# รายการอ้างอิง


1. L. Goel and R. Billinton. Determination Of Reliability Worth For Distribution System Planning. IEEE Transaction on Power Delivery 9 ( July 1994 ) : 1557-1583.
2. L. Goel and R. Billinton. Evaluation of interrupted Energy Assessment Rates in Distribution Systems. IEEE Transaction on Power Delivery 6 ( October 1991 ) : 1876-1882.
3. L. Goel, R. Billinton and R. Gupta. Basic Data and Evaluation of Distribution System Reliability Worth. Power Systems Research Group Department of Electrical Engineering University of Saskatchewan, 1991.
4. R. Allan and R. Billinton. Power System Reliability and Its Assessment Part 3 Distribution System. Power Engineering Journal ( August 1993 ) : 185-192.
5. R. Allan and R. Billinton. Reliability Evaluation of Power Systems. Pitman Advanced Publishing Program, 1983.
6. R. Allan and R. Billinton. Reliability Evaluation of Engineering Systems :Concepts and Techniques. Pitman Advanced Publishing Program, 1983.
7. G. Tollefson, R. Billinton, G. Wacker, E. Chan, and J. Aweya. A Canadian Customer Survey to Assess Power System Reliability Worth. IEEE Transaction on Power System 9 ( February 1994 ) : 443-450.
8. R.N. Allan, I. Sjarief, K.S. So, L. Goel, and R. Billinton. A Reliability Test System for Educational Purposes-Basic Distribution System Data and Results. IEEE Transaction on Power Systems 6 ( May 1991 ) : 813-820.
9. L. Goel, S. Kumar, and R. Billinton. A Reliability Test System for Educational Purposes-Basic Data. IEEE Transaction on Power Apparatus and System 4 ( August 1989 ) : 1238-1244.
10. L. Goel and R. Billinton. A Procedure for Evaluating Interrupted Energy Assessment Rates in an Overall Electric Power System. IEEE Transaction on Power Systems 6 ( November 1991 ) : 1396-1403.
11. K.K. Kariuki and R.N. Allan. Reliability Worth in Distribution Plant Replacement Programmes. IEE The Reliability of Transmission and Distribution Equipment 406 ( March 1995 ) : 162-167.

12. David J. Rumolo and George F. Fraser. Planning for Reliability. Resource Management International Inc., 1993

13. L. Goel and R. Billinton. Utilization of Interrupted Energy Assesment Rates to Evaluate Reliability Worth in Electric Power Systems. IEEE Transaction on Power Systems 8 ( August 1993 ) : 929-936.

14. Mark Allen Weiss. Data Structures and Algorithm Analysis in C++, 1993.

15. Giovanni Castelli. Estimating Reliability of Power Supply System. IEEE Computer Applications in Power ( July 1993 ) : 16-21.

16. Ernest J. Henley and Hiromitsu Kumamoto. Reliability Engineering and Risk Assessment. Prentice-Hall, 1981.

17. โสตถิพงศ์ พิชัยสวัสดิ์. การประเมินความเชื่อถือได้ของสถานีไฟฟ้าโดยการใช้วิธีจำลองเหตุการณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539

18. สถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. การศึกษาผลกระทบทางเศรษฐกิจเนื่องจากไฟฟ้าดับ, 2539.

19. สำนักบริการวิชาการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. การศึกษาความเหมาะสมโครงการเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2538.

20. จรวย บุญยุบล, การวางแผนและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.

# ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

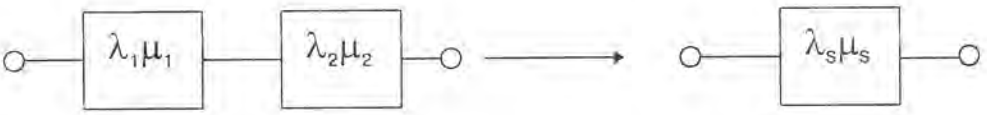
## เทคนิคพื้นฐานในการคำนวณความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

### ก.1 วิธีการประมาณ (Approximate method )

เป็นวิธีที่ใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อการคำนวณค่าดัชนีพื้นฐาน เนื่องจากอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีการต่อทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน ฉะนั้นการคำนวณค่าดัชนีพื้นฐาน [4,5,6]สามารถคำนวณแยกตามแบบการต่อซึ่งมีสมการดังต่อไปนี้

1. ระบบแบบอนุกรม ( Series systems )

พิจารณาอุปกรณ์ 2 ตัวที่ต่อแบบอนุกรมกันอยู่ตามรูปที่ ก.1




รูปที่ ก.1 แสดงลักษณะอุปกรณ์ 2 ตัวต่อแบบอนุกรม

ความน่าจะเป็นที่ระบบสามารถทำงานได้คือ

$$P_{up} = \frac{\mu_1 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} \qquad (ก.1)$$

เมื่อพิจารณาระบบที่มีอุปกรณ์เพียงตัวเดียวตามรูปที่ ก.1 ความน่าจะเป็นที่ระบบสามารถทำงานได้คือ

$$P_{up} = \frac{\mu_s}{\lambda_s + \mu_s} \qquad (ก.2)$$

จากอุปกรณ์ตัวเดียวที่เปรียบเสมือนมีอุปกรณ์ 2 ตัวต่ออยู่ ในสมการที่ ก.1 และ ก.2 จะได้

$$\frac{\mu_1 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} = \frac{\mu_s}{\lambda_s + \mu_s} \qquad (ก.3)$$

อัตราการล้มเหลวของระบบอนุกรม $\lambda_S$ คือ

$$\lambda_S = \lambda_1 + \lambda_2 \qquad (ก.4)$$

แทนสมการที่ ก.4 ในสมการที่ ก.3 และแทนอัตราการซ่อมแซม($\mu_i$) ด้วยส่วนกลับระยะเวลาซ่อมเฉลี่ย ($r_i$) ดังนั้น

$$r_S = \frac{1}{\mu_S} = \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 + \lambda_1 \lambda_2 r_1 r_2}{\lambda_S} \qquad (ก.5)$$

เนื่องจาก $\lambda_1 \lambda_2 r_1 r_2$ มีค่าน้อยฉะนั้นสามารถลดรูปได้ตามสมการ

$$r_S = \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2}{\lambda_S} \qquad (ก.6)$$

เมื่อ $U_S = \lambda_S r_S$ และจากสมการที่ ก.4 และ ก.6 สามารถสรุปการคำนวณได้ดังนี้

$$\lambda_S = \sum_i \lambda_i \qquad (ก.7)$$

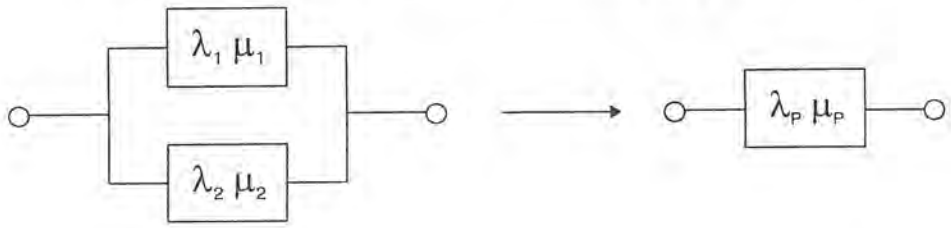
$$U_S = \sum_i \lambda_i r_i \qquad (ก.8)$$

$$r_S = \frac{U_S}{\lambda_S} = \frac{\sum_i \lambda_i r_i}{\sum_i \lambda_i} \qquad (ก.9)$$

เมื่อ i คือ จำนวนอุปกรณ์ที่ต่ออนุกรม

2. ระบบแบบขนาน ( Parallel systems )

พิจารณาอุปกรณ์ 2 ตัวที่ต่อแบบขนานกันอยู่ตามรูปที่ ก.2




รูปที่ ก.2 แสดงระบบขนานที่มีอุปกรณ์ 2 ตัวต่ออยู่

ความน่าจะเป็นที่ระบบไม่สามารถทำงานได้คือ

$$P_{down} = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} \qquad (ก.10)$$

