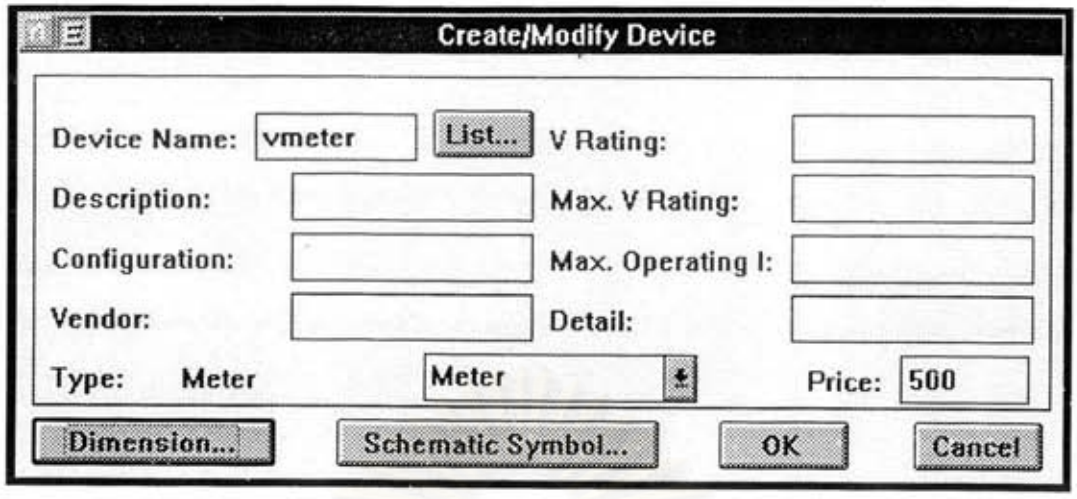


รูปที่ 3.2 ตัวอย่างสัญลักษณ์

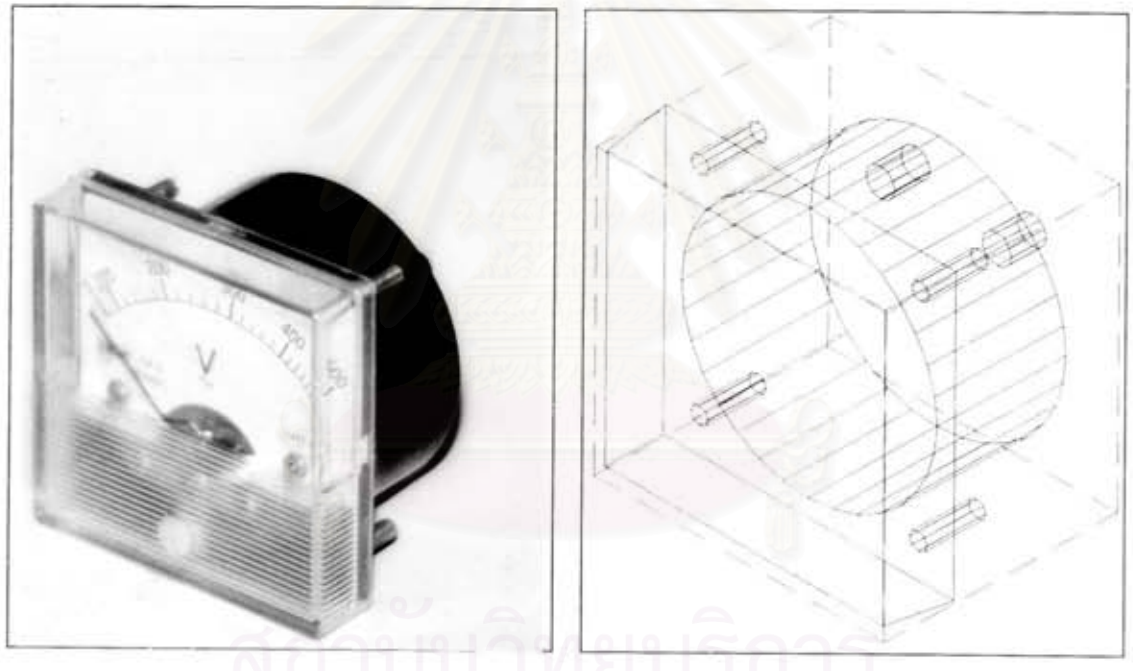
2. ข้อมูลอุปกรณ์ (Device Data)

การสร้างฐานข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นการจำลองตัวอุปกรณ์จริงให้อยู่ในรูปไฟล์ข้อมูลที่ประกอบด้วยรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

2.1 ขนาด (Dimension) โปรแกรมเก็บข้อมูลขนาดอุปกรณ์โดยการจำลองอุปกรณ์จริงด้วยกล่องทรงสี่เหลี่ยมที่มีขนาดกว้างยาวสูงใกล้เคียงกับขนาดจริง ทั้งนี้ เนื่องจากในความเป็นจริงอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในตู้ควบคุมไฟฟ้ามีมากมายหลายชนิด มีขนาดและรูปทรงแตกต่างกันออกไป การที่จะระบุข้อมูลขนาดรูปทรงของอุปกรณ์ให้ตรงกับรูปลักษณะที่เป็นจริงนั้น เป็นเรื่องที่ยุ่งยากและไม่มีความจำเป็นเท่าใดนัก เพราะการติดตั้งอุปกรณ์โดยมากจะเน้นเรื่องความสวยงามเป็นระเบียบเรียบร้อยและสามารถเดินสายไฟได้ง่าย จึงเว้นช่วงระยะห่างระหว่างอุปกรณ์มากพอที่จะทำให้ไม่ต้องคำนึงถึงเรื่องรูปทรงอุปกรณ์ ดูตัวอย่างการจำลองอุปกรณ์ในรูปที่ 3.4



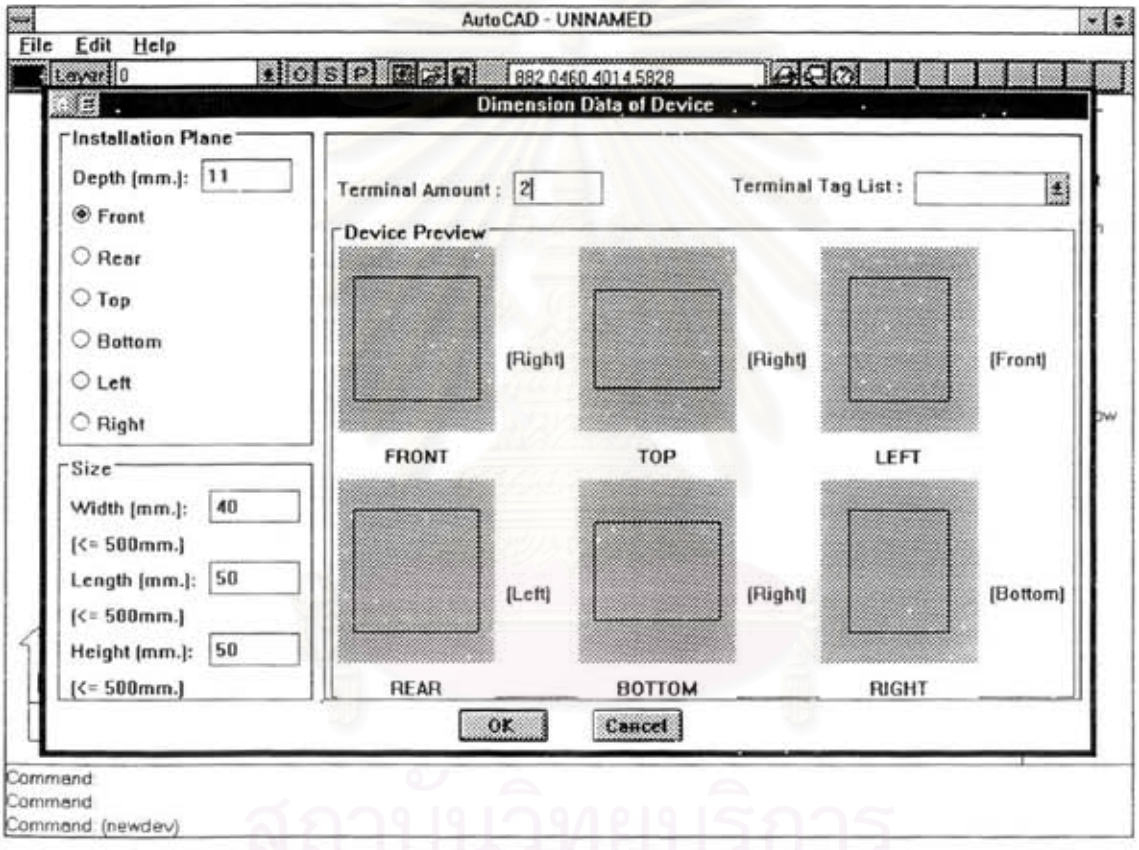
รูปที่ 3.3 การสร้างอุปกรณ์



รูปที่ 3.4 การจำลองอุปกรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ระนาบติดตั้งอุปกรณ์ (Installation Plane) อุปกรณ์ต่างๆ มีลักษณะการติดตั้งแตกต่างกัน เช่นการติดตั้งหลอดไฟหรือสวิทช์ จะยึดด้านหน้าของอุปกรณ์ติดกับแผงอุปกรณ์ (Panel) โดยเจาะช่องแผงอุปกรณ์ให้มีขนาดเท่ากับขนาดของด้านดังกล่าวเพื่อให้ด้านที่ต้องการแสดงให้เห็นยื่นโผล่ออกมาจากในตู้ ซึ่งก็คือ กำหนดระนาบติดตั้งอุปกรณ์เป็นระนาบหน้า (Front Plane) หรือในการติดตั้งอุปกรณ์ที่ไม่ต้องการแสดงให้เห็นจากภายนอกตู้ เช่น รีเลย์ช่วย (Auxiliary Relay) จะติดตั้งโดยยึดด้านหลังของตัวอุปกรณ์ติดกับแผงอุปกรณ์ ในกรณีนี้ ระนาบติดตั้งอุปกรณ์คือระนาบหลัง (Rear Panel)

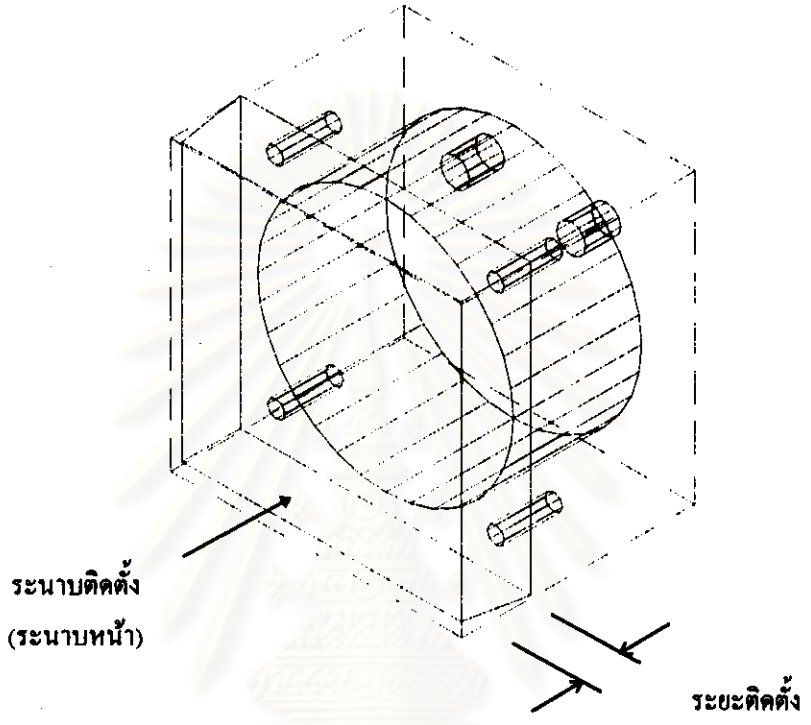


รูปที่ 3.5 การกำหนดระนาบติดตั้งและระยะติดตั้ง

ระนาบติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถเลือกได้มีทั้งหมด 6 ระนาบ ดังนี้

- ระนาบหน้า (Front Plane)
- ระนาบหลัง (Rear Plane)
- ระนาบบน (Top Plane)
- ระนาบล่าง (Bottom Plane)
- ระนาบซ้าย (Left Plane)
- ระนาบขวา (Right Plane)

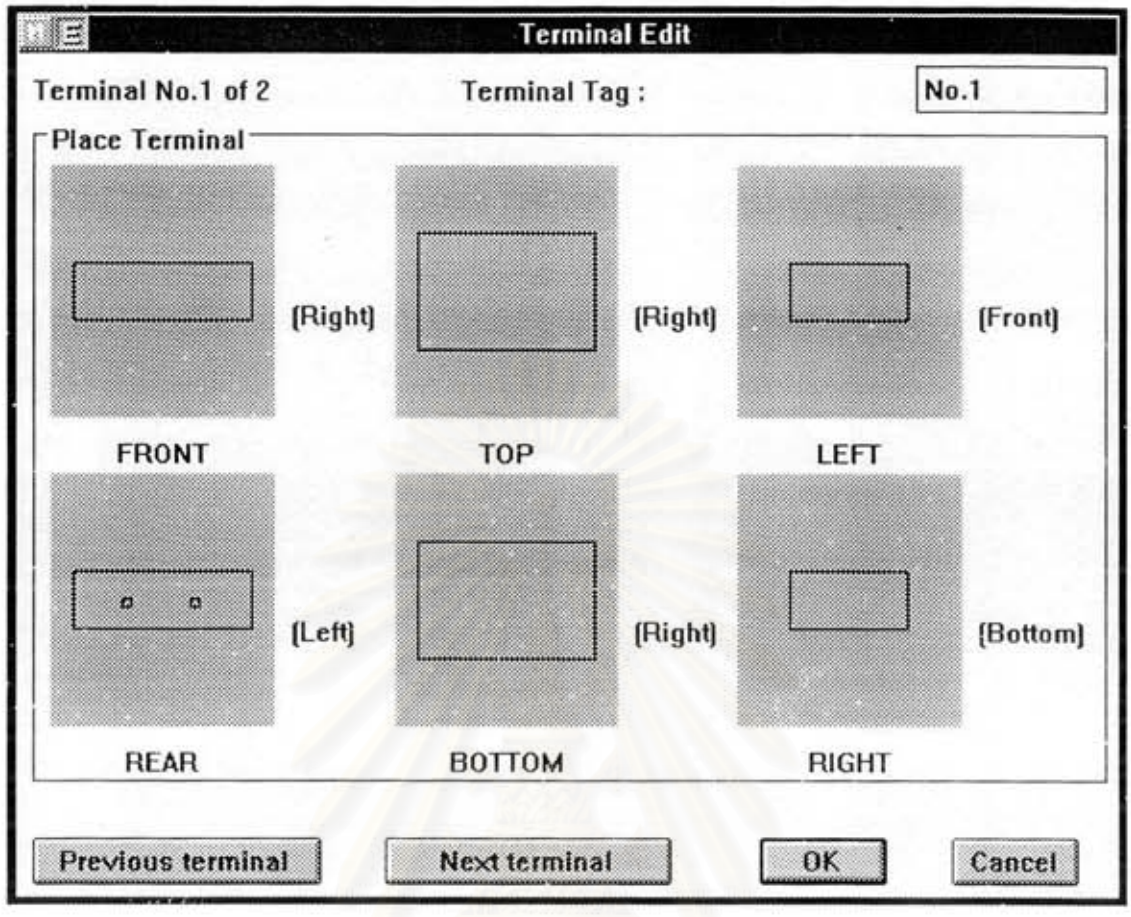
นอกจากการกำหนดระนาบติดตั้งแล้ว ระยะติดตั้งก็เป็นพารามิเตอร์สำคัญอีกตัวหนึ่ง โดยเป็นค่าระยะลึกที่วัดจากด้านของอุปกรณ์ที่เป็นด้านติดตั้งถึงระนาบที่ทำการติดตั้งจริงๆ ในทิศเข้าหาตัวอุปกรณ์