ความน่าจะเป็นของระบบที่มีอุปกรณ์เพียงตัวเดียวที่ไม่สามารถทำงานได้คือ

$$P_{down} = \frac{\lambda_p}{\lambda_p + \mu_p} \qquad (ก.11)$$

จากสมการที่ ก.10 และ ก.11 ได้

$$\frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} = \frac{\lambda_p}{\lambda_p + \mu_p} \qquad (ก.12)$$

อัตราการซ่อมแซมของระบบขนาน ( $\mu_P$ ) คือ

$$\mu_P = \mu_1 + \mu_2 \qquad (ก.13.1)$$

$$\text{หรือ } \frac{1}{r_p} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \qquad (ก.13.2)$$

$$r_p = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \qquad (ก.13.3)$$

จากสมการที่ ก.12 และ ก.13 สามารถสรุปการคำนวณระบบขนานดังนี้

$$\lambda_{pp} = \frac{\lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2)}{1 + \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2} \qquad (ก.14.1)$$

$$\approx \lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2) \text{ เมื่อ } \lambda_i r_i << 1 \qquad (ก.14.2)$$

$$r_{pp} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \qquad (ก.15)$$

$$U_{pp} = f_{pp} r_{pp} \qquad (ก.16.1)$$

$$\approx \lambda_{pp} r_{pp} = \lambda_1 \lambda_2 r_1 r_2 \qquad (ก.16.2)$$

กรณีที่มีอุปกรณ์ 3 ตัวต่อขนานกันอยู่สามารถคำนวณจากสมการ

$$\lambda_{pp} = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 (r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1) \qquad (ก.17)$$

$$r_{pp} = \frac{r_1 r_2 r_3}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1} \qquad (ก.18)$$

$$U_{pp} = \lambda_{pp} r_{pp} = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 r_1 r_2 r_3 \qquad (ก.19)$$

ในการคำนวณระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ไม่ซับซ้อนสามารถใช้วิธียุบแบบการต่ออนุกรมและขนานได้ แต่ในกรณีที่ระบบมีความซับซ้อนไม่สามารถใช้วิธีการดังที่นำเสนอข้างต้นได้นั้น หลักการของมินิมัลคัตเซต [5, 6] จะถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาแทน ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีความสะดวกต่อการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์อีกทั้งมีความรวดเร็วแม่นยำในการคำนวณ และยังมีความสัมพันธ์กับสภาวะที่ระบบเกิดการขัดข้อง ( Failure mode )

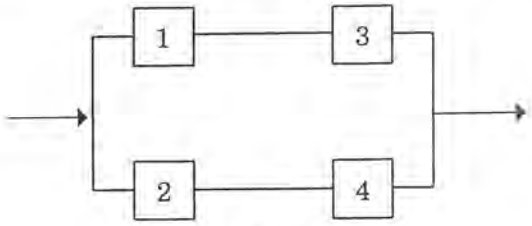
## ก.2 สภาวะที่ระบบเกิดการขัดข้อง ( Failure mode )

สภาวะที่ระบบเกิดขัดข้องคือสภาวะที่ระบบไม่สามารถทำงานได้หรือจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ได้โดยเกิดจากการล้มเหลวของอุปกรณ์ในแต่ละคัตเซตหรือแต่ละเหตุการณ์ สภาวะที่ระบบเกิดขัดข้องเป็นสภาวะทีมีความสัมพันธ์โดยตรงกับหลักการมินิมัลคัตเซต ซึ่งหลักการมินิมัลคัตเซตได้กล่าวไว้ในบทที่ 4

ในแต่ละคัตเซตที่มีอุปกรณ์ต่อขนานกันอยู่ 2 ตัวเกิดล้มเหลวทำให้ระบบเกิดขัดข้อง สามารถคำนวณค่าดัชนีพื้นฐานได้ตามสมการที่ ก.14, ก.15 และ ก.16 กรณีที่อุปกรณ์ต่อขนานกัน 3 ตัวก็ให้คำนวณโดยใช้สมการที่ ก.17, ก.18 และ ก.19 เนื่องจากแต่ละคัตเซตทำให้ระบบ

เกิดขัดข้องและทุกคัตเซตต่ออนุกรมกันอยู่ สามารถคำนวณค่าดัชนีพื้นฐานโดยใช้สมการที่ ก.7, ก.8 และ ก.9

ตัวอย่างระบบในรูปที่ ก.3 เมื่อกำหนดให้อัตราการล้มเหลวและระยะเวลาที่เกิดเหตุขัดข้องเฉลี่ยของอุปกรณ์แต่ละตัวตามตารางที่ ก.1 สามารถแสดงการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้โดยอาศัยหลักการสภาวะที่ระบบเกิดขัดข้องได้ตามตารางที่ ก.2 โดยใช้สมการที่ ก.7 ถึง ก.19




รูปที่ ก.3 ระบบตัวอย่าง

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาการเกิดขัดข้องเฉลี่ยของอุปกรณ์

| อุปกรณ์ | $\lambda$(ครั้ง/ปี) | r(ชั่วโมง) |
|---|---|---|
| 1 | 0.5 | 10 |
| 2 | 0.5 | 10 |
| 3 | 0.01 | 100 |
| 4 | 0.01 | 100 |

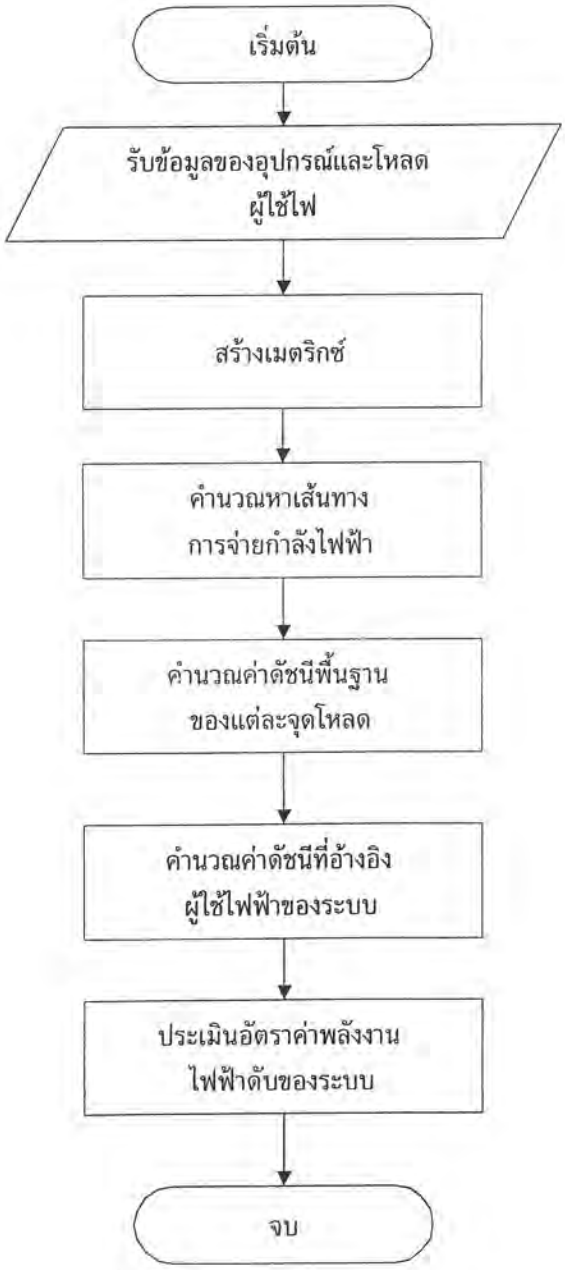
ตารางที่ ก.2 ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบตัวอย่าง

| เหตุการณ์ที่อุปกรณ์ขัดข้อง | $\lambda_{pp}$(ครั้ง/ปี) | $r_{pp}$(ชั่วโมง) | $U_{pp}$(ชั่วโมง/ปี) |
|---|---|---|---|
| 1 และ 2 | $5.708\times10^{-4}$ | 5 | $2.854\times10^{-3}$ |
| 1 และ 4 | $6.279\times10^{-5}$ | 9.09 | $5.708\times10^{-4}$ |
| 2 และ 3 | $6.279\times10^{-5}$ | 9.09 | $5.708\times10^{-4}$ |
| 3 และ 4 | $2.283\times10^{-6}$ | 50 | $1.142\times10^{-4}$ |
| รวม | $6.986\times10^{-4}$ | 5.88 | $4.110\times10^{-3}$ |