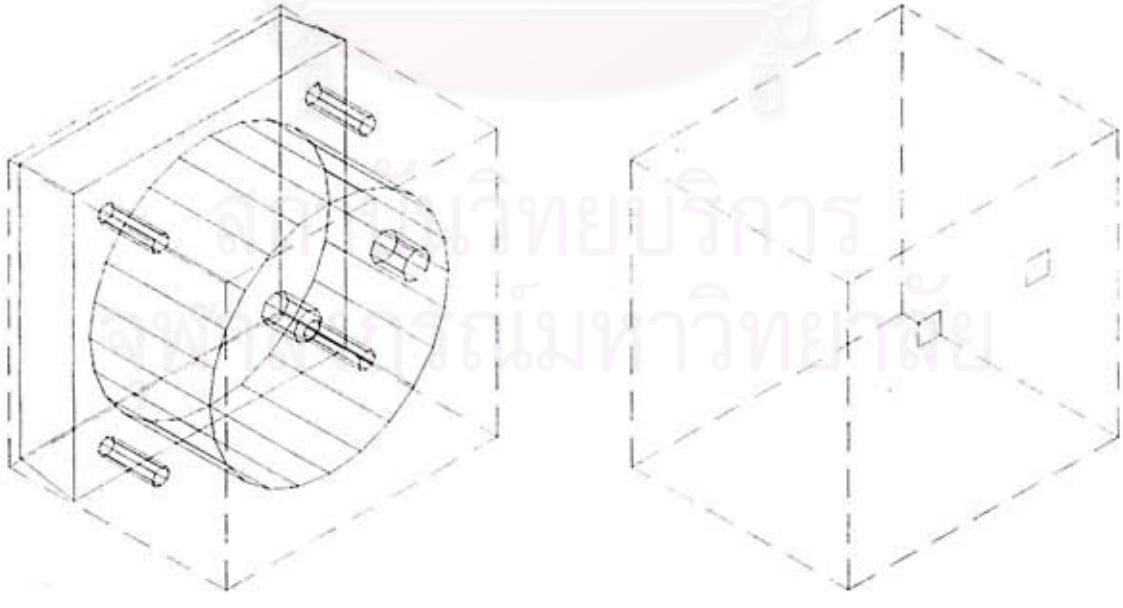
รูปที่ 3.6 การกำหนดระนาบติดตั้งอุปกรณ์

2.3 การกำหนดขั้วต่อสายให้กับอุปกรณ์

ข้อมูลขั้วต่อสาย (Terminal Data) อุปกรณ์ส่วนใหญ่มีขั้วต่อสายไฟหรือขั้วต่อสายสำหรับเดินสายไฟ การกำหนดขั้วต่อสายของอุปกรณ์สามารถทำได้โดยกำหนดจำนวนขั้วต่อสายและตำแหน่งลงบนด้านต่างๆ ของตัวอุปกรณ์ รวมทั้งระบุชื่อขั้วต่อสาย (Termainal Tag) ให้ขั้วต่อสายแต่ละตัว ดังในรูปที่ 3.7 และ 3.8



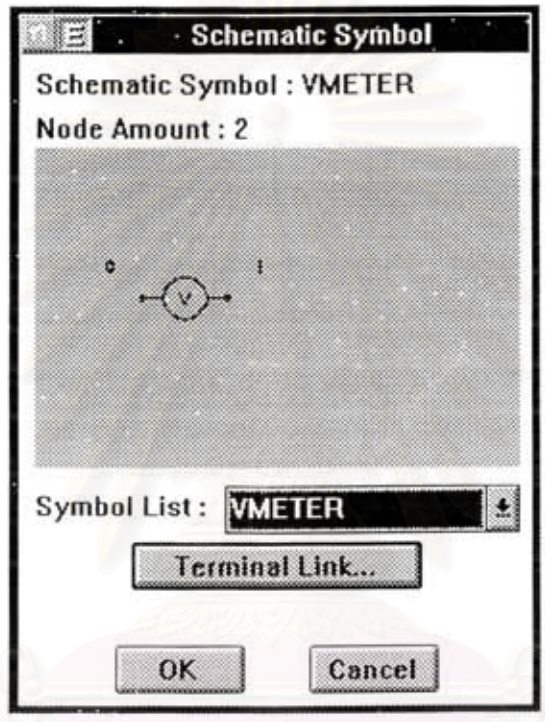
รูปที่ 3.7 การกำหนดตำแหน่งขั้วต่อสายลงบนด้านต่างๆ ของอุปกรณ์



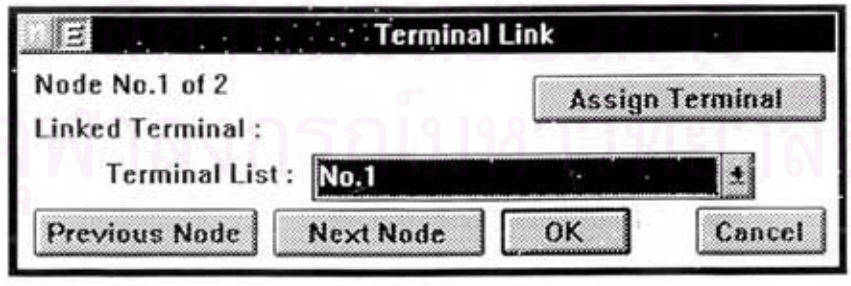
รูปที่ 3.8 การกำหนดขั้วต่อสาย

2.4 การเชื่อมโยงกับสัญลักษณ์ (Schematic Symbol Link) งานในส่วนนี้เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์กับสัญลักษณ์ที่ใช้แทนอุปกรณ์ในแผนภาพวงจรไฟฟ้า โดยระบุว่าขั้วต่อสายใดตรงกับโนดใดบ้าง วัตถุประสงค์ในการทำเช่นนี้ก็เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลในงานออกแบบวงจรไฟฟ้าเข้ากับข้อมูลตำแหน่งขั้วต่อสายจริงบนตัวอุปกรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณความยาวสายไฟ

รูปที่ 3.9 เป็นตัวอย่างการเชื่อมโยงสัญลักษณ์ที่กำหนดให้โนดหมายเลขศูนย์ตรงกับขั้วต่อสายหมายเลขศูนย์



รูปที่ 3.9 การเชื่อมโยงสัญลักษณ์กับอุปกรณ์



รูปที่ 3.10 การเชื่อมโยงโนดของสัญลักษณ์กับขั้วต่อสายของอุปกรณ์

2.5 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่

1) ชื่อ (Name) ประกอบด้วยตัวอักษรยาวไม่เกิน 8 ตัวอักษร ใช้เป็นชื่อไฟล์ในการบันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ หลักการกำหนดชื่ออุปกรณ์มีขั้นตอนและข้อกำหนดเหมือนกับการตั้งชื่อไฟล์โดยไม่ต้องใส่นามสกุลไฟล์ (File Type)

2) ลักษณะ (Description)

3) รูปลักษณ์ (Configuration)

4) ชื่อบริษัทผลิต/จำหน่าย (Vendor)

5) ชนิด (Type) กำหนดให้เลือกได้ 13 ชนิด โดยพิจารณาจากอุปกรณ์ที่มีใช้ในตู้ ดังนี้

- Breaker
- Starter
- Fuse
- Relay
- Switch
- Lamp
- Horn
- Meter
- Selector
- Transformer
- Sensor
- Motor
- Generator

6) แรงดันพิกัด (V Rating)

7) แรงดันพิกัดสูงสุด (Maximum V Rating)

8) กระแสทำงานสูงสุด (Maximum Operating I)

9) ราคาอุปกรณ์ (Price)

10) รายละเอียดเพิ่มเติม (Detail)

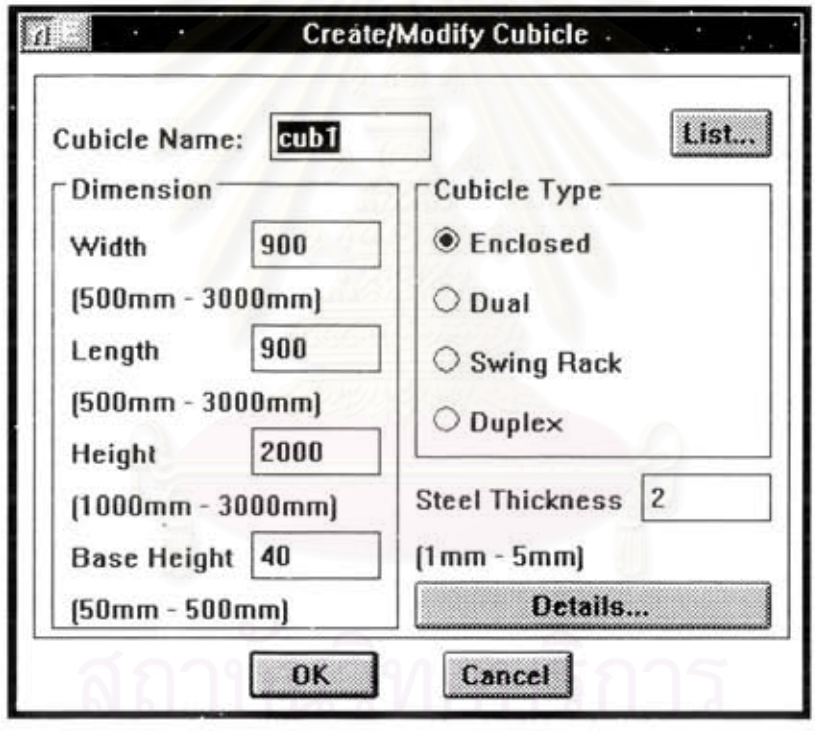
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ข้อมูลตู้ควบคุมไฟฟ้า

การนิยามและจำลองตู้ควบคุมไฟฟ้าในรูปแบบไฟล์ข้อมูลใช้แนวคิดเดียวกันกับการจำลองข้อมูลอุปกรณ์ ไฟล์ข้อมูลตู้ควบคุมประกอบด้วยข้อมูลรายละเอียดของตัวตู้ ซึ่งส่วนมากเป็นข้อมูลเกี่ยวขนาดรูปทรงของตู้ ตู้ทั้ง 4 แบบมีลักษณะแตกต่างกัน ดังนั้น ข้อมูลที่บันทึกในไฟล์ตู้แต่ละแบบก็แตกต่างกันด้วย

3.1 ส่วนประกอบต่างๆ

1) โครงสร้างภายนอก ตู้ทั้ง 4 แบบมีลักษณะโครงสร้างคล้ายกล่องสี่เหลี่ยมทรงสูงขนาดใหญ่ ดังนั้น จึงใช้วิธีจำลองข้อมูลตู้เป็นรูปกล่องทรงสี่เหลี่ยมที่มีขนาดความกว้างยาวสูงเท่าขนาดจริง โดยผู้ใช้เป็นคนกำหนดค่าขนาดลงในโปรแกรม รวมทั้งระบุค่าความหนาของแผ่นเหล็กที่ใช้ผลิตตู้ด้วย



รูปที่ 3.11 การกำหนดขนาดและประเภทของตู้ควบคุม

2) ปล่องสายไฟ (Cable Trunk) เป็นทางเดินสายไฟจากภายนอกเข้ามาในตู้ หรือเดินสายจากภายในตู้ออกไปภายนอก มีลักษณะเป็นท่อรูปทรงสี่เหลี่ยม เจาะรูวงกลมใช้เป็นรูลอดสายไฟ (Grommet) จำนวนหลายรู เพื่อให้สายไฟลอดผ่านเข้าออก

3) ประตู ตู้ทั้ง 4 แบบมีลักษณะเป็นกล่องทรงสี่เหลี่ยมปิดทึบ มีประตูหรือฝากรอบที่สามารถเปิดออก เพื่อให้คนเข้าไปติดตั้งอุปกรณ์ เดินสายไฟ หรือทำการซ่อมบำรุงวงจรภายในตู้ได้สะดวก

4) ฐานติดตั้งหลอดไฟ ใช้ติดหลอดไฟเพื่อส่องสว่างขณะปฏิบัติงานอยู่ภายในตู้

5) แผงติดตั้งอุปกรณ์ มี 2 ประเภท คือ และแผงแบบยึดติดอยู่กับที่ (Fixed Panel) และแผงติดตั้งที่เป็นบานพับสามารถเปิดปิดได้ (Hinged Panel) การกำหนดพื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ในตู้แต่ละแบบจะไม่เหมือนกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

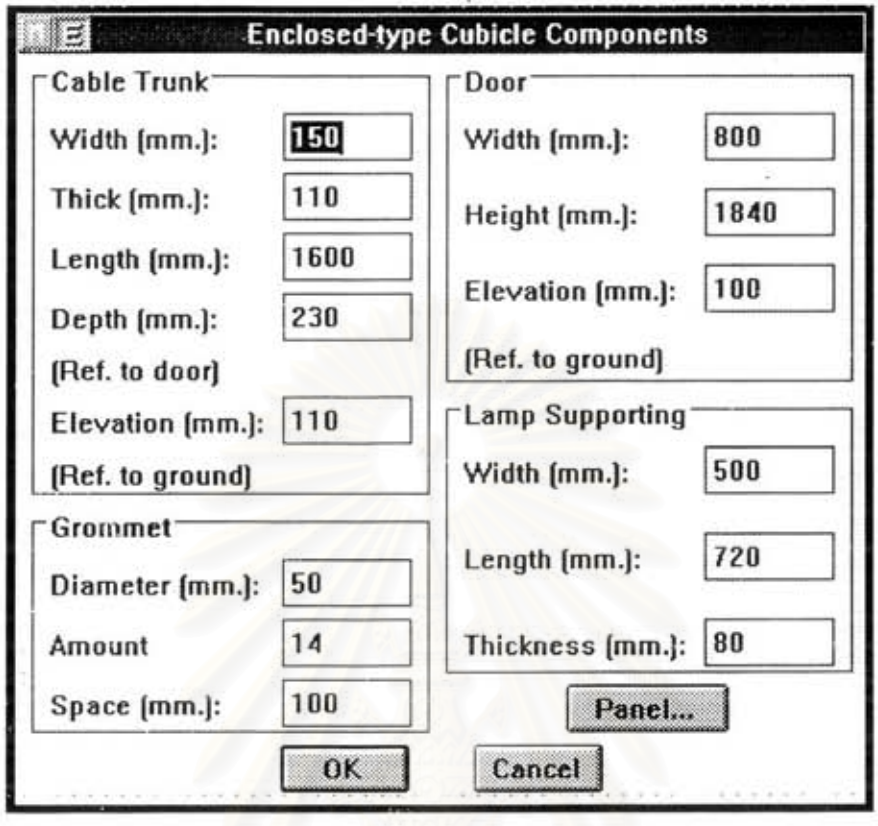
แบบตู้	แผงบานพับ	ประตู	ผนังตู้
ตู้แบบปิดหุ้ม	ติดตั้งได้	-	ติดตั้งได้
ตู้แบบแผงคู่	ติดตั้งได้	ติดตั้งได้	ติดตั้งได้
ตู้แบบบานพับหน้า	ติดตั้งได้	-	ติดตั้งได้
ตู้แบบดูเพล็กซ์	ติดตั้งได้	-	ติดตั้งได้

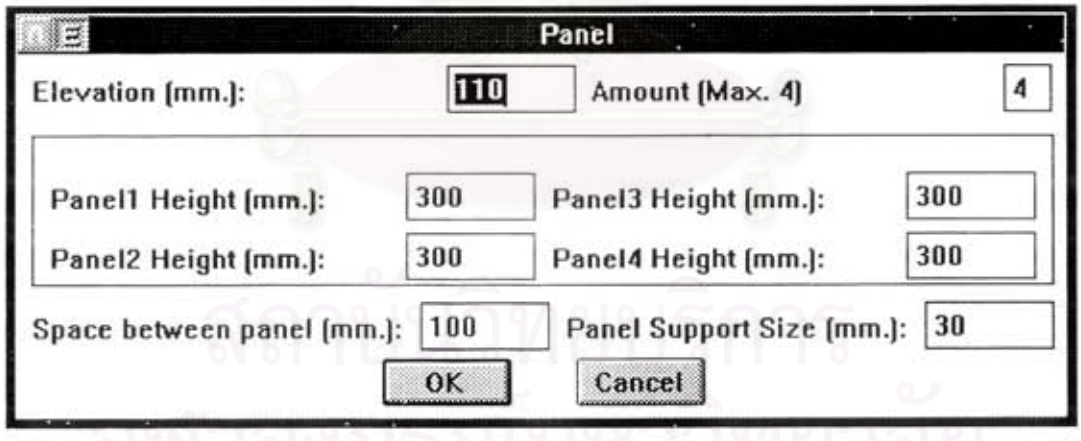
ตารางที่ 3.1 การติดตั้งอุปกรณ์บนแผงชนิดต่างๆ ของตู้แต่ละแบบ

6) รางเดินสายไฟ (Wireway) ใช้เป็นทางเดินสายไฟระหว่างแผงภายในตู้

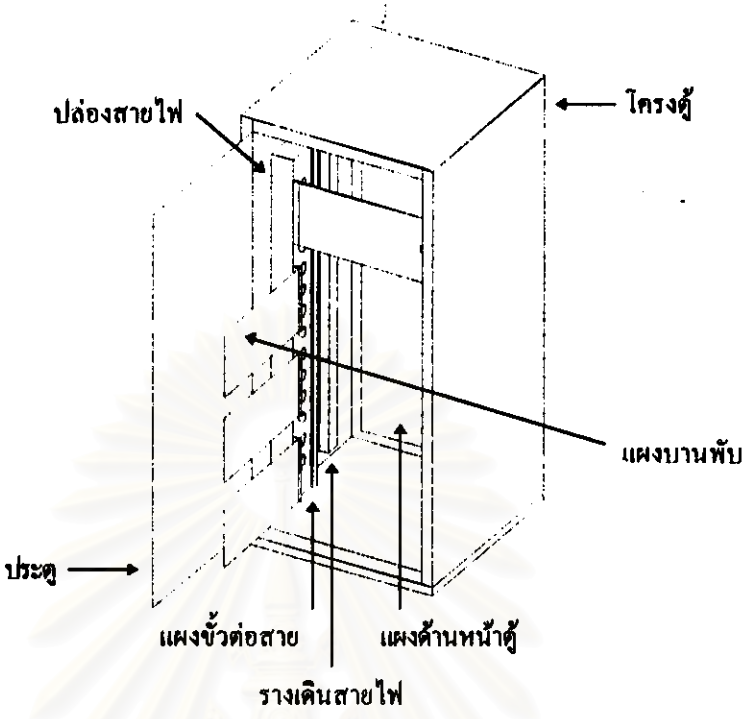
7) แผงขั้วต่อสาย (Terminal Block) การเดินสายไฟเข้าออกตู้ จะไม่ลากสายไฟเชื่อมระหว่างจุดทั้ง 2 จุดโดยตรง แต่จะใช้วิธีลากสายมาหยุดพักที่ขั้วต่อสายแทน จากนั้น จึงใช้สายไฟอีกเส้นหนึ่งลากจากแผงขั้วต่อสายตัวนั้นไปยังตำแหน่งปลายทาง ตัวอย่างเช่น การเดินสายไฟจากอุปกรณ์ภายนอกตู้เข้ามาในตู้ จะลากสายเข้ามาทางปล่องสายไฟ โผล่ออกที่รูลอดสายไฟมายึดติดกับขั้วต่อสาย จากนั้น ลากไฟอีกเส้นไปยังขั้วอุปกรณ์ภายในตู้ ส่วนการเดินสายไฟออกจากตู้ก็มีขั้นตอนตรงข้ามกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



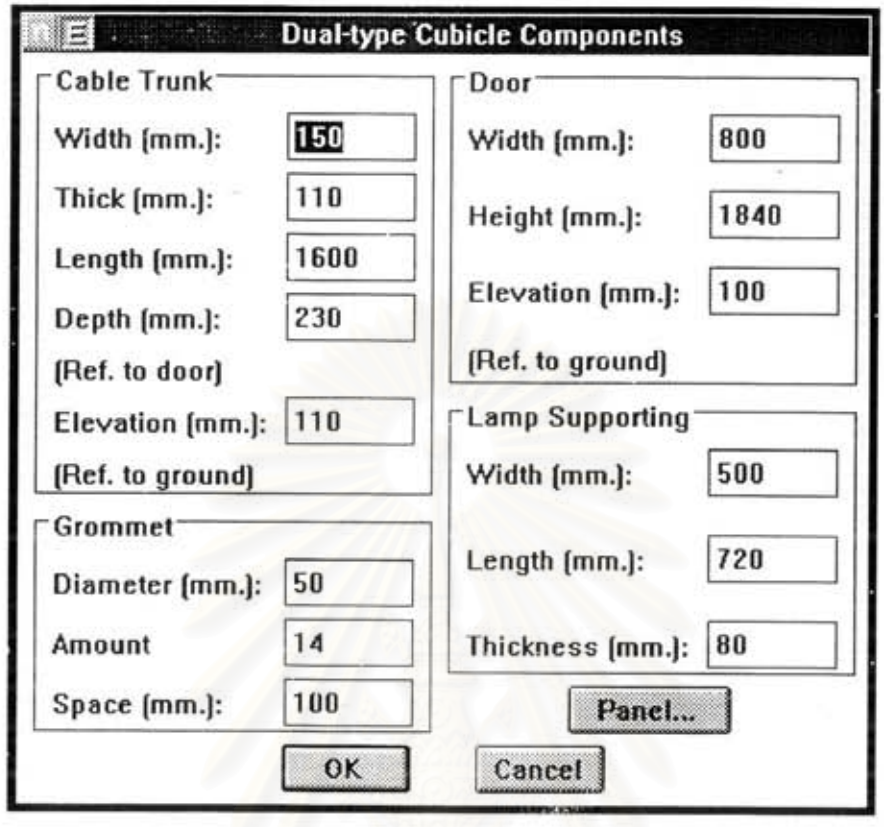


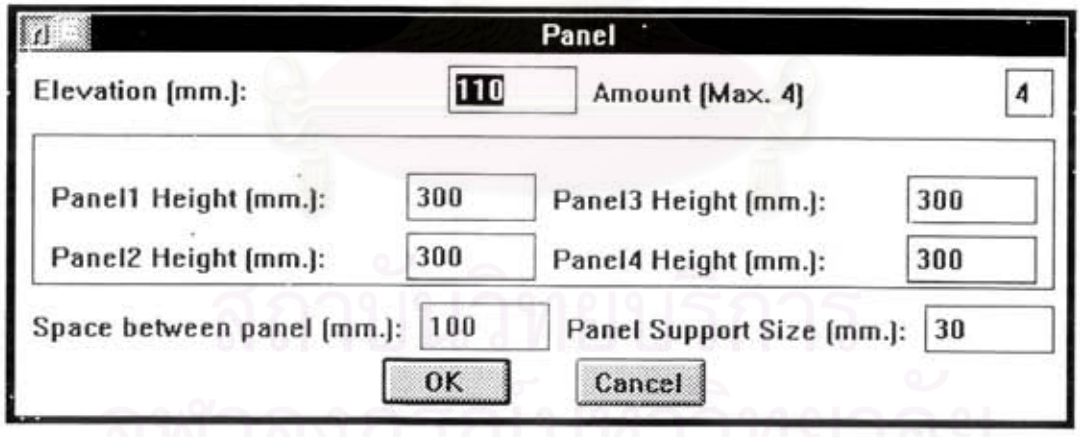
รูปที่ 3.12 การกำหนดรายละเอียดภายในตู้แบบปิดหุ้ม



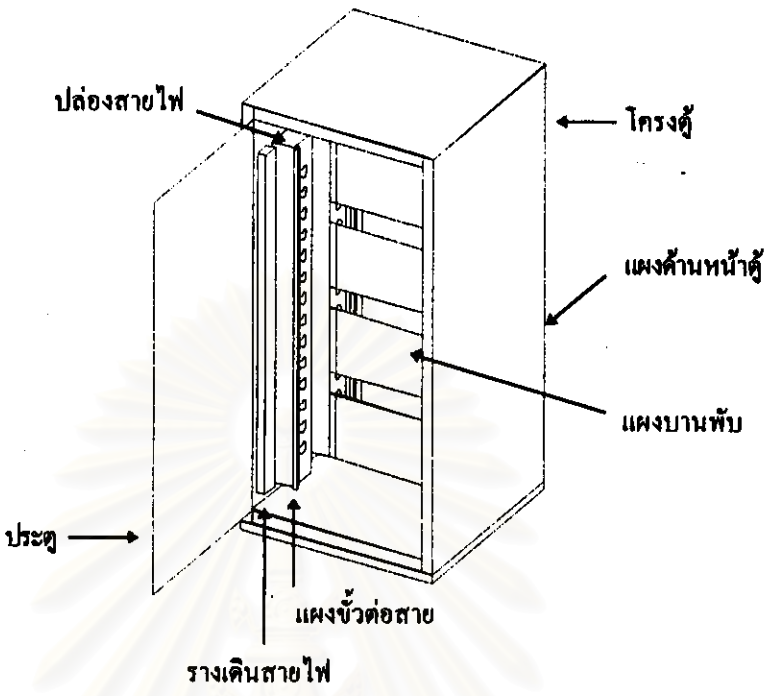
รูปที่ 3.13 ตู้แบบปิดหุ้ม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



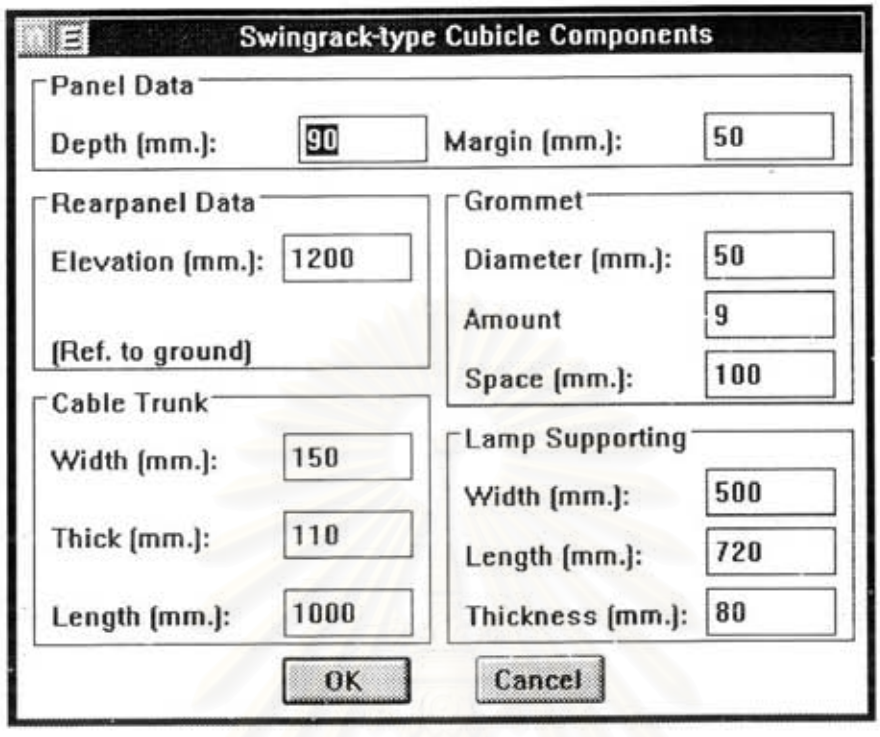


รูปที่ 3.14 การกำหนดรายละเอียดภายในตู้แบบแผงคู่

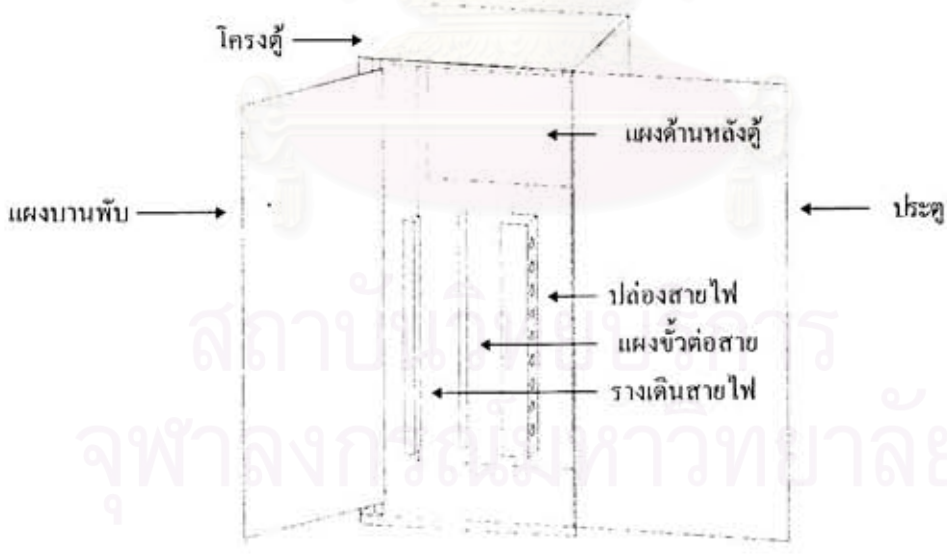


รูปที่ 3.15 ตู้แบบแผงคู่

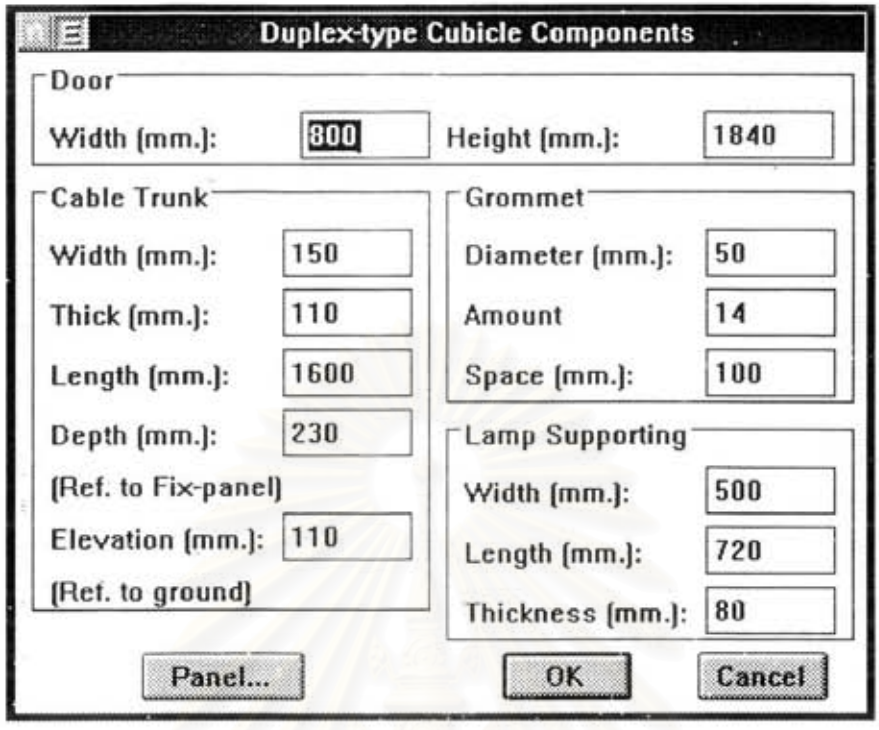
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

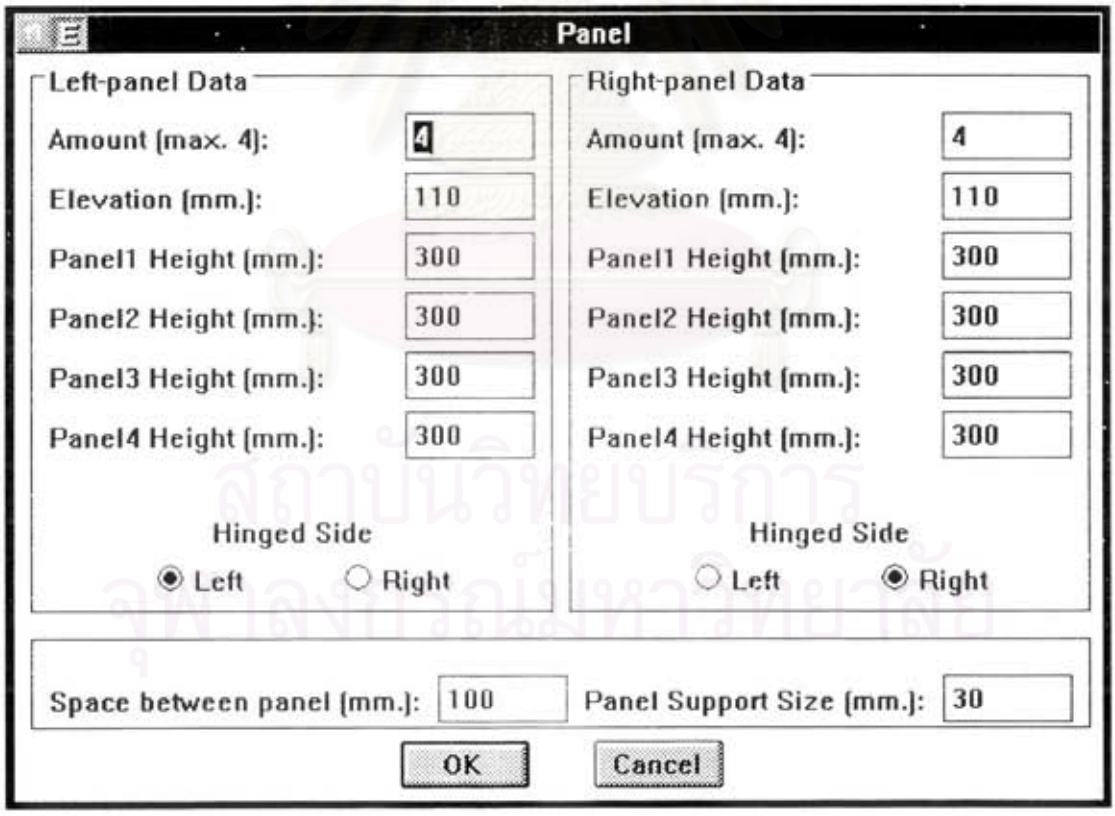


รูปที่ 3.16 การกำหนดรายละเอียดภายในตู้แบบบานพับหน้า

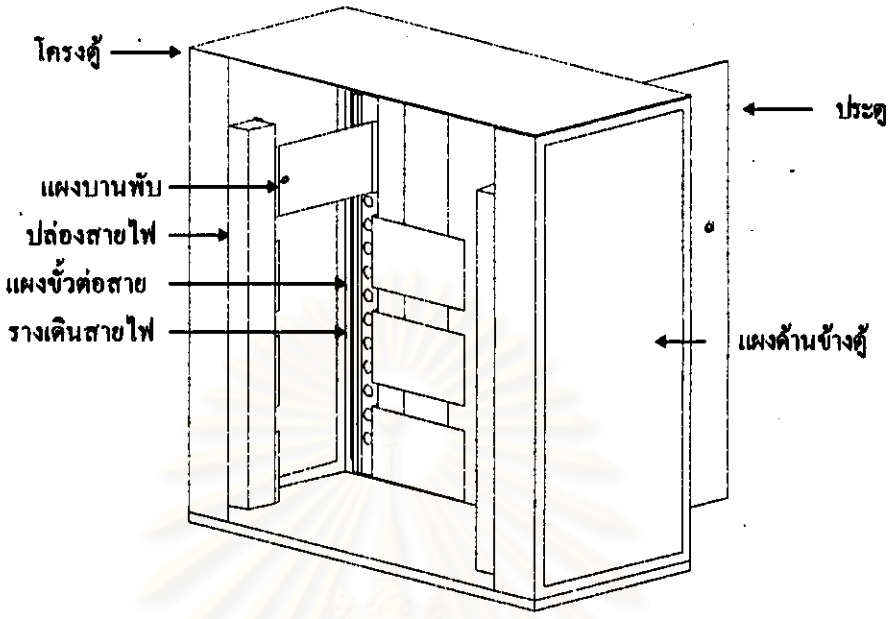


รูปที่ 3.17 ตู้แบบบานพับหน้า





รูปที่ 3.18 การกำหนดรายละเอียดภายในตู้แบบดูเพล็กซ์



รูปที่ 3.19 ตู้แบบดูเพล็กซ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนจัดการงานออกแบบ