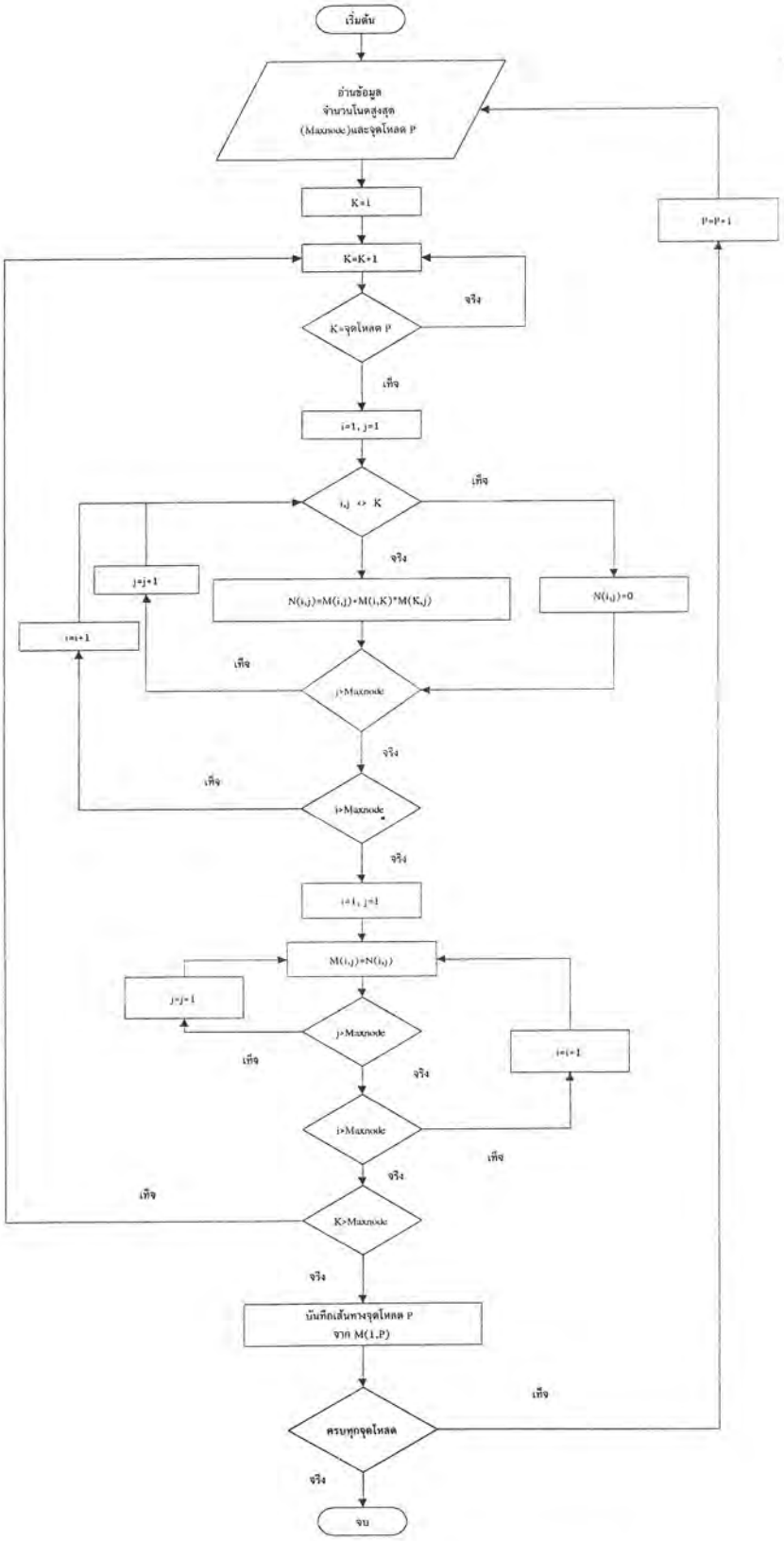
ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้หลักการดังกล่าวในการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้เนื่องจากมีความสะดวกในการประยุกต์ใช้กับคอมพิวเตอร์

# ภาคผนวก ข

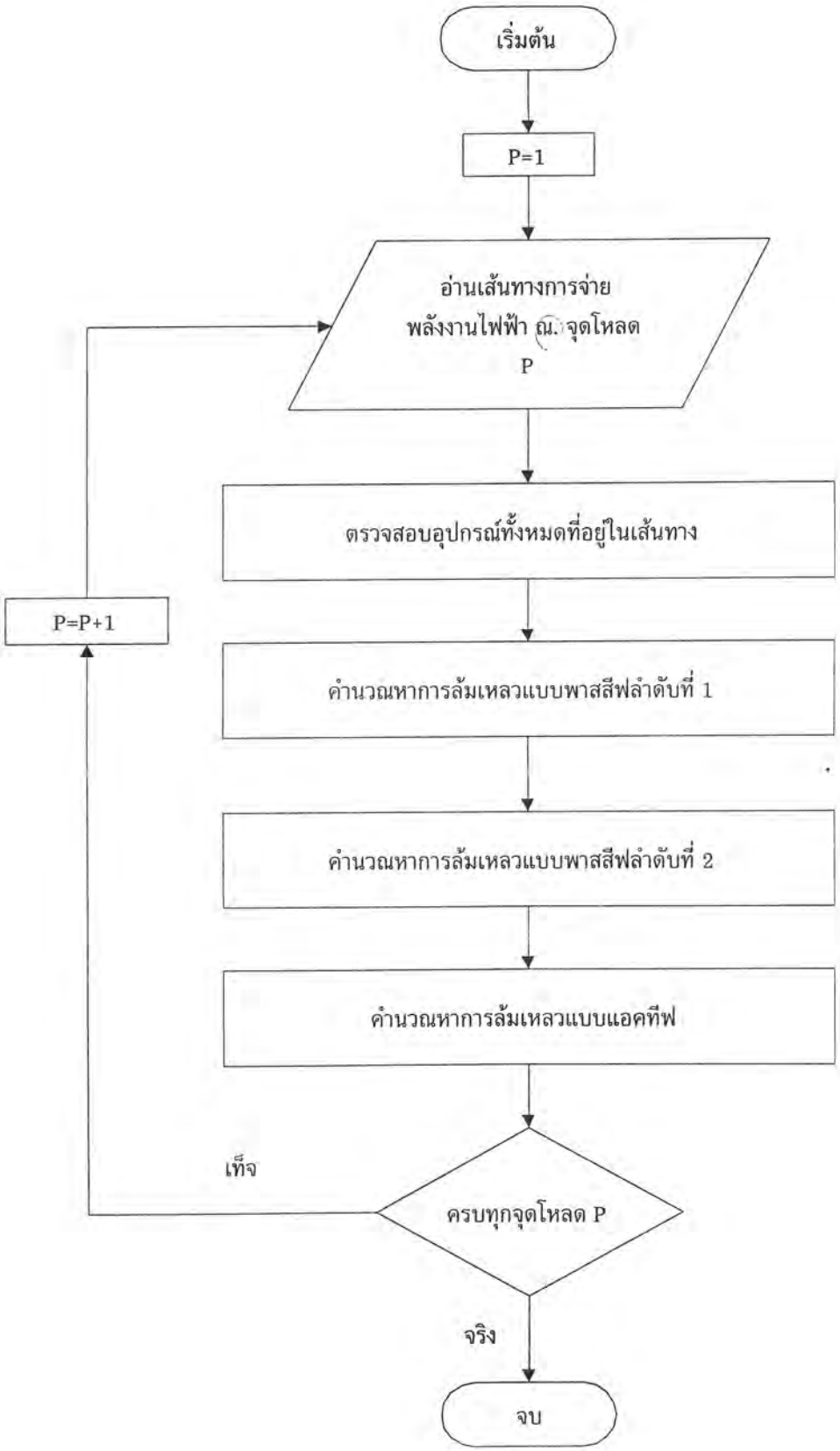
## แผนผังแสดงการประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของระบบจำหน่ายไฟฟ้า



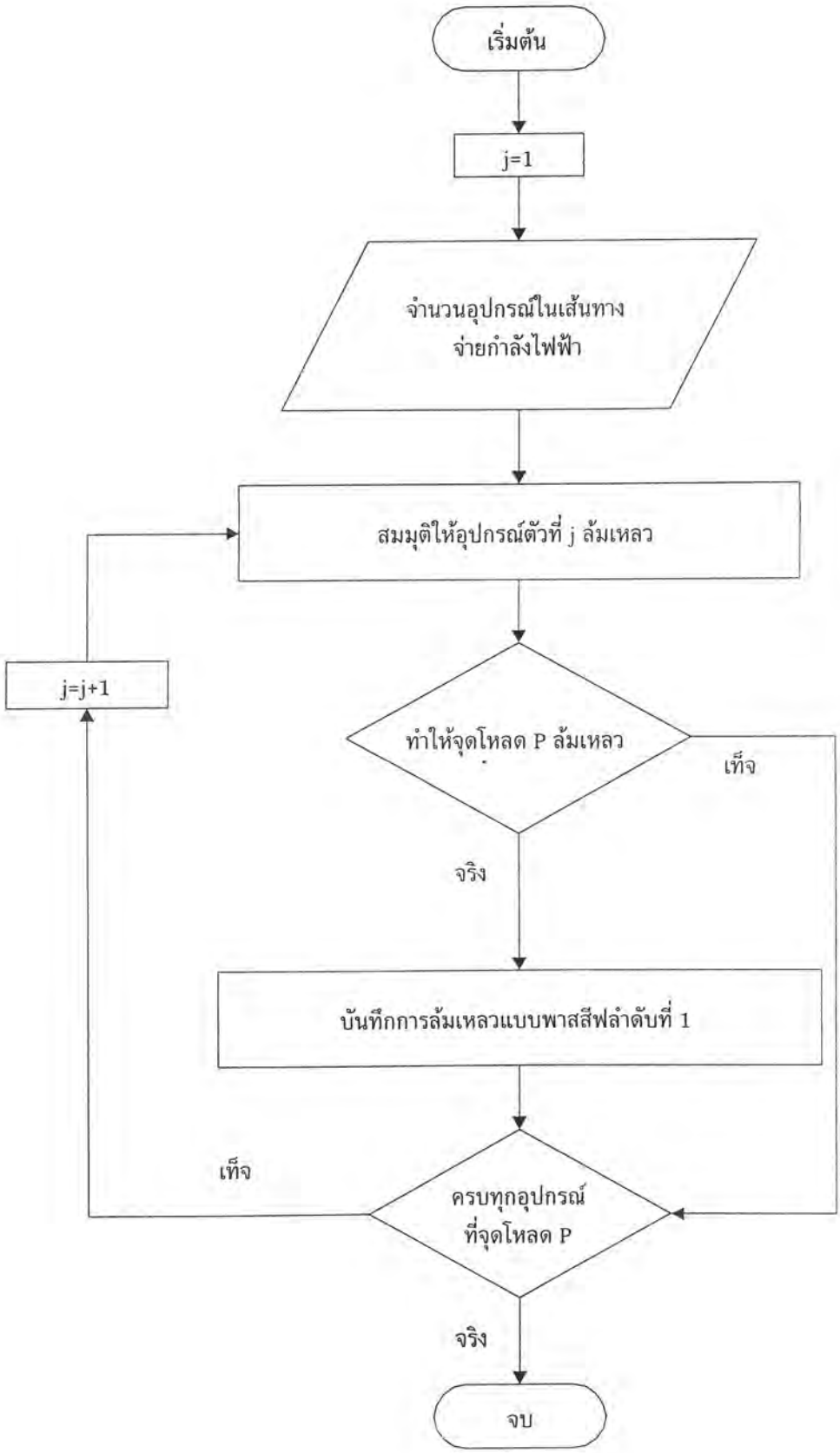

รูปที่ ข.1 แผนผังแสดงการคำนวณของโปรแกรม



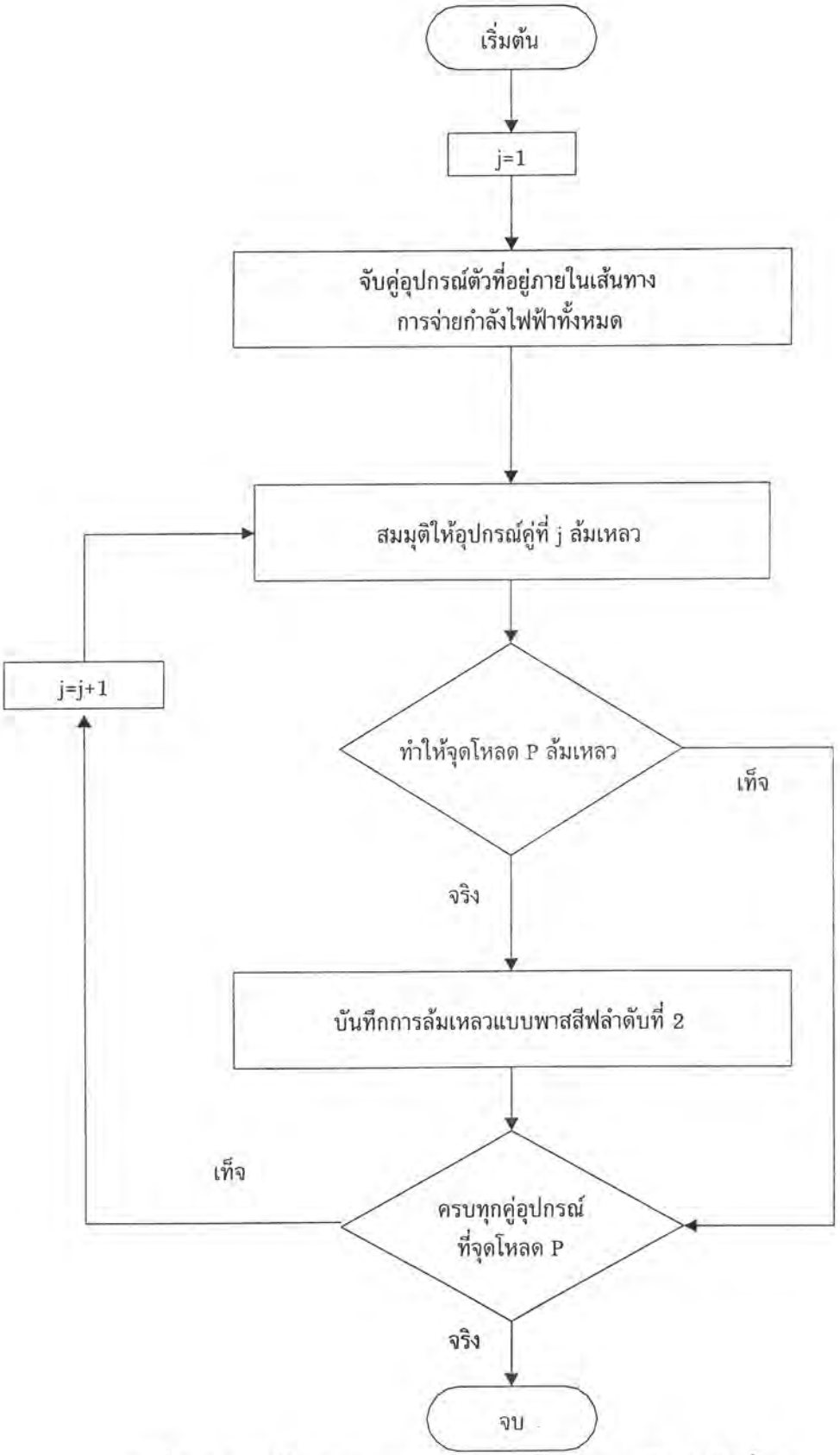

รูปที่ ข.2 แผนผังแสดงการหาเส้นทางโดยวิธีเคลื่อนย้ายโนด



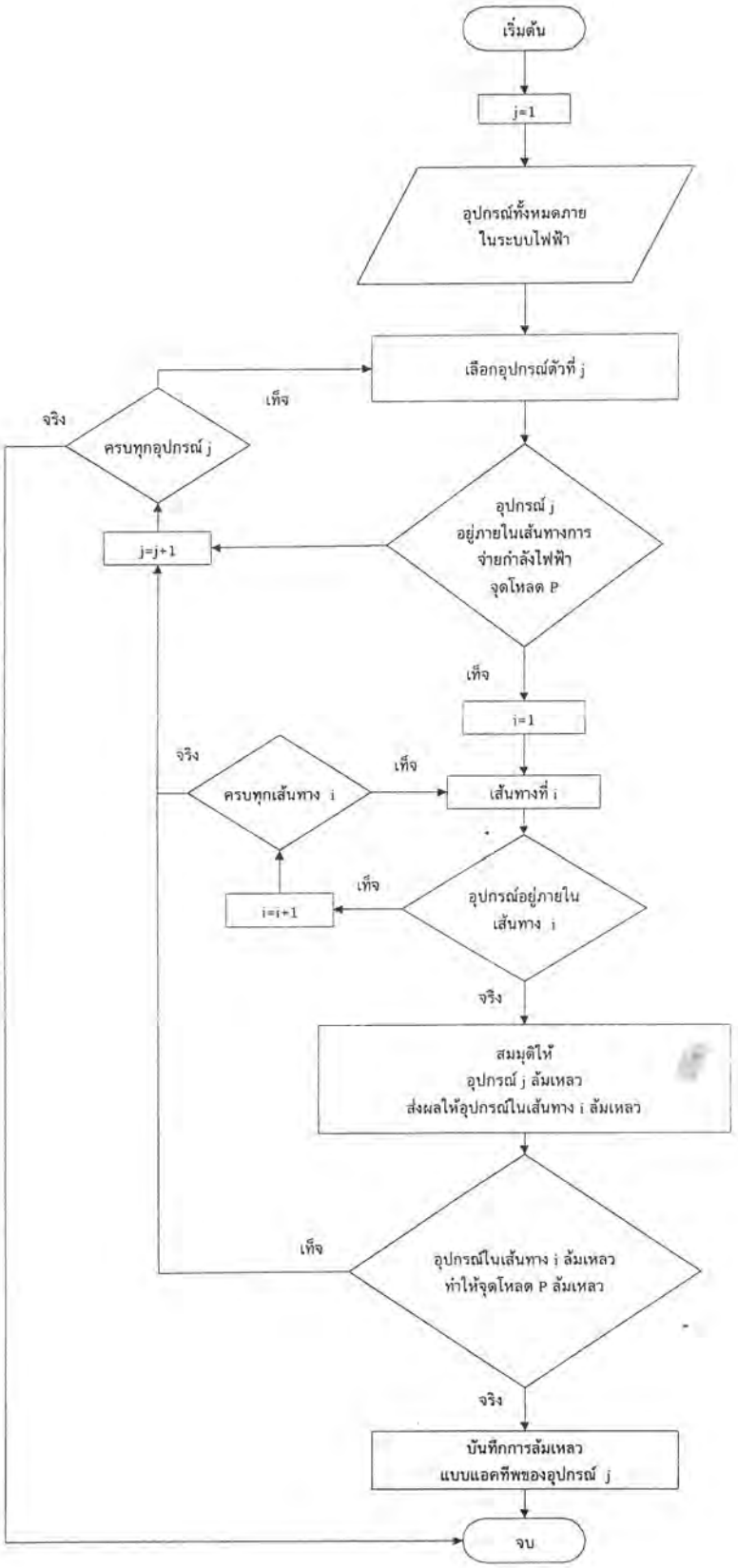

รูปที่ ข.3 แผนผังแสดงการคำนวณดัชนีพื้นฐาน