ประกอบด้วยงานออกแบบย่อย 3 งาน ได้แก่

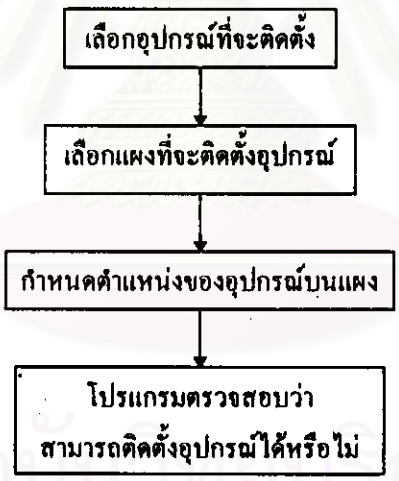
- งานออกแบบผังตู้
- งานออกแบบวงจรไฟฟ้า
- งานออกแบบทางเดินสายไฟ

รายละเอียดของงานแต่ละงานมีดังนี้

1. งานออกแบบผังตู้

งานในส่วนนี้เป็นการวางอุปกรณ์ลงบนแผงติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ เป็นสิ่งที่ทำเป็นอันดับแรกก่อนที่จะออกแบบวงจรไฟฟ้าและออกแบบทางเดินสายไฟ

1.1 การวางอุปกรณ์ลงบนแผงติดตั้ง เริ่มจากเลือกอุปกรณ์จากฐานข้อมูล จากนั้นเลือกแผงติดตั้งที่ต้องการติดตั้งอุปกรณ์ แล้วคลิกบนตำแหน่งที่ต้องการวาง โปรแกรมจะทำการวางโดยให้กึ่งกลางอุปกรณ์อยู่ที่ตำแหน่งที่คลิก



รูปที่ 3.20 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์

เมื่อโปรแกรมตรวจสอบแล้วพบว่าสามารถติดตั้งอุปกรณ์ตามข้อกำหนดดังกล่าวได้ ก็จะวางอุปกรณ์ให้ด้านที่เป็นระนาบติดตั้งอุปกรณ์วางตัวขนานกับระนาบของแผงติดตั้ง ห่างกันเป็นระยะเท่ากับค่าระยะลึกในการติดตั้ง ตามที่ได้ระบุไว้ในไฟล์ข้อมูลของอุปกรณ์

1.2 การตรวจสอบการทับซ้อนของวัตถุ ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทนำแล้วว่า ปัญหาสำคัญประการหนึ่งที่พบในการออกแบบตู้คือ ประตูหรือแผงติดตั้งไม่สามารถเปิดปิดได้ตามปกติภายหลังจากที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ เนื่องจากอุปกรณ์บางตัวที่ติดตั้งได้ชนกับส่วนใดส่วนหนึ่งของตู้หรืออุปกรณ์ตัวอื่นในลักษณะที่เป็นการขวางแนวเปิดปิดประตูหรือแผงติดตั้ง

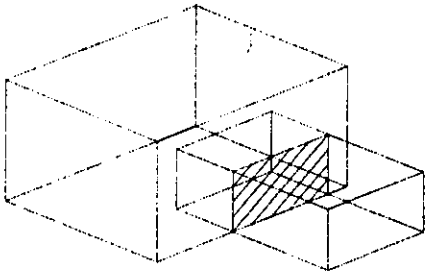
แนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวในงานวิจัยนี้ คือ ทำการตรวจสอบแผงติดตั้งอุปกรณ์ว่ามีแผงใดที่มีชิ้นส่วนของแผงหรืออุปกรณ์บนแผงวางทับซ้อนกับอุปกรณ์อื่นหรือชิ้นส่วนอื่นของตู้ ถ้าตรวจสอบแล้วพบก็จะส่งสัญญาณเตือนให้ทำการแก้ไข

ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเรียกใช้ฟังก์ชันตรวจสอบการทับซ้อน โดยลักษณะการตรวจสอบสามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 คือ ตรวจสอบในขณะที่ประตูหรือแผงติดตั้งกำลังเปิด โปรแกรมจะให้ผู้ใช้กำหนดค่ามุมขั้น (Step Angle) ซึ่งเป็นมุมที่โปรแกรมใช้ในการเปิดประตู ประตูที่เปิดออกเป็นมุมเท่ากับค่าดังกล่าว จากนั้นจะหยุดชั่วคราวเพื่อตรวจว่า ณ ตำแหน่งนั้น มีการทับซ้อนเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้ามี จะปรากฏสัญญาณเตือนให้ผู้ใช้ได้รับรู้และทำการแก้ไข ในกรณีที่ยังไม่มีการทับซ้อน ประตูก็จะถูกเปิดออกไปอีกเป็นมุมเท่าเดิม และโปรแกรมก็จะตรวจสอบการทับซ้อนอีกครั้ง และจะทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะเกิดการทับซ้อน หรือประตูถูกเปิดออกไปจนสุด ซึ่งที่ตำแหน่งสุดท้ายนี้จะเกิดการทับซ้อนแน่นอนที่ตำแหน่งบานพับประตู

วิธีที่ 2 เป็นการตรวจสอบ ณ ตำแหน่งนั้น โดยไม่ต้องทำการเปิดประตู

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.21 พื้นที่แรเงาที่เกิดจากการทับซ้อนของวัตถุ 2 ชิ้น

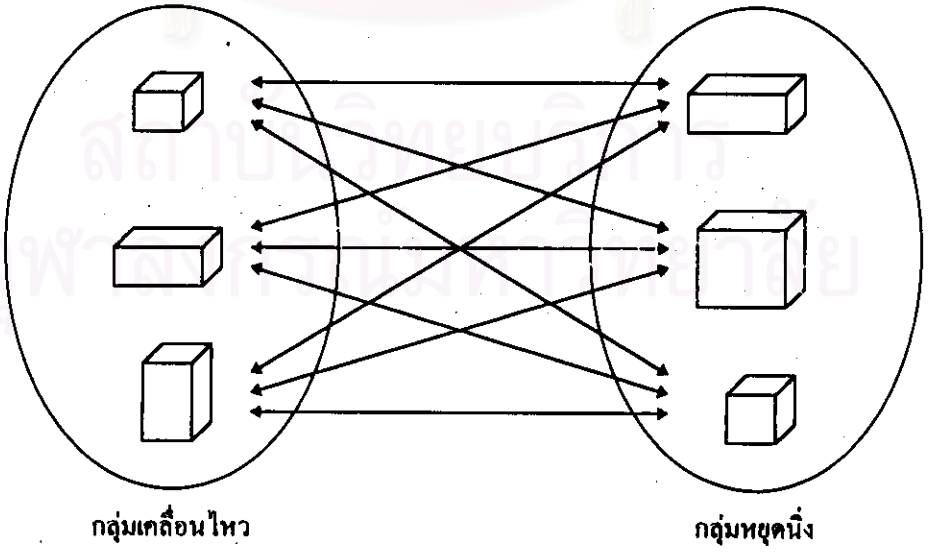
เนื่องจากขณะที่ทำการป้อนข้อมูลก่อนหน้านี้ ได้ทำการจำลองอุปกรณ์จริงให้อยู่ในรูปกล่องทรงสี่เหลี่ยม และโครงสร้างตู้ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ก็มีรูปทรงเป็นกล่องสี่เหลี่ยมเช่นกัน ดังนั้น การตรวจสอบการทับซ้อนของวัตถุต่างๆ จึงเป็นการตรวจสอบการทับซ้อนของวัตถุทรงกล่องสี่เหลี่ยม

ขั้นตอนการตรวจสอบการทับซ้อนมีดังนี้

1) ผู้ใช้เลือกแผงที่ต้องการตรวจสอบ

2) โปรแกรมจัดแบ่งวัตถุออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเคลื่อนไหว ซึ่งประกอบด้วยแผงที่เลือกและอุปกรณ์บนแผง และกลุ่มหยุดนิ่ง คืออุปกรณ์ที่ไม่ได้อยู่บนแผงนั้นและชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนของตู้ยกเว้นแผงที่เลือก

3) โปรแกรมเลือกวัตถุจากกลุ่มเคลื่อนไหวมาทำการตรวจสอบกับวัตถุทุกชิ้นในกลุ่มหยุดนิ่งครบทุกชิ้น ถ้าตรวจพบการทับซ้อน โปรแกรมจะหยุดแล้วแจ้งสัญญาณให้ผู้ใช้ทราบ แต่ถ้าตรวจไม่พบการทับซ้อน โปรแกรมจะหยุดที่ตำแหน่งสุดท้ายที่ตำแหน่งของบานพับประตู



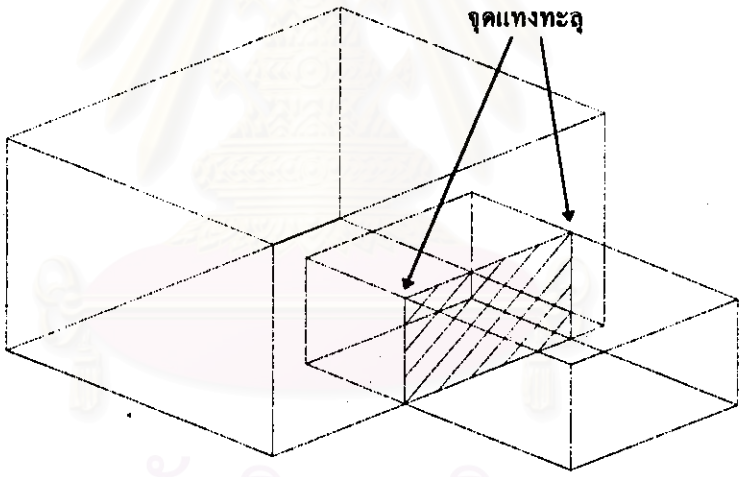
รูปที่ 3.22 การจับคู่วัตถุเพื่อตรวจสอบการทับซ้อน

การทับซ้อนกันของกล่องสี่เหลี่ยม 2 ใบ จะเกิดขึ้นเมื่อ กล่องทั้งสองใบมีปริมาตรเหลื่อมล้ำกัน ซึ่งอาจเป็นได้ 2 กรณี คือ

1) ปริมาตรบางส่วนของกล่องใบหนึ่งอยู่ในกล่องอีกใบ
2) ปริมาตรทั้งหมดของกล่องใบหนึ่งอยู่ภายในกล่องอีกใบ

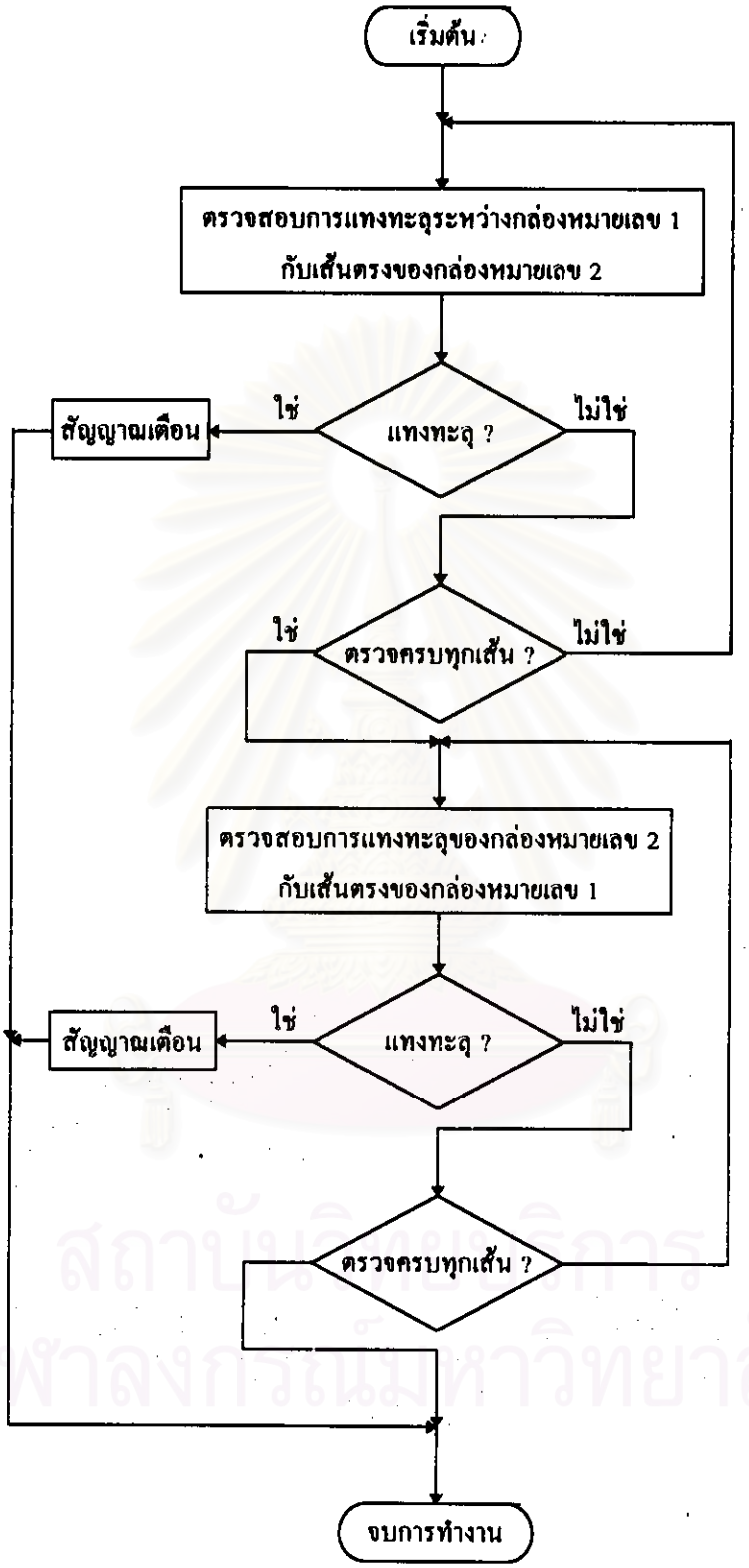
เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างการวางตัวของกลุ่มวัตถุต่างๆ พบว่าไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงรูปแบบการเหลื่อมล้ำในกรณีที่สอง เนื่องจากวัตถุในแต่ละกลุ่มจะเชื่อมต่อถึงกันภายในกลุ่มอยู่แล้ว (ไม่มีวัตถุใดไม่สัมผัสกับวัตถุอื่นในกลุ่มเดียวกัน) หากเกิดการทับซ้อนแบบกรณีที่สอง นั่นหมายความว่าจะต้องเกิดการทับซ้อนแบบกรณีที่หนึ่งด้วยเช่นกัน ดังนั้น การออกแบบขั้นตอนการตรวจสอบการทับซ้อนของกล่องสี่เหลี่ยมจึงยึดตามแนวทางในกรณีที่หนึ่งเป็นหลัก

เมื่อกล่อง 2 ใบทับซ้อนกันดังในกรณีแรก หมายความว่า มีเส้นขอบของกล่องใบหนึ่งอย่างน้อย 1 เส้นแทงทะลุระนาบของกล่องอีกใบ



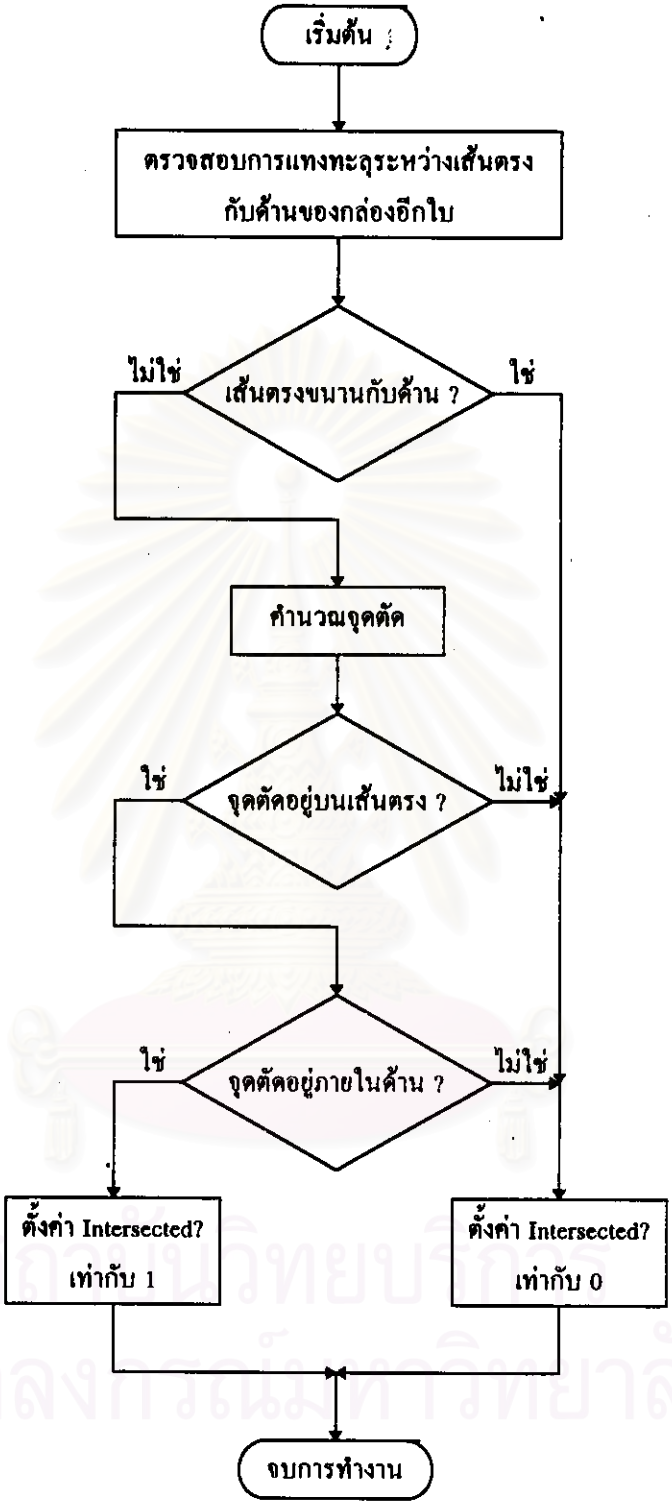
รูปที่ 3.23 การแทงทะลุ

การตรวจสอบจะเริ่มจากการตรวจเส้นขอบของกล่องใบหนึ่งกับด้านของกล่องอีกใบเกิดการแทงทะลุด้านหรือไม่ โดยโปรแกรมจะตรวจสอบจนพบ หรือจนครบทุกเส้นและทุกด้าน ดังแสดงในผังงานในรูปที่ 3.24 และ 3.25 [11]



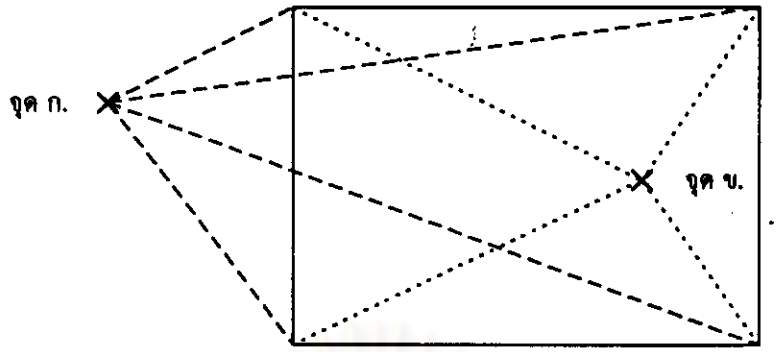
รูปที่ 3.24 ผังงานของการตรวจสอบการทับซ้อนของกล่อง 2 ใบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.25 ผังงานของการตรวจสอบการแทงทะลุ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.26 การตรวจสอบตำแหน่งของจุดตัดบนระนาบ

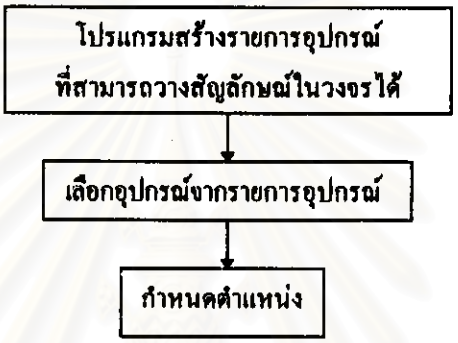
รูปที่ 3.26 แสดงการตรวจสอบตำแหน่งของจุดตัดบนระนาบเดียวกันกับกรอบสี่เหลี่ยม ซึ่งก็คือด้านของกล่องสี่เหลี่ยมอีกใบ หลักการที่ใช้ในการตัดสินว่าจุดตัดอยู่ภายในหรือภายนอกกรอบสี่เหลี่ยม คือ ลากเส้นตรงจากจุดตัดไปยังมุมทั้ง 4 มุมของกรอบสี่เหลี่ยม ถ้าเส้นตรงที่เกิดขึ้นทั้ง 4 เส้นไม่มีเส้นใดตัดเส้นขอบของกรอบสี่เหลี่ยมเลย แสดงว่าจุดตัดอยู่ภายในกรอบสี่เหลี่ยม (เช่น จุด ข.) ส่วนในกรณีตรงข้าม ถ้ามีเส้นใดเส้นหนึ่งตัดเส้นขอบของกรอบสี่เหลี่ยม จุดตัดจะอยู่ภายนอกกรอบสี่เหลี่ยม (เช่น จุด ก.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. งานออกแบบวงจรไฟฟ้า

งานออกแบบวงจรไฟฟ้าเป็นงานที่ทำต่อจากงานออกแบบผังตู้ สัญลักษณ์ที่สามารถวางลงในวงจรได้นั้น จะต้องเป็นสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในตู้แล้ว โดยโปรแกรมไม่อนุญาตให้เลือกอุปกรณ์อื่นที่มิได้ถูกติดตั้งในขั้นตอนการออกแบบผังตู้มาวางในวงจร การทำเช่นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการทำงานของโปรแกรมและเป็นการจัดลำดับการทำงานให้เป็นระเบียบขั้นตอนอย่างชัดเจน

2.1 การวางสัญลักษณ์ ประกอบด้วยขั้นตอนดังในผังงานในรูปที่ 3.27 [12]



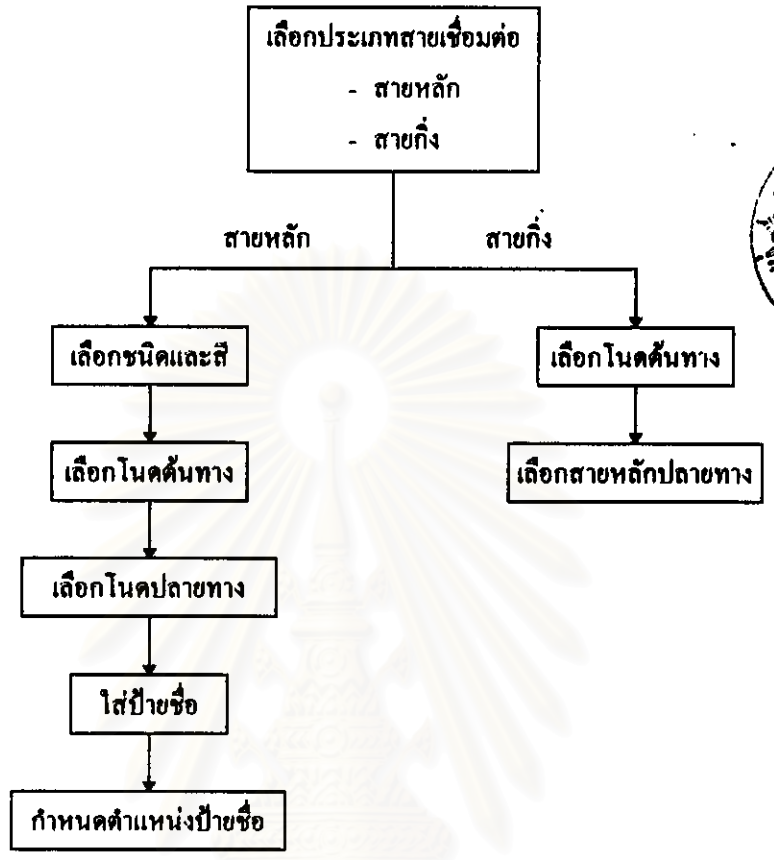
รูปที่ 3.27 ขั้นตอนการวางอุปกรณ์ในงานออกแบบวงจรไฟฟ้า

อุปกรณ์ที่สามารถวางในวงจรได้นั้น จะต้องมีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดดังนี้

- เป็นอุปกรณ์ที่ถูกติดตั้งภายในตู้
- ยังไม่ได้ถูกวางลงในวงจร
- มีการเชื่อมโยงกับข้อมูลสัญลักษณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การเดินสายเชื่อมต่อ (Wiring Connection) ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 3.28 ขั้นตอนการเดินสายเชื่อมต่อ

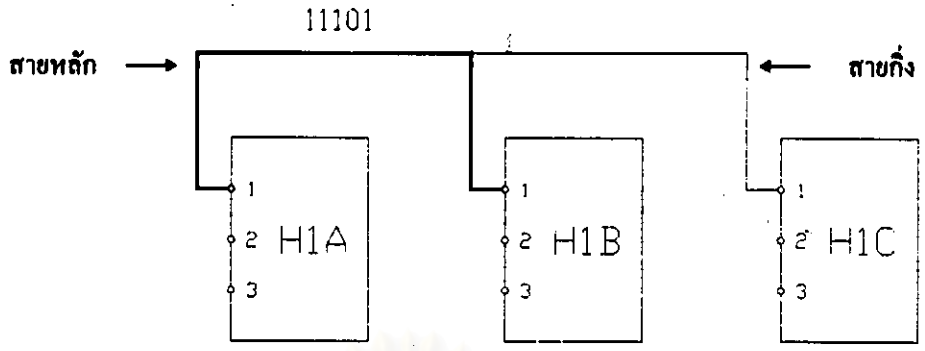
เนื่องจากโปรแกรมจะต้องเก็บข้อมูลของสายเชื่อมต่อแต่ละสายว่าเชื่อมต่อโนดใดของอุปกรณ์ตัวใดบ้างเพื่อใช้ในงานออกแบบทางเดินสายไฟต่อไป จึงจำเป็นต้องระบุข้อมูลที่จำเป็นต่างๆ ดังนี้

1) ประเภทของการเดินสายเชื่อมต่อ

โปรแกรมกำหนดประเภทของสายเชื่อมต่อออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การเดินสายหลัก (Main Wire) และสายกิ่ง (Branch Wire) ดังนี้

- การเดินสายหลัก เป็นการลากสายเชื่อมระหว่างโนด 2 โนด คือโนดต้นทางและโนดปลายทาง สายหลักแต่ละสายจะต้องไม่เชื่อมถึงกันในทางไฟฟ้า มีป้ายชื่อเฉพาะ ไม่ซ้ำกัน

- การเดินสายกิ่ง ใช้ในกรณีที่ต้องการเชื่อมโนดอื่นเข้ากับสายหลักที่มีอยู่แล้ว สายประเภทนี้ถือเป็นส่วนหนึ่งของสายหลัก จึงไม่ต้องกำหนดชนิดและสี รวมทั้งป้ายชื่อให้ใหม่



รูปที่ 3.29 สายหลักและสายกิ่ง

2) ชนิดและสี โปรแกรมกำหนดให้ผู้ใช้สามารถกำหนดชนิดและสี (เฟส) ของสายเชื่อมต่อได้ เช่น สาย THW 2.5mm2 สีดำ (Ground) โดยผู้ใช้สามารถเลือกสีได้ 5 สี คือ ดำ แดง น้ำเงิน เหลือง และเทา ส่วนการกำหนดชนิด โปรแกรมอนุญาตให้สามารถเพิ่มชนิดสายได้

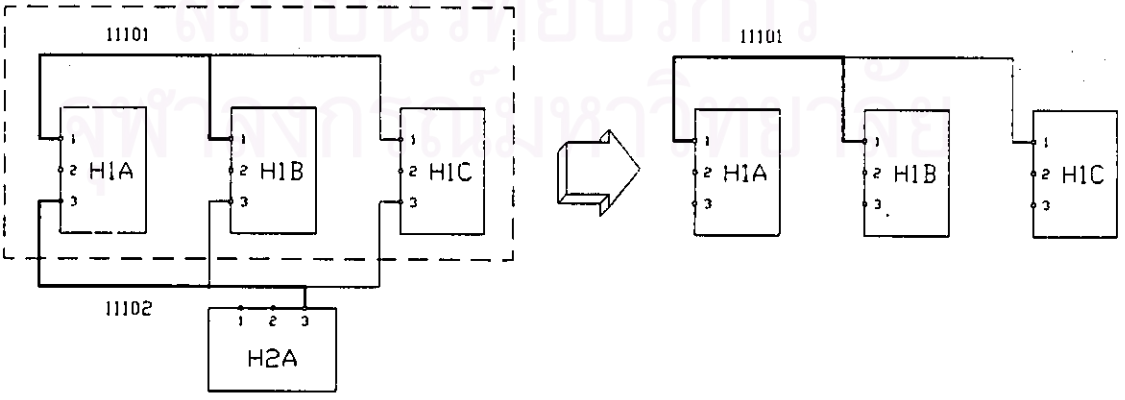
3) ตำแหน่งต้นทางและปลายทาง ในกรณีที่เดินสายหลัก ตำแหน่งต้นทางและปลายทางคือตำแหน่งของโนดทั้ง 2 โนดที่ต้องการเดินสายเชื่อมต่อ ส่วนการเดินสายกิ่งจะให้ผู้ใช้กำหนดต้นทางเป็นตำแหน่งโนดที่ต้องการจะเชื่อมต่อเพิ่ม และเลือกสายหลักที่จะเชื่อมต่อโนดดังกล่าวเป็นตำแหน่งปลายทาง

4) ป้ายชื่อ (Tag) สายหลักแต่ละสายจะถูกกำหนดป้ายชื่อ ซึ่งจะไม่ซ้ำกัน

5) ตำแหน่งของป้ายชื่อ

2.3 วงจรย่อย

การออกแบบวงจรไฟฟ้า มีบ่อยครั้งที่งานแต่ละงาน มีการออกแบบวงจรโดยส่วนประกอบของวงจรบางส่วนเหมือนกัน โปรแกรมสามารถเก็บบันทึกวงจรย่อยเหล่านี้ไว้ในฐานข้อมูล เพื่อเรียกมาใช้ในงานครั้งต่อไปได้



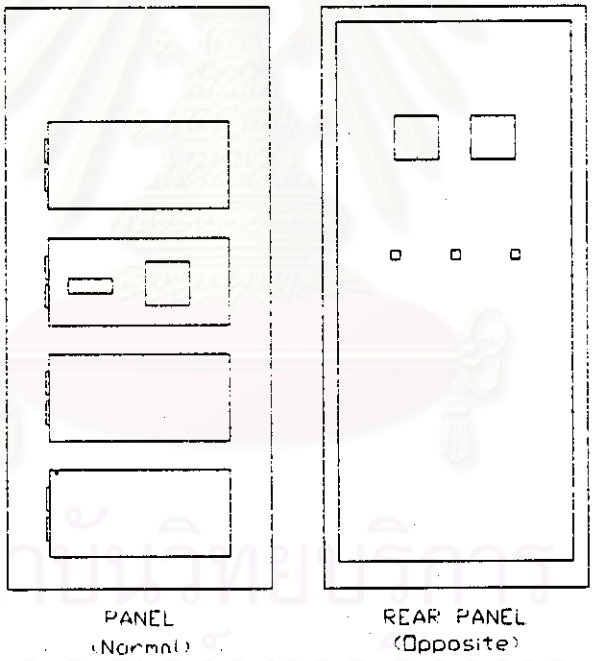
รูปที่ 3.30 การเก็บบันทึกวงจรย่อย

2.4 ข้อมูลการเชื่อมต่ออุปกรณ์

แผนภาพแสดงข้อมูลการเชื่อมต่ออุปกรณ์จัดเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในงานผลิตตู้ โดยบอกให้ทราบว่าเทอร์มินัลแต่ละเทอร์มินัลของอุปกรณ์แต่ละตัวต่อกับสายไฟเส้นใด และต่อกับเทอร์มินัลของอุปกรณ์ใดบ้าง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนเดินสายไฟจริง

หลังจากทำแผนภาพวงจรไฟฟ้าเสร็จเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณเพื่อสร้างข้อมูลการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ขั้นตอนนี้เป็นส่วนที่ทำงานโดยคอมพิวเตอร์ทั้งหมด เพราะข้อมูลที่จำเป็นมีครบแล้วจากการทำแผนภาพวงจรไฟฟ้าและแผนภาพผังตู้

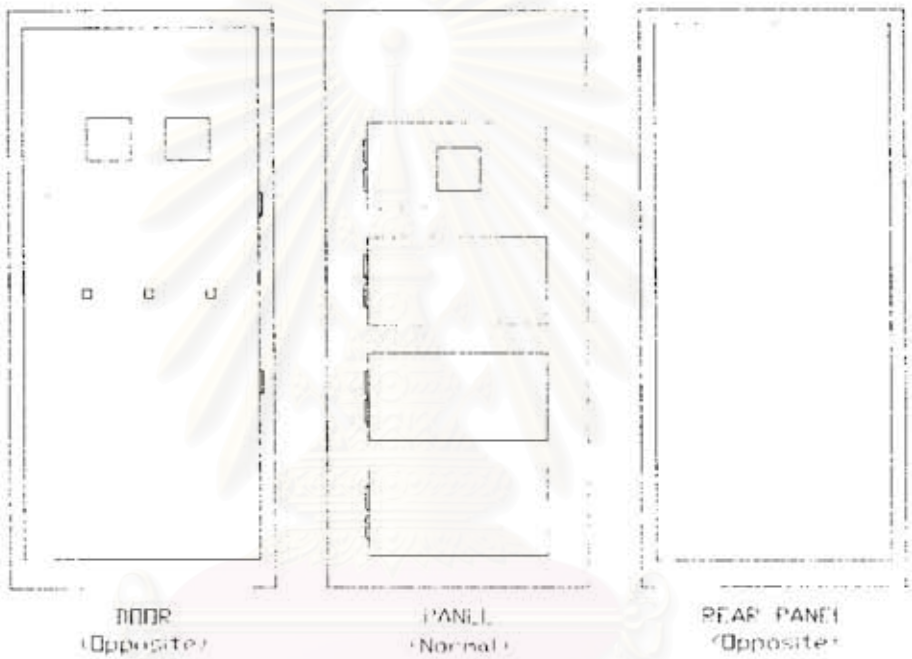
การแสดงข้อมูลการเชื่อมต่ออุปกรณ์จะแสดงออกในรูปของแผนภาพแสดงข้อมูลการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ประกอบด้วยภาพของแผงติดตั้งอุปกรณ์ในด้านที่ทำการเดินสายไฟ คล้ายกับภาพหน้าตัดในแนวขนานกับระนาบของแผงติดตั้งอุปกรณ์ของตัวตู้ ตำแหน่งและขนาดของอุปกรณ์ต่างๆ จะมีค่าตรงกับที่ได้กำหนดไว้ในการออกแบบผังตู้และในฐานข้อมูลอุปกรณ์ ตามลำดับ