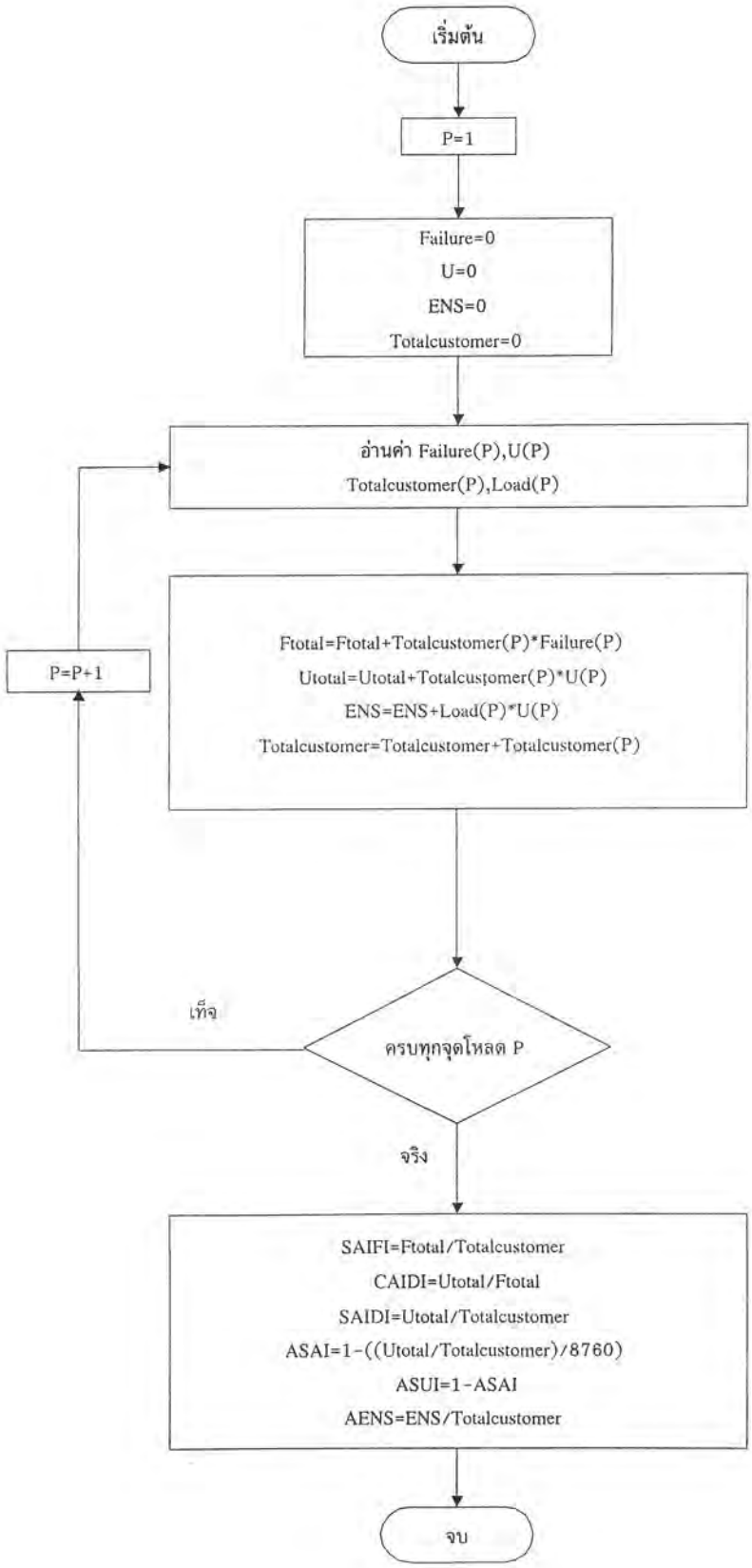

รูปที่ ข.4 แผนผังแสดงการหาการล้มเหลวแบบพาสสีฟลำดับที่ 1



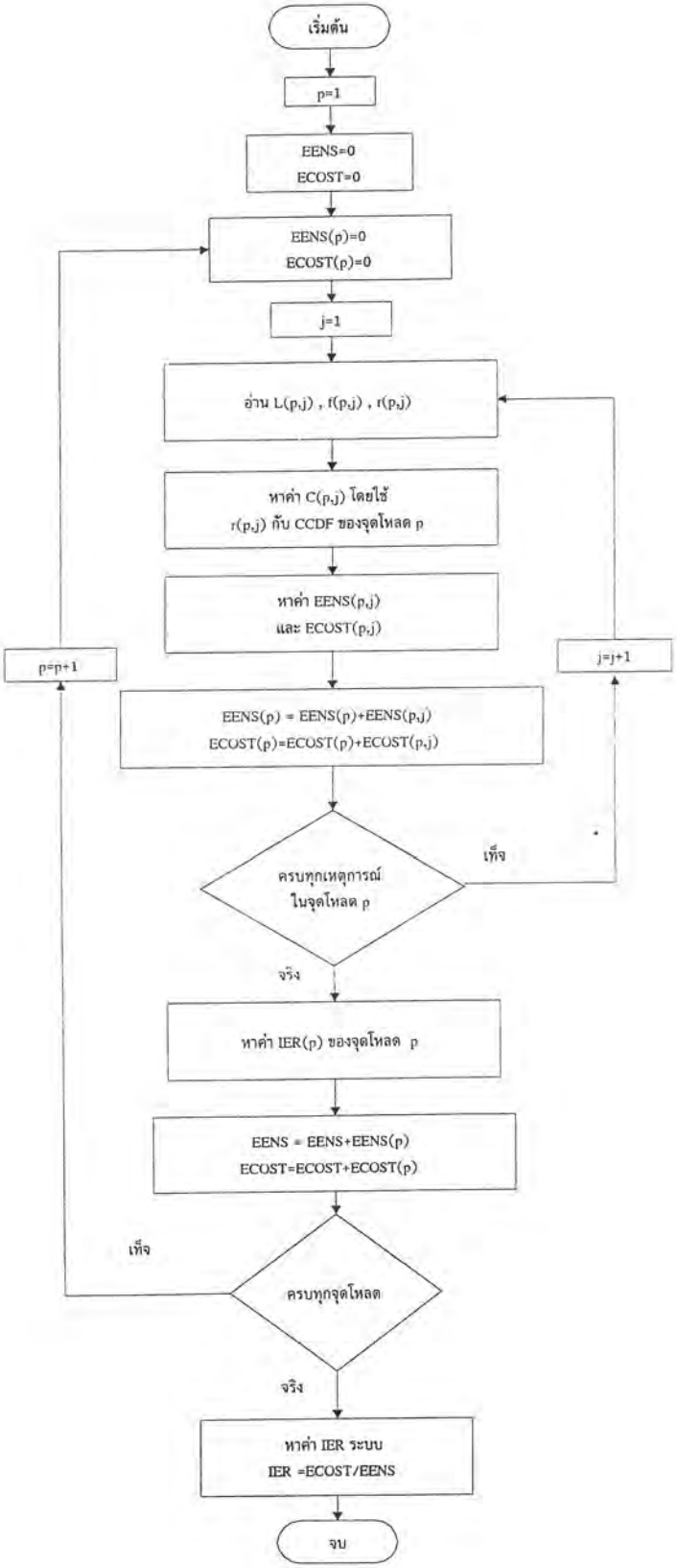

รูปที่ ข.5 แผนผังแสดงการหาการล้มเหลวแบบพาสสีฟลำดับที่ 2



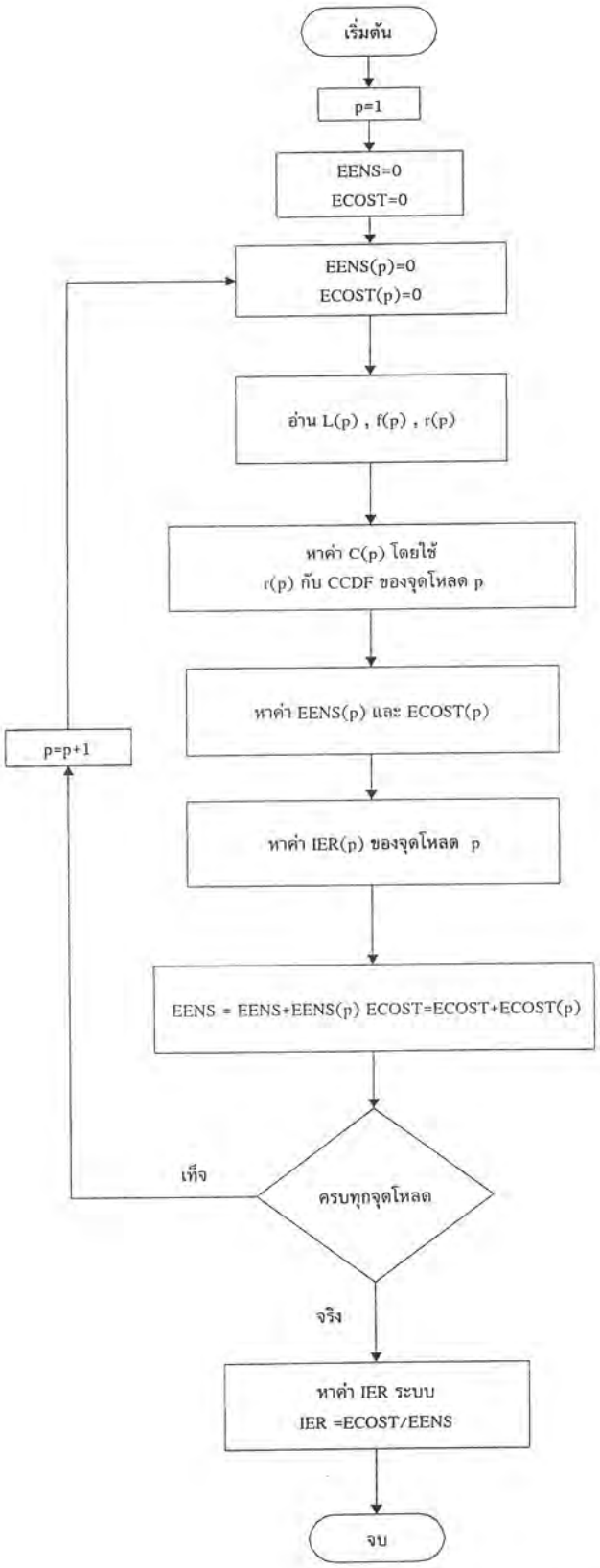