รูปที่ 3.31 ภาพแสดงแผงติดตั้งอุปกรณ์ ของตู้แบบปิดหุ้ม

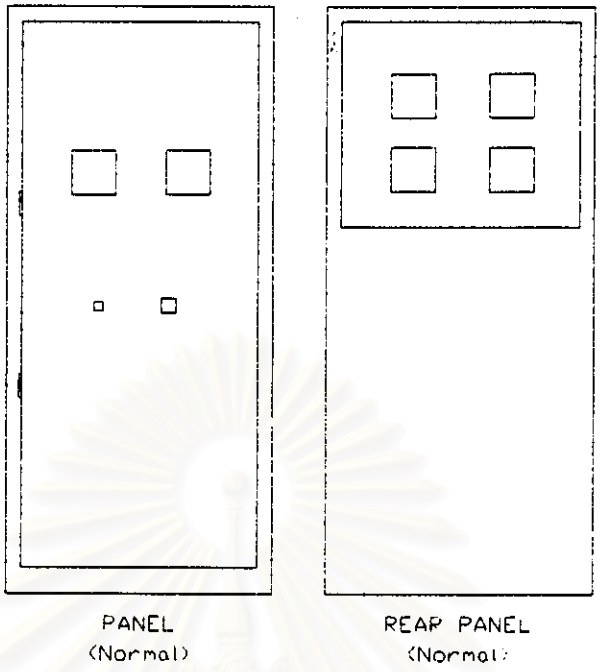
รูปที่ 3.31 ประกอบด้วยกรอบสี่เหลี่ยมขนาดเท่ากับขนาดตัวตู้ในระนาบขนานกับด้านหน้าจำนวน 2 กรอบ ภายในแสดงภาพแผงติดตั้งอุปกรณ์ โดยกรอบทางด้านซ้าย แสดงภาพแผงติดตั้งที่เป็นแผงแบบบานพับ ส่วนด้านขวาเป็นภาพของแผงติดตั้งที่เป็นผนังตู้ สังเกตข้อความใต้กรอบสี่เหลี่ยม ข้อความแรกบอกประเภทของแผงติดตั้งอุปกรณ์ ซึ่งในกรณีที่เป็นตู้ปิดหุ้ม แผงติด

ตั้งจะมี 2 ประเภท คือ ประตู และแผงบานพับ ส่วนข้อความถัดไปที่อยู่ในวงเล็บบอกให้ทราบว่าภาพของแผงติดตั้งเป็นภาพด้านใดของแผง สำหรับประตูจะแสดงภาพด้านหลังหรือภาพกลับด้าน (Opposite) ซึ่งเป็นด้านที่วางรางเดินสายไฟ ส่วนแผงบานพับจะแสดงภาพด้านหน้าหรือด้านปกติ (Normal) ที่เป็นด้านวางรางเดินสายไฟ และจะใช้ข้อกำหนดเดียวกันนี้กับตู้อีก 3 แบบ คือ ตู้แบบแผงคู่ บานพับหน้า และดูเพล็กซ์

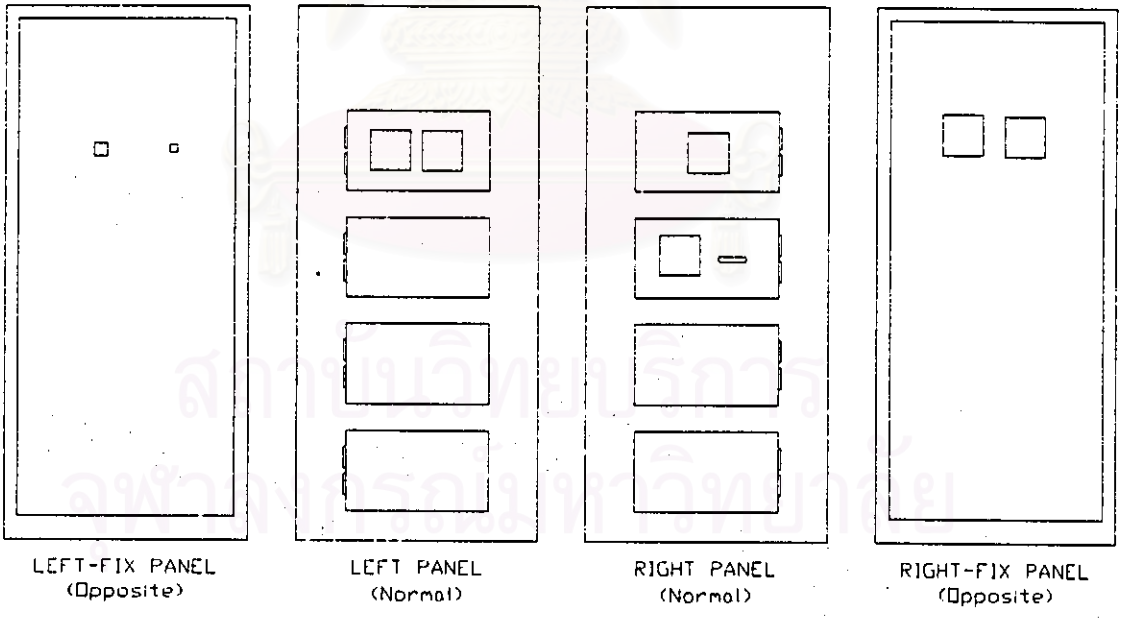


รูปที่ 3.32 ภาพแสดงแผงติดตั้งอุปกรณ์ ของตู้แบบแผงคู่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.33 ภาพแสดงแผงติดตั้งอุปกรณ์ ของตู้แบบบานพับหน้า



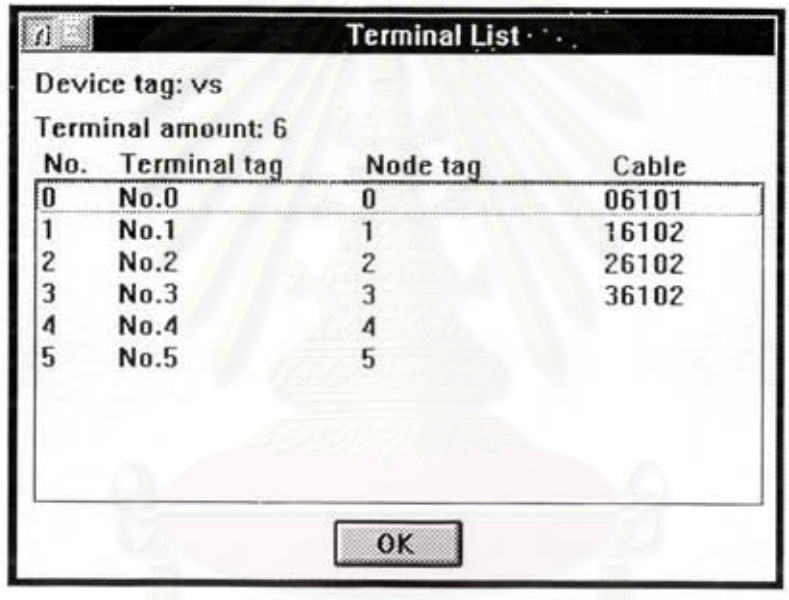
รูปที่ 3.34 ภาพแสดงแผงติดตั้งอุปกรณ์ของตู้แบบดูเพล็กซ์

ข้อแตกต่างประการหนึ่งของการแสดงข้อมูลการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่างวิธีเดิมกับวิธีที่ใช้ในโปรแกรม คือ การแสดงข้อมูลในวิธีเดิมจะระบุชื่อสายไฟที่ขั้วต่อสายของอุปกรณ์แต่ละตัวบนแผนภาพที่ตำแหน่งขั้วต่อสายไฟ ซึ่งการทำเช่นนี้อาจเกิดปัญหาขึ้นได้ ในกรณีที่อุปกรณ์มีขั้วต่อสายไฟจำนวนมากและอยู่ชิดติดกัน การแสดงข้อความดังกล่าวอาจจะดูยากและสับสนได้

ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จึงมีการปรับเปลี่ยนบางประการ ให้ไม่แสดงข้อมูลบนตัวอุปกรณ์ แต่สามารถเรียกดูได้จากฟังก์ชัน ซึ่งมีให้เลือกใช้ 2 ฟังก์ชันดังนี้

1) ฟังก์ชันแสดงข้อมูลการเชื่อมต่อขั้วต่อสายไฟ (Terminal List)

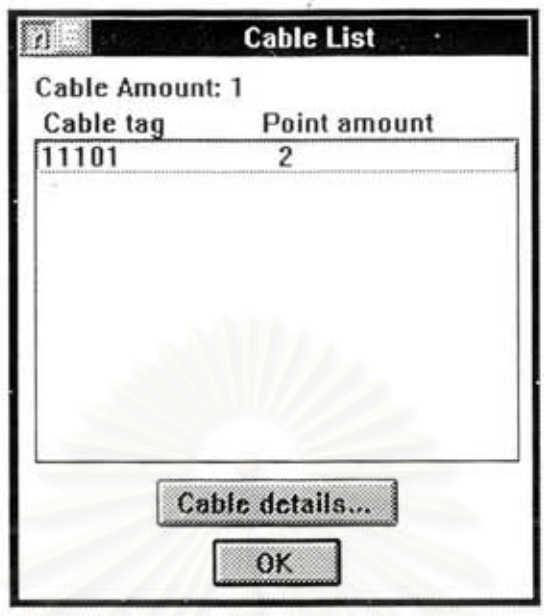
ฟังก์ชันนี้ใช้ดูข้อมูลการเชื่อมต่อขั้วอุปกรณ์ โดยบอกจำนวนขั้วต่อสายไฟ และชื่อสายเชื่อมต่อไฟที่ขั้วของอุปกรณ์นั้นเชื่อมต่ออยู่

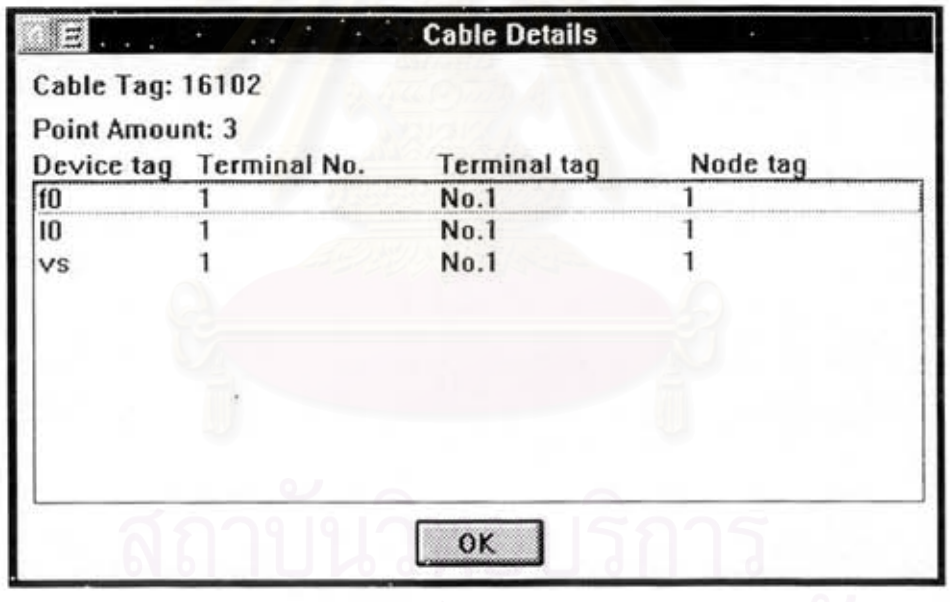


รูปที่ 3.35 ฟังก์ชันแสดงข้อมูลการเชื่อมต่อขั้วอุปกรณ์

2) ฟังก์ชันแสดงข้อมูลสายเชื่อมต่อ (Cable List)

ในกรณีที่ต้องการทราบว่าสายไฟเส้นหนึ่งเชื่อมต่อกับขั้วใดของอุปกรณ์ตัวใดบ้าง ก็สามารถทำได้โดยเรียกใช้ฟังก์ชันนี้ โดยโปรแกรมจะให้ผู้ใช้เลือกสายไฟที่ต้องการดูข้อมูล จากนั้น ข้อมูลของสายไฟจะปรากฏขึ้นภายในกรอบข้อความชื่อ Cable Details





รูปที่ 3.36 ฟังก์ชันแสดงข้อมูลสายเชื่อมต่อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. งานออกแบบทางเดินสายไฟ

การออกแบบทางเดินสายไฟมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณความยาวและทางเดินสายไฟสำหรับการเดินสายไฟจริงภายในตู้ควบคุม โดยให้ผู้ใช้กำหนดรางเดินสายไฟให้แผงทุกแผงที่มีอุปกรณ์ติดตั้งอยู่จนครบ จากนั้น โปรแกรมจะทำการคำนวณความยาวของสายไฟที่จะต้องใช้ในการเดินวงจรทั้งหมด

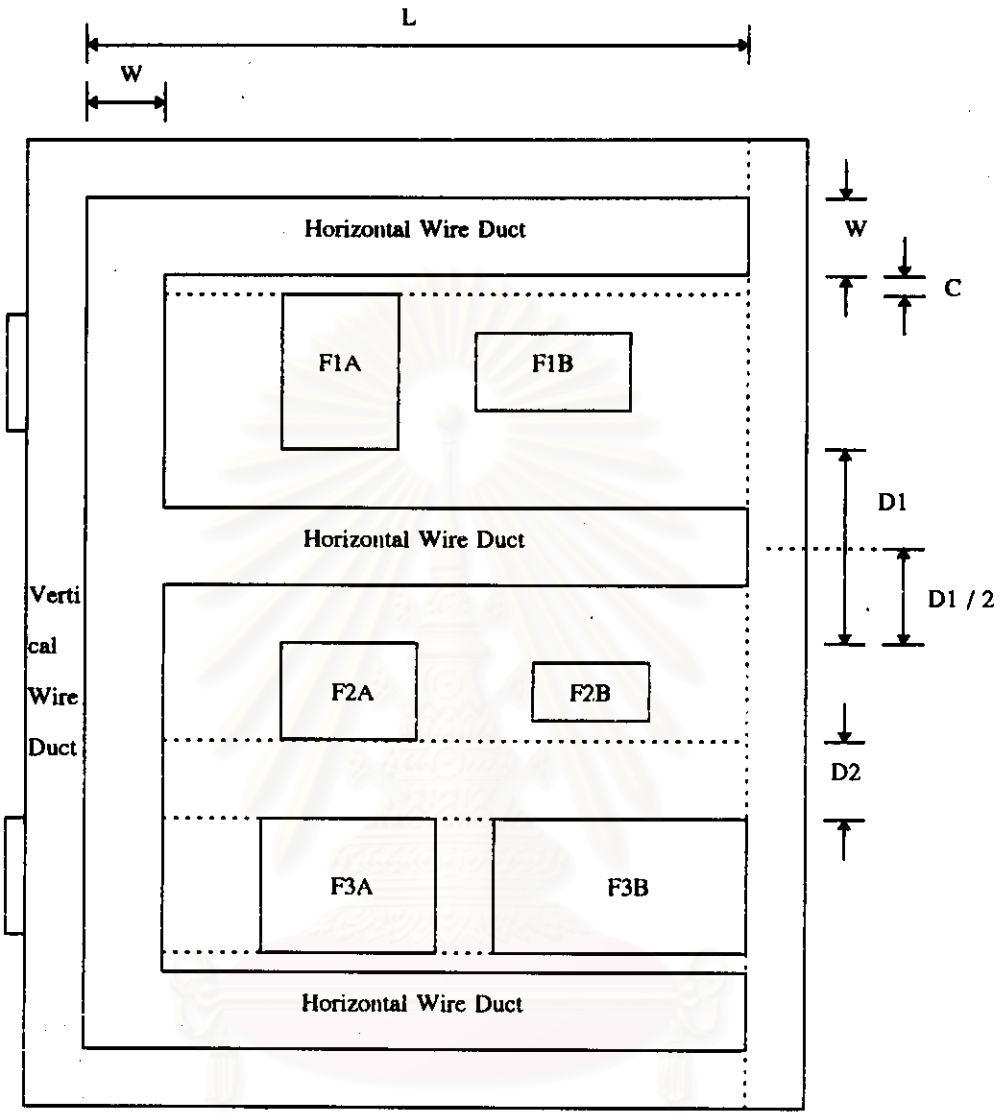
เนื่องจากการออกแบบทางเดินสายไฟเป็นงานชิ้นสุดท้ายในการออกแบบตู้ด้วยโปรแกรมชุดนี้ แต่ข้อมูลที่ได้จากงานออกแบบผังตู้และงานออกแบบวงจรไฟฟ้า ยังไม่เพียงพอ เพราะยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับรางเดินสายไฟบนแผง ดังนั้น ในขั้นตอนนี้จึงกำหนดให้ผู้ใช้ทำการป้อนค่าความกว้างของรางเดินสายไฟและระยะห่าง (Clearance) ซึ่งก็คือระยะเว้นเผื่อช่วงการงอของสายไฟจากขั้วอุปกรณ์เข้าในรางเดินสายไฟ