รูปที่ ข.6 แผนผังแสดงการหาการล้มเหลวแบบแอคทีฟ



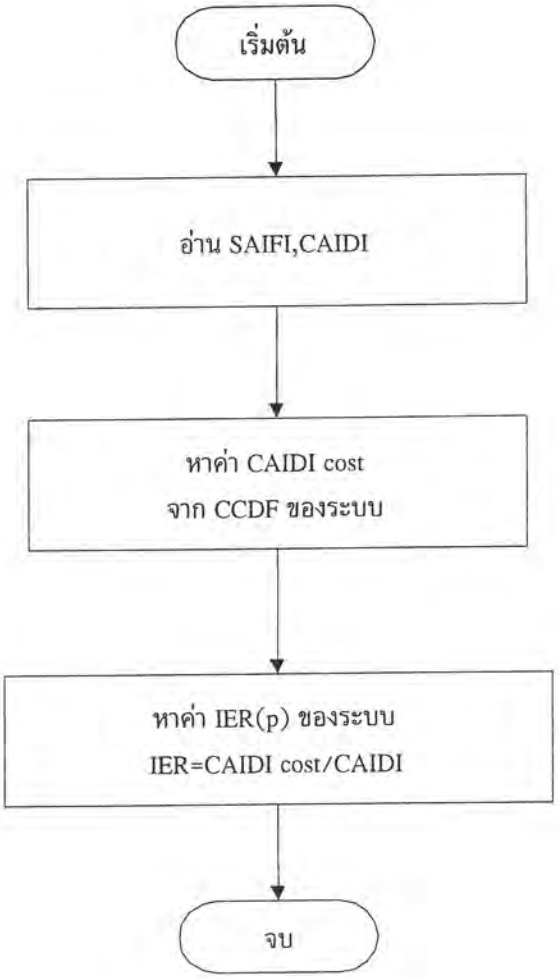

รูปที่ ข.7 แผนผังแสดงการคำนวณดัชนีพื้นฐาน




รูปที่ ข.8 แผนผังแสดงการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับโดยวิธีระบุเหตุขัดข้อง




รูปที่ ข.9 แผนผังแสดงการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับโดยวิธีดัชนีพื้นฐาน




รูปที่ ข.10 แผนผังแสดงการคำนวณอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับโดยวิธีดัชนีระบบ

## ภาคผนวก ค

## คู่มือการใช้โปรแกรม Distribution Reliability1

โปรแกรม Distribution Reliability 1 เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟและอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักต่าง ๆดังนี้ สายไฟฟ้าแบบสายเปลื่อยและแบบสายเคเบิล หม้อแปลงไฟฟ้า สวิตช์ตัดตอน ฟิวส์ และเซอร์กิตเบรคเกอร์ โดยโปรแกรมสามารถทดสอบคำนวณกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดรวม 200 อุปกรณ์

การเริ่มทำงานโปรแกรม

เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากภาษาเบสิกบน Window ซึ่งอำนวยความสะดวกและมีเครื่องมือให้ใช้มากกว่า โปรแกรมสามารถสร้างไอคอนที่ชื่อว่า Distribution Reliability 1 ไว้ ดังนั้นการเริ่มใช้โปรแกรมเพียงแค่ double click ไอคอน โปรแกรมก็จะ ปรากฏภาพดังตัวอย่างรูปที่ ค.1

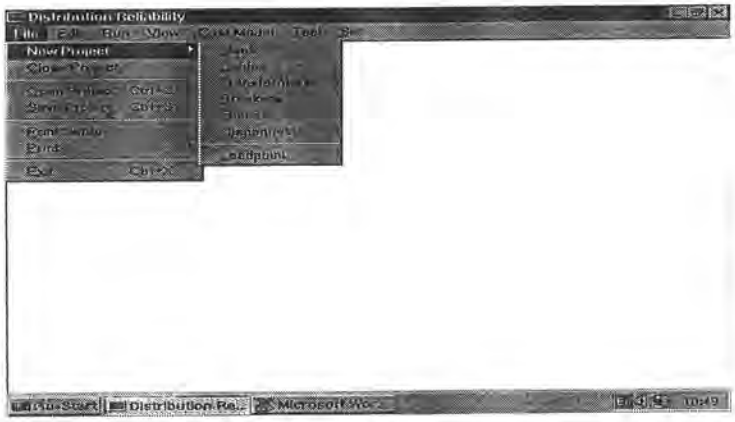
ข้างบนทางด้านซ้ายมือของชื่อโปรแกรมจะเป็น Control menu เป็นที่รวมคำสั่งเกี่ยวกับการจัดการรูปร่างลักษณะของ Window เช่น การขยายหรือลดขนาดกรอบ การย้ายรวมทั้งปิดการใช้โปรแกรม ทางด้านขวาเป็นปุ่มที่เรียกว่า Mimimiz button และ Maximize button ไว้ใช้สำหรับยุบและขยายกรอบของโปรแกรม

รูปที่ ค.1 โปรแกรม Distribution Reliability 1

การป้อนค่า

ข้อมูลที่ใช้ป้อนประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 เป็นการป้อนค่าอัตราการล้มเหลว ระยะเวลาซ่อมแซม และเวลาสวิตช์ชิ่งของอุปกรณ์ต่าง ๆได้แก่ สายไฟแบบเปลือย สายไฟแบบเคเบิล หม้อแปลง ฟิวส์ สวิตช์ตัดตอนและเซอร์กิตเบรคเกอร์ โดยต้องป้อนจุดโนดการต่อของอุปกรณ์นั้น ๆด้วย สำหรับการป้อนจุดโนดนั้นต้องทราบแผนผังของระบบที่จะทำการคำนวณก่อนแล้วกำหนดจุดโนดต่าง ๆลงในแผนผัง โดยมีข้อกำหนดที่สำคัญคือ แหล่งจ่ายไฟหรือสถานีจ่ายไฟต้องเป็นจุดโนดที่ 1 เสมอ และในการลำดับโนดต้องเรียงจากน้อยไปมากเสมอ ในการเลือกป้อนอุปกรณ์ตัวใดสามารถเลือกจาก New Project ใน File เมนู ตามรูป ค.2 จากรูปดังกล่าวจะเห็นว่ามีอุปกรณ์ให้เลือกป้อน 6 ชนิด ส่วน Loadpoint เป็นการป้อนข้อมูลของจุดโหลด




รูปที่ ค.2 เมนูการป้อนค่าอุปกรณ์และจุดโหลด

รูปที่ ค.3 เป็นตัวอย่างของฟอร์มที่ใช้สำหรับรับข้อมูลของสายไฟแบบเปลือยซึ่งการป้อนข้อมูลแต่ละช่องเป็นดังนี้

Name ให้ใส่ชื่อของอุปกรณ์ เช่น L1 B1 T1 เป็นต้น

From Node ให้ใส่เลขโนดต้นทางของอุปกรณ์ตัวนั้นเป็นเลขจำนวนเต็ม

To Node ให้ใส่เลขโนดปลายทางของอุปกรณ์ตัวนั้นเป็นเลขจำนวนเต็ม

Status ให้ใส่เลข 0 หรือ 1 เท่านั้นโดย 0 หมายถึงอุปกรณ์เปิดวงจรอยู่และ 1 ปิดวงจรอยู่

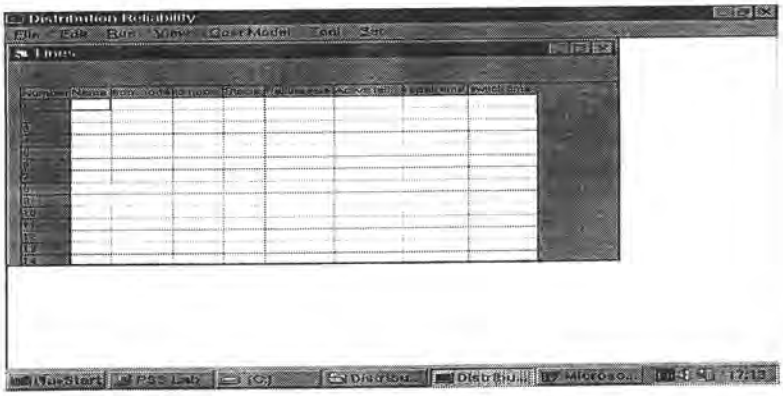
Failure rate ให้ใส่อัตราการล้มเหลวรวมของอุปกรณ์ตัวนั้นเป็นจำนวนจริง

Active Failure rateให้ใส่อัตราการล้มเหลวแบบแอคทีฟของอุปกรณ์ตัวนั้นเป็นจำนวนจริง

Repair time ให้ใส่ระยะเวลาการซ่อมของอุปกรณ์ตัวนั้นเป็นจำนวนจริง

Switch Time ให้ใส่ระยะเวลาสวิทช์ชิ่งของอุปกรณ์ตัวนั้นเป็นจำนวนจริง

สำหรับวิธีการป้อนข้อมูลของอุปกรณ์อื่น ๆก็มีลักษณะเหมือนกันดังตัวอย่างที่จะแสดงให้ดูต่อไป