3.1 การออกแบบทางเดินสายไฟบนแผงติดตั้งอุปกรณ์

การออกแบบทางเดินสายไฟเป็นไปตามข้อหนดดังนี้

1) ความกว้างของรางเดินสายไฟและระยะห่าง กำหนดโดยผู้ออกแบบ ส่วนตำแหน่งและรูปร่างนั้น โปรแกรมจะคำนวณโดยพิจารณาจากขนาดของแผงติดตั้ง ขนาดและตำแหน่งของอุปกรณ์บนแผง

2) ทางเดินสายไฟ เนื่องจากตู้ควบคุมไฟฟ้าที่ออกแบบทั้ง 4 แบบ ประกอบด้วยแผงติดตั้งอุปกรณ์ที่เป็นแบบบานพับ การเดินสายไฟระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ต่างแผงกัน จำเป็นต้องกำหนดทางเดินให้เหมาะสมไม่กีดขวางการเปิดปิดบานพับ แลดูสวยงามเป็นระเบียบเรียบร้อย ดังนั้น รูปแบบทางเดินสายไฟบนแผงติดตั้งภายในตู้ จึงถูกออกแบบให้เป็นรูปตัว E ประกอบด้วยรางเดินสายไฟแนวตั้ง (Vertical Wire Duct) 1 ชิ้นวางอยู่ทางด้านบานพับของแผง และ รางเดินสายไฟแนวนอน (Horizontal Wire Duct) มีจำนวนขึ้นอยู่กับจำนวนแถวของอุปกรณ์ในแผงนั้น โดยยึดหลักพยายามวางอุปกรณ์เป็นแถวเรียงตามแนวนอน เว้นระยะห่างระหว่างแถวเพื่อวางรางเดินสายไฟแทรกกลาง ในลักษณะวางคร่อมแถวอุปกรณ์ ดังในรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 การออกแบบรางเดินสายไฟ บนแผงติดตั้งอุปกรณ์

W = ขนาดความกว้างของรางเดินสายไฟ

C = ระยะห่าง

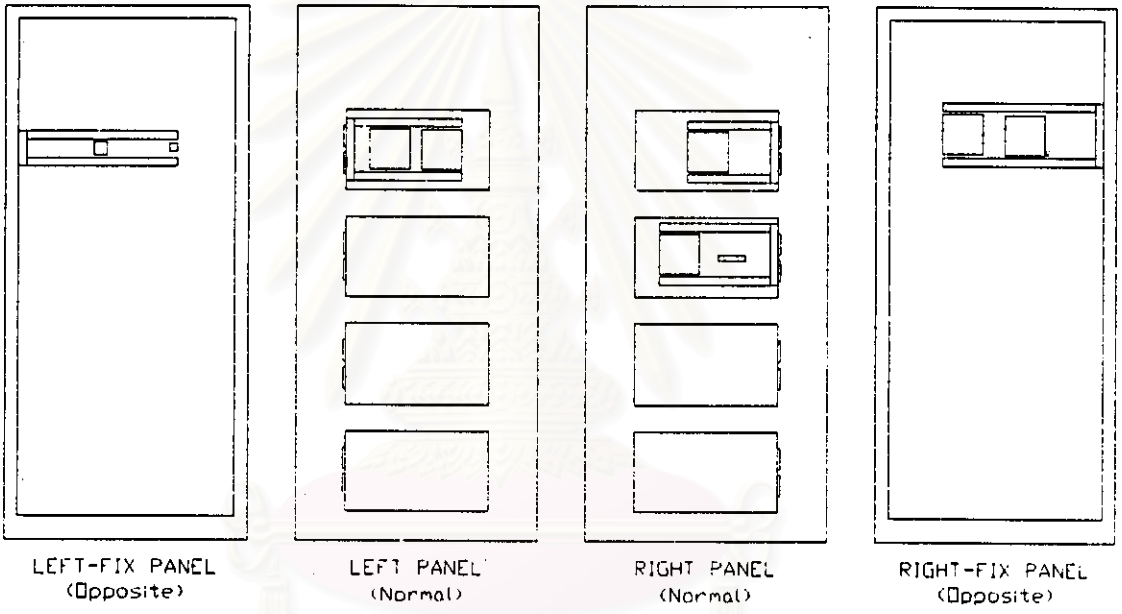
L = ความยาวของรางเดินสายไฟแนวนอน

D1 และ D2 = ระยะห่างระหว่างแถวอุปกรณ์ที่อยู่ติดกัน

จากรูปที่ 3.37 จะเห็นได้ว่ารางเดินสายไฟวางตัวเป็นรูปตัว E โดยวางรางเดินสายไฟแนวตั้งไว้ทางด้านซ้ายของแผง ซึ่งเป็นด้านเดียวกันกับบานพับ

ในกรณีตู้ที่มีแผงติดตั้งอุปกรณ์แบบยึดติดอยู่กับที่ เช่น ผนังตู้ด้านหลัง ตำแหน่งของรางเดินสายไฟแนวตั้งขึ้นอยู่กับตำแหน่งบานพับของแผงที่เปิดปิดได้ในตู้ชนิดนั้น

ตัวอย่างเช่น การออกแบบทางเดินสายไฟภายในตู้แบบบานพับหน้า ซึ่งประกอบด้วยแผงติดตั้งอุปกรณ์ 2 แผง คือแผงติดตั้งที่เป็นบานพับเปิดปิด และผนังด้านหลังของตู้ ออกแบบให้รางเดินสายไฟแนวตั้งบนผนังตู้อยู่ชิดทางด้านซ้ายซึ่งเป็นด้านเดียวกันกับตำแหน่งบานพับของแผงติดตั้งอีกอันหนึ่ง พิจารณารูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 การกำหนดตำแหน่งรางเดินสายไฟแนวตั้ง ในตู้แบบบานพับหน้า

3) การวางรางเดินสายไฟ ต้องมีรางเดินสายไฟแนวนอนอย่างน้อย 2 ชิ้นวางคร่อมกลุ่มอุปกรณ์ทั้งหมดที่ด้านบนและล่างเพื่อลากสายไฟจากเทอร์มินัลอุปกรณ์เข้ามาในรางเดินสายไฟ

4) การวางรางเดินสายไฟแนวนอนระหว่างแถวอุปกรณ์ จะทำการวางที่ตำแหน่งตรงกลางระหว่างแถวอุปกรณ์ 2 แถวที่มีระยะห่างมากพอ โดยคำนวณได้จากสูตร

$$D_i >= W + 2*C \quad , i = 1, 2$$

จากรูปที่ 3.37 จะเห็นได้ว่า ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์แถวบนสุดกับแถวกลาง (D1) กว้างพอ จึงวางรางเดินสายไฟแนวนอนได้ แต่เมื่อพิจารณาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์แถวกลางกับแถวล่างสุด (D2) พบว่าแคบเกินไป จึงไม่สามารถรางเดินสายไฟที่ตำแหน่งนี้ได้

5) ความยาวของรางเดินสายไฟแนวนอน (L) คำนวณโดยวัดระยะทางจากตำแหน่งของรางเดินสายไฟแนวตั้งไปยังปลายของอุปกรณ์ที่อยู่ห่างมากที่สุด ทำให้รางดินสายไฟครอบคลุมอุปกรณ์บนแผงทุกตัว เพื่อให้สามารถเดินสายจากตัวอุปกรณ์เข้ารางเดินสายไฟได้ง่ายและเป็นระเบียบเรียบร้อย

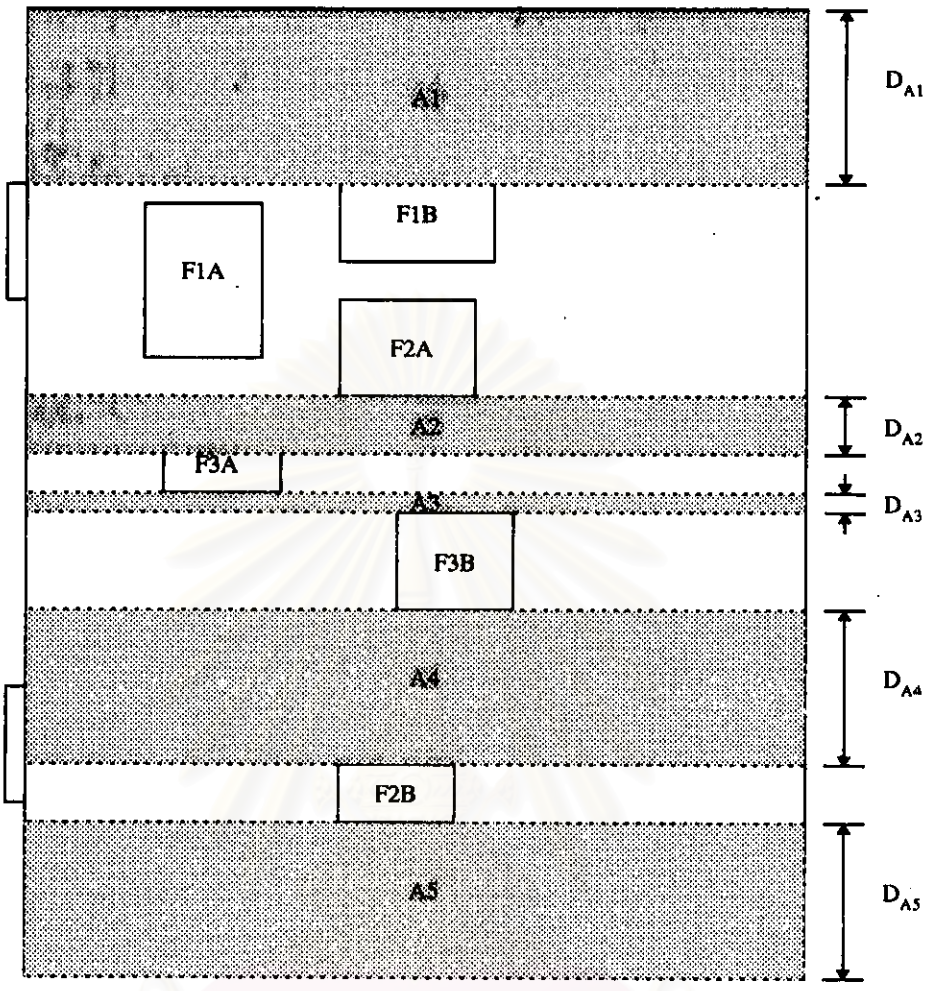
ในความเป็นจริง โปรแกรมจะไม่สามารถทราบได้ในทันทีจากข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์ว่า จัดเรียงเป็นแถวกี่แถว และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์มีค่าเท่าใด เนื่องการติดตั้งอุปกรณ์ในบางครั้ง อาจไม่ได้เรียงเป็นแถวอย่างชัดเจนเท่าใดนัก การคำนวณหาตำแหน่งรางเดินสายไฟแนวนอนจึงเริ่มจากทำการตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ และแบ่งแยกออกเป็นแถว เพื่อคำนวณระยะห่าง

รูปที่ 3.39 แสดงให้เห็นถึงการจัดวางอุปกรณ์อย่างไม่เรียงเป็นแถว โปรแกรมจะแบ่งอุปกรณ์ออกเป็นกลุ่ม โดยตรวจสอบพื้นที่บนแผงในแนวระดับว่า มีพื้นที่ใดบ้างที่ไม่มีอุปกรณ์วางทับอยู่ ก็จะบันทึกข้อมูลพื้นที่นั้นไว้ทั้งหมด จากนั้นทำการแบ่งอุปกรณ์ออกเป็นกลุ่ม โดยอุปกรณ์ที่อยู่ถูกคร่อมด้วยพื้นที่ว่างชุดเดียวกันจะถูกจัดเป็นกลุ่มเดียวกัน และโปรแกรมรับรู้ว่ากลุ่มอุปกรณ์แต่ละกลุ่มคือแถวอุปกรณ์ 1 แถวนั่นเอง

จากรูปที่ 3.39 พื้นที่ว่างมีทั้งหมด 5 ส่วน คือพื้นที่แรเงา A1-A5 โดยที่ D1-D5 คือความสูงของพื้นที่ซึ่งก็คือระยะห่างระหว่างกลุ่มหรือแถวของอุปกรณ์นั่นเอง และโปรแกรมจะพิจารณาพื้นที่ว่างเหล่านี้ในการคำนวณเพื่อวางรางเดินสายไฟแนวนอน

6) ลำดับการเดินสายไฟ โปรแกรมกำหนดลำดับการเดินสายโดยเริ่มจากการเดินสายภายในแผงก่อน เมื่อครบแล้วจึงเดินสายระหว่างแผง

การเดินสายไฟภายในแผงเริ่มจากอุปกรณ์ที่อยู่บนสุดและห่างจากรางเดินสายไฟแนวตั้งมากที่สุด ลากสายไปยังอุปกรณ์ตัวถัดไปที่อยู่ในแถวเดียวกันจนครบแล้วจึงเดินสายไฟไปยังอุปกรณ์ในแถวถัดไป

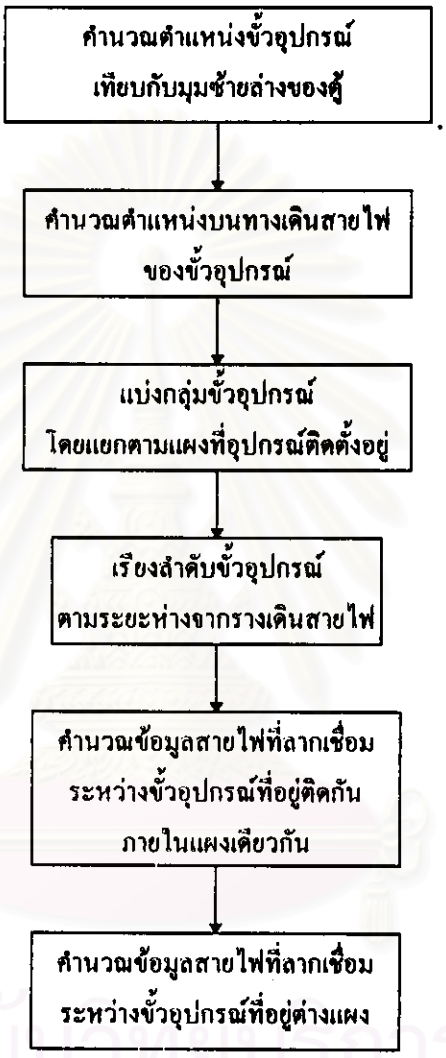


รูปที่ 3.39 แสดงพื้นที่ว่าง A1-A5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การคำนวณความยาวสายไฟ

รูปที่ 3.40 แสดงผังงานของการคำนวณข้อมูลการเดินสายไฟในการเดินสายไฟจริงภายในตู้



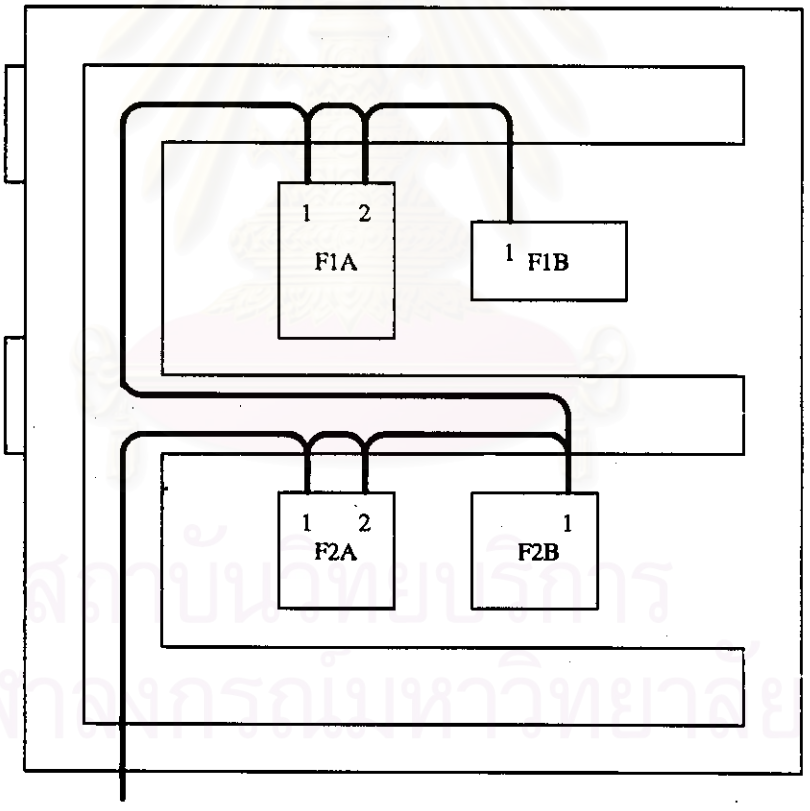
รูปที่ 3.40 ผังงานของการคำนวณข้อมูลการเดินสาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณข้อมูลการเดินสายไฟในงานออกแบบทางเดินสายไฟ อาศัยข้อมูลการลากสายเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ได้มาจากการวงจรไฟฟ้า โดยข้อมูลนี้จะบอกให้ทราบว่าต้องเดินสายไฟระหว่างขั้วใดของอุปกรณ์ใดบ้าง

ข้อมูลการเชื่อมต่อขั้วอุปกรณ์ที่ได้จากวงจรไฟฟ้า ถูกจัดแบ่งกลุ่มตามสายเชื่อมต่อแต่ละสายเท่านั้น ซึ่งขั้วที่ถูกเชื่อมด้วยสายเชื่อมต่อเดียวกัน อาจเป็นขั้วของอุปกรณ์ที่อยู่บนแผงเดียวกัน หรืออยู่ต่างแผงกันก็ได้ ซึ่งในกรณีที่อยู่ต่างแผงนั้น โปรแกรมจะจัดแบ่งกลุ่มขั้วในสายเชื่อมต่อเดียวกันออกเป็นกลุ่มย่อย โดยแบ่งตามชื่อแผงที่อุปกรณ์ติดตั้งอยู่ เพื่อจะได้สามารถเดินสายไฟระหว่างขั้วอุปกรณ์ภายในแผงเดียวกันให้ครบเสียก่อน แล้วจึงเดินสายไฟระหว่างแผง

ก่อนที่จะทำการเดินสายไฟระหว่างขั้วอุปกรณ์ในแผงเดียวกัน โปรแกรมจะเรียงลำดับขั้ว โดยเรียงจากขั้วที่อยู่แถวบนสุดและห่างจากรางเดินสายไฟแนวตั้งมากที่สุด ตามด้วยขั้วที่อยู่ถัดมาในแถวเดียวกัน และที่อยู่ต่างแถวจนครบทุกขั้ว



รูปที่ 3.41 การออกแบบรางเดินสายไฟ บนแผงติดตั้ง

การเดินสายไฟระหว่างแผง กำหนดลำดับการเดินสายไฟดังนี้

- ตู้แบบปิดทึบ
  1) Panel1
  2) Panel2
  3) Panel3
  4) Panel4
  5) Rearpanel

- ตู้แบบแผงคู่
  1) Door
  2) Panel1
  3) Panel2
  4) Panel3
  5) Panel4
  6) Rearpanel

- ตู้แบบบานพับหน้า
  1) Panel
  2) Rearpanel

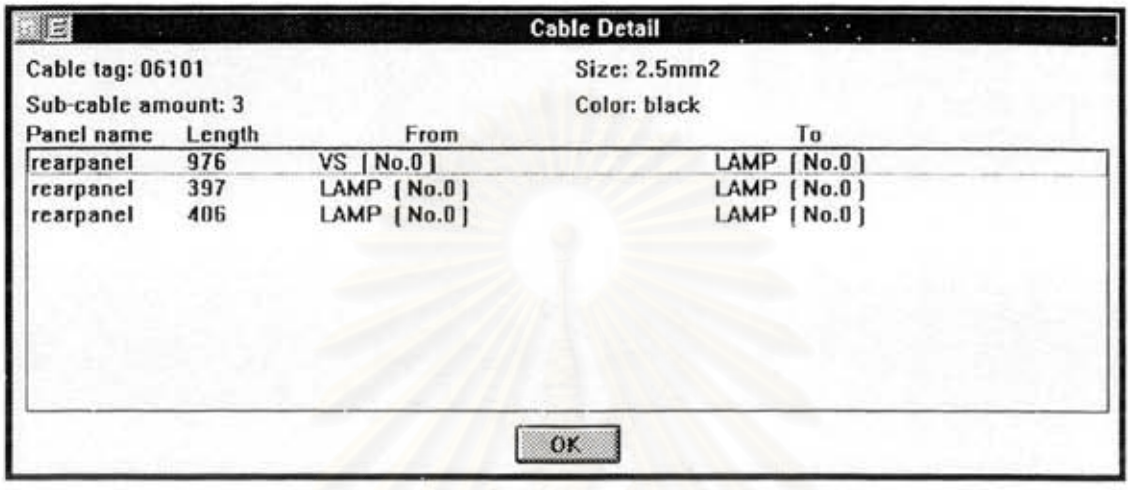
- ตู้แบบดูเพล็กซ์
  1) Left Fixpanel
  2) Left Panel1
  3) Left Panel2
  4) Left Panel3
  5) Left Panel4
  6) Right Panel1
  7) Right Panel2
  8) Right Panel3
  9) Right Panel4
  10) Right Fixpanel

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การแสดงข้อมูลการเดินสายไฟ

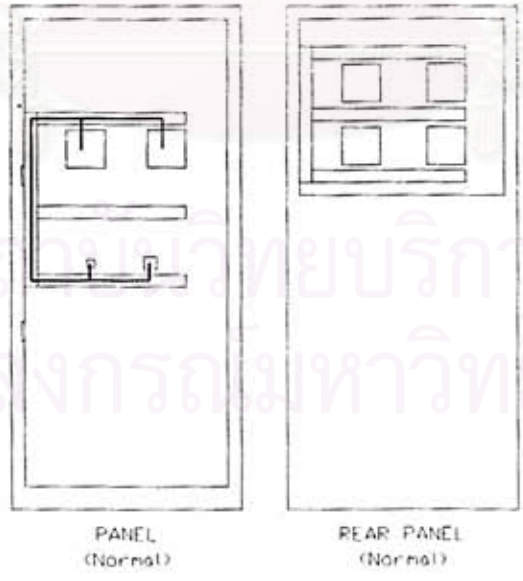
การแสดงข้อมูลที่ได้จากการออกแบบทางเดินสายไฟมี 3 รูปแบบ ดังนี้

1) ข้อมูลสายไฟย่อย เมื่อต้องการทราบรายละเอียดของสายไฟว่าประกอบด้วยสายไฟย่อยจำนวนกี่เส้น ต่อจากจุดไหนไปจุดไหนบ้าง สามารถเรียกดูผ่านฟังก์ชันนี้ ดังในรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.42 ข้อมูลสายไฟย่อย

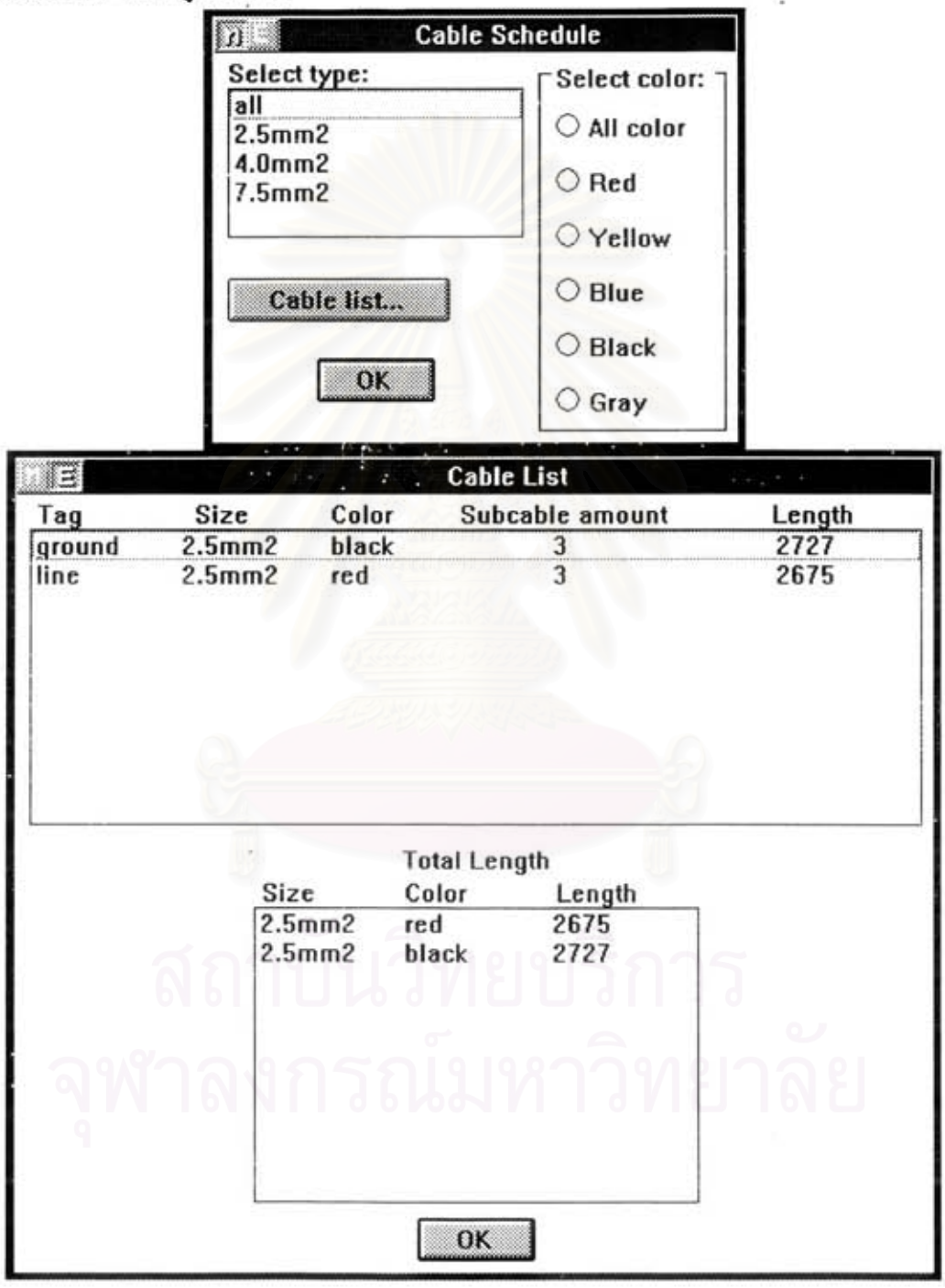
2) เส้นรางเดินสายไฟย่อย แสดงการเดินสายไฟย่อยของสายไฟ 1 เส้น โดยผู้ใช้เลือกสายไฟที่ต้องการดูเช่นเดียวกับการดูข้อมูลสายไฟย่อย



รูปที่ 3.43 แสดงภาพเส้นทางเดินสายไฟ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) ตารางสายไฟ คำนวณความยาวรวมของสายไฟที่ใช้ กำหนดชนิดและสีของสายไฟที่ต้องการทราบความยาวรวม หรือให้แสดงข้อมูลทั้งหมดก็ได้ โดยโปรแกรมจะทำการแบ่งกลุ่มสายไฟโดยแยกตามชนิดและสี จากนั้นจะแสดงข้อมูลของสายไฟที่เป็นชนิดและสีตามที่ระบุไว้ในกรอบข้อความ ดังในรูปที่ 3.44



รูปที่ 3.44 ตารางสายไฟ

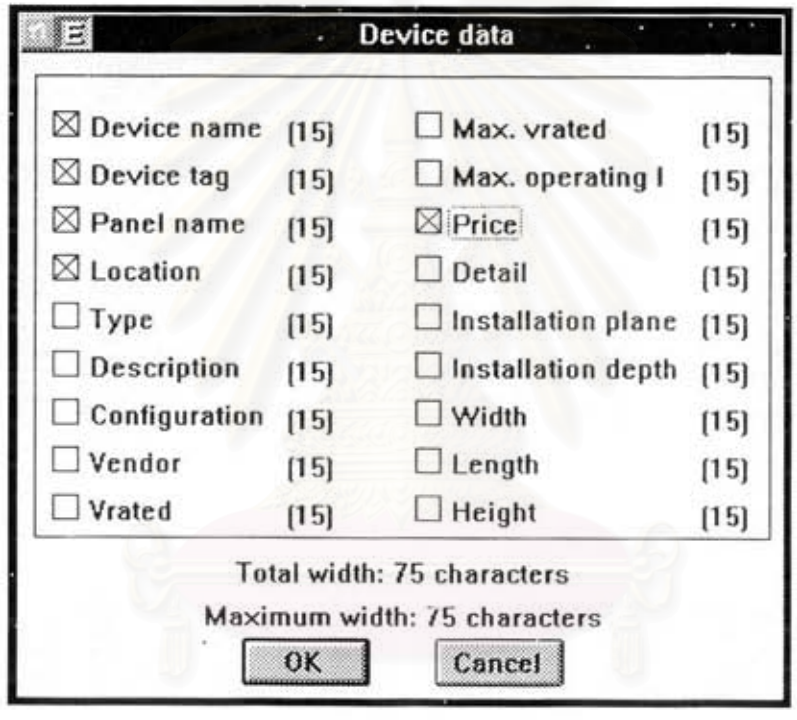
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนจัดการรายงานผลการออกแบบ

ผลการออกแบบสามารถเรียกดูได้จากฟังก์ชันที่ได้สร้างไว้ในโปรแกรมดังที่ได้อธิบายไว้ในส่วนจัดการงานออกแบบ แต่หากต้องการให้แสดงผลออกมาในรูปแบบของรายงาน ก็สามารถทำได้ โดยโปรแกรมสามารถสร้างรายงานผลการออกแบบได้ 4 แบบ ดังนี้

1. รายการอุปกรณ์ (Device List)

รายการอุปกรณ์แสดงข้อมูลอุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในตู้ โดยสามารถกำหนดประเภทของข้อมูลที่ต้องการให้ปรากฏในรายงานผ่านทางกรอบข้อความชื่อ Device Data ดังในรูปที่ 3.45



รูปที่ 3.45 การกำหนดรายละเอียดภายในรายงาน

ข้อมูลที่แสดงภายในรายงานถูกจำกัดด้วยความกว้างของจอภาพ โดยกำหนดความยาวรวมทั้งหมดในหนึ่งบรรทัดไม่เกิน 75 ตัวอักษร

DEVICE LIST

	Device name	Device tag	Panel name	Type	Price (Bht)
1	AMETER	ameter	rearpanel	Meter	500
2	VMETER	vmeter	rearpanel	Meter	500
3	AS	as	rearpanel	Selector	200
4	VS	vs	rearpanel	Selector	200
5	FUSE	f0	panel4	Fuse	20
6	FUSE	f1	panel4	Fuse	20
7	FUSE	f2	panel4	Fuse	20
8	LAMP	l0	rearpanel	Lamp	100
9	LAMP	l1	rearpanel	Lamp	100

รูปที่ 3.46 ตัวอย่างรายการอุปกรณ์

2. รายการเชื่อมต่อขั้วอุปกรณ์ (Wiring Report)

ประกอบด้วยข้อมูลรายละเอียดการเชื่อมต่อขั้วอุปกรณ์ภายในตู้ ดังในรูปที่ 3.47

WIRING REPORT

Device Amount: 10

	Device tag	Terminal data		To cable	Destination	
		Amount	Tag		Device tag	Terminal tag
1	vs	6	No.0	06101	l0	No.0
					l1	No.0
					l2	No.0
			No.1	16102	f0	No.1
					l0	No.1
			No.2	26102	f1	No.1
					l1	No.1
			No.3	36102	f2	No.1

รูปที่ 3.47 รายงานการเชื่อมต่อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงสร้างของรายการเชื่อมต่อขั้วอุปกรณ์ประกอบด้วย

2.1 ป้ายชื่ออุปกรณ์

2.2 ข้อมูลขั้วอุปกรณ์

1) จำนวนขั้วทั้งหมดของอุปกรณ์

2) รายละเอียดการเชื่อมต่อขั้วอุปกรณ์

- ป้ายชื่อ
- ป้ายชื่อสายเชื่อมต่อ
- รายการขั้วอุปกรณ์อื่นที่เชื่อมต่อถึงกัน

3. ตารางสายไฟ (Cable Schedule)

CABLE SCHEDULE REPORT

Cable Amount: 8

Size: 2.5mm2 Color: red

1 Cable Tag: 16102

1) Length: 1408 Panel name: rearpanel

From: vs (No.1) To: l0 (No.1)

2) Length: 2258

From: f0 (No.1) Panel name: panel4

To: l0 (No.1) Panel name: rearpanel

รูปที่ 3.48 ตารางสายไฟ

ตารางสายไฟประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

3.1 ชนิดของสายไฟที่ใช้ทั้งหมด

3.2 ความยาวรวมของสายไฟแต่ละชนิด

3.3 ข้อมูลสายเชื่อมต่อ

1) จำนวนสายไฟย่อยในสายเชื่อมต่อแต่ละสาย

2) ความยาวของสายไฟย่อย

3) ตำแหน่งต้นทางและปลายทางของสายไฟย่อย

4. รายการราคา (Price List)

PRICE-LIST REPORT

No.	Item	Price/unit	Quantity	Total price	Remark
1	CUBICLE	30000	1	30000	Enclosed-type
2	AMETER	500	1	500	-
3	AS	200	1	200	-
4	FUSE	20	3	60	-
5	LAMP	100	3	300	-
6	VMETER	500	1	500	-
7	VS	200	1	200	-
8	TERMINAL BLOCK	-	-	2000	-
9	WIREDUCT	-	-	1000	-
10	CABLE	-	-	164	-
11	ACCESSORY	-	-	3000	-

Total price = 37924

รูปที่ 3.49 รายการราคา

การกำหนดราคาตู้ควบคุมไฟฟ้าเฉพาะในส่วนของราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ คำนวณได้จากผลรวมของราคาของชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ ได้แก่

1) ตัวตู้ควบคุมไฟฟ้า (Cubicle)
2) อุปกรณ์ทั้งหมดที่ติดตั้งภายในตู้ (Devices)
3) แผงขั้วต่อสาย (Terminal Block)
4) รางเดินสายไฟ (Wire Duct)
5) สายไฟ (Cable)
6) ชิ้นส่วนเบ็ดเตล็ด (Accessory)