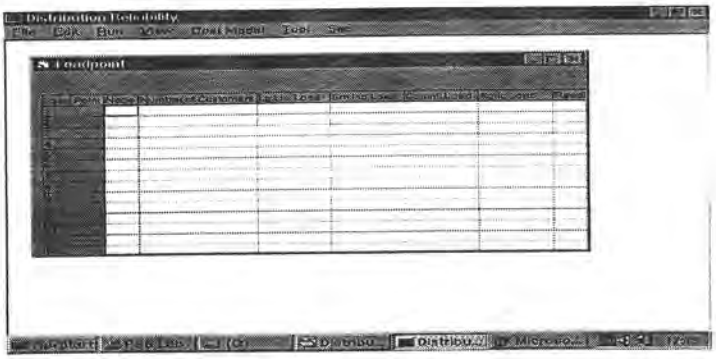


รูปที่ ค.3 ฟอร์มรับข้อมูลของสายไฟแบบเปลือย

ส่วนที่ 2 เป็นการป้อนข้อมูลโหลดผู้ใช้โดยเลือกจากเมนูในรูปที่ ค.2 โปรแกรมจะแสดงฟอร์มตามรูปที่ ค.4 สำหรับการคำนวณทุกครั้งจำเป็นต้องป้อนข้อมูลในส่วนนี้ เพราะถ้าไม่ป้อนข้อมูลโปรแกรมก็จะไม่ทำการคำนวณให้ การป้อนข้อมูลในฟอร์มนี้มีส่วนที่สำคัญดังนี้

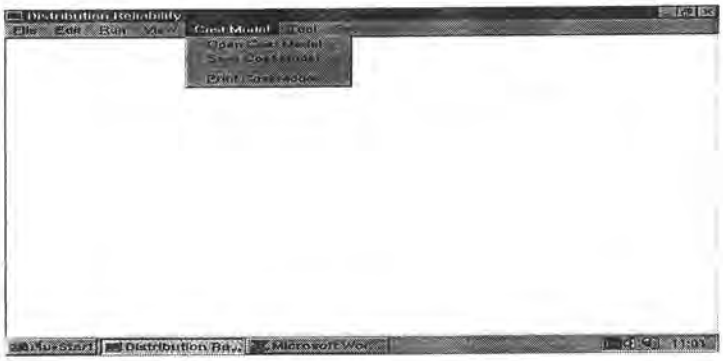
Node ให้ใส่จุดโนดของจุดโหลดตามแผนผังนั้นเป็นเลขจำนวนเต็ม

ในส่วนของผู้ใช้ไฟประเภทต่าง ๆในแต่ละจุดโหลดนั้นโปรแกรมได้แบ่งประเภทผู้ใช้ไฟไว้ 7 ประเภทคือ Large users Industrial Commercial Agriculture Residential Goverment และ Office Space ตัวอย่างการป้อนเช่น ในจุดโหลดนั้นประกอบด้วยผู้ใช้ไฟประเภทที่อยู่อาศัย 1000 kW อุตสาหกรรม 2000 kW ให้ใส่ 1000 ในช่อง Residential และ 2000 ในช่อง Industrial ของจุดโหลดนั้น ส่วนในช่องผู้ใช้ประเภทอื่น ๆให้ใส่ 0 หลักการป้อนในส่วนนี้ที่สำคัญคือ ขนาดโหลดที่ป้อนต้องเป็นโหลดเฉลี่ยและหน่วยเป็น kW

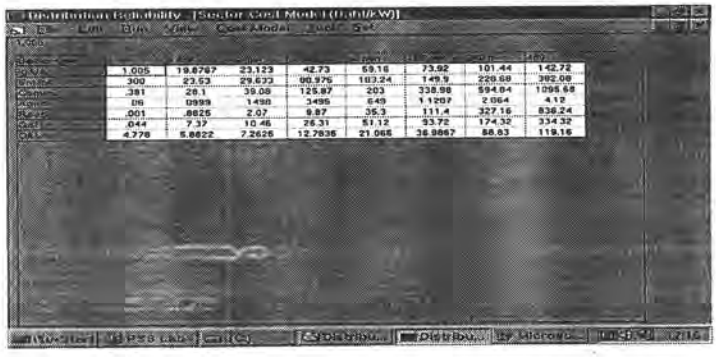


รูปที่ ค.4 ฟอร์มรับข้อมูลจุดโหลด

ส่วนที่ 3 เป็นส่วนของแบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟแต่ละประเภททั้งแบบ บาท/kWเฉลี่ย และ บาท/kWhเฉลี่ย ในการป้อนข้อมูลในส่วนที่ 2 และ ส่วนที่ 3 ต้องมีความสัมพันธ์กันคือถ้าป้อนขนาดโหลดเป็น กำลังไฟฟ้าสูงสุด แบบจำลองที่ป้อนก็ต้องเป็น บาท/kWสูงสุด และ บาท/kWhสูงสุด และต้องป้อนแบบจำลองให้ตรงกับประเภทผู้ใช้ด้วย



รูปที่ ค.5 เมนูการเปิด บันทึกและพิมพ์แบบจำลองความเสียหาย



รูปที่ ค.6 ฟอร์มรับข้อมูลแบบจำลองความเสียหายของผู้ใช้ไฟประเภทต่าง ๆ

การเปิด บันทึกและพิมพ์แบบจำลองความเสียหายสามารถทำได้โดยเลือกเมนูตามรูป ค. 5 เมื่อต้องการเปิดแบบจำลอง โปรแกรมจะแสดงฟอร์มตามรูป ค.6

ในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 สามารถตั้งจำนวนอุปกรณ์และจุดโหลดสูงสุดในแต่ละฟอร์มได้จาก Set เมนูตามรูปที่ ค.7 โดยโปรแกรมจะแสดงฟอร์มสำหรับตั้งค่าตามรูปที่ ค.8 เพื่อตั้งค่าต่าง ๆดังนี้

Lines ให้ใส่จำนวนสายไฟแบบเปลือยสูงสุด

Cables ให้ใส่จำนวนสายไฟแบบเคเบิลสูงสุด

Transformers ให้ใสจำนวนหม้อแปลงสูงสุด

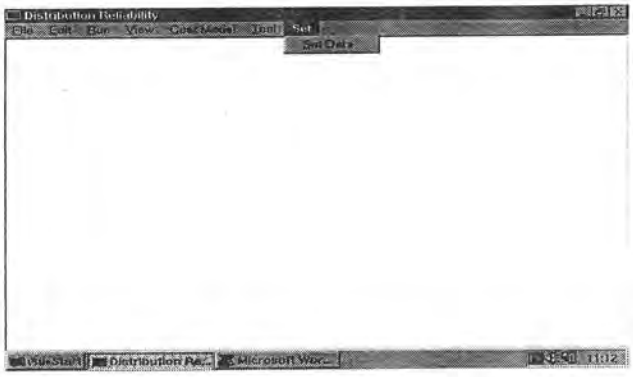
Breakers ให้ใส่จำนวนเบรคเกอร์สูงสุด

Fuses ให้ใส่จำนวนฟิวส์สูงสุด

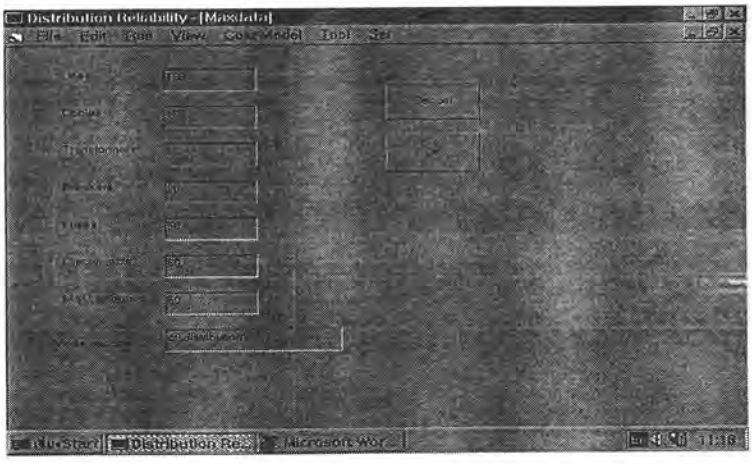
Disconnects ให้ใส่จำนวนสวิตช์ตัดตอนสูงสุด

Max Loadpoint ให้ใส่จำนวนจุดโหลดสูงสุด

Model source ให้ใส่แหล่งที่เก็บแบบจำลองความเสียหาย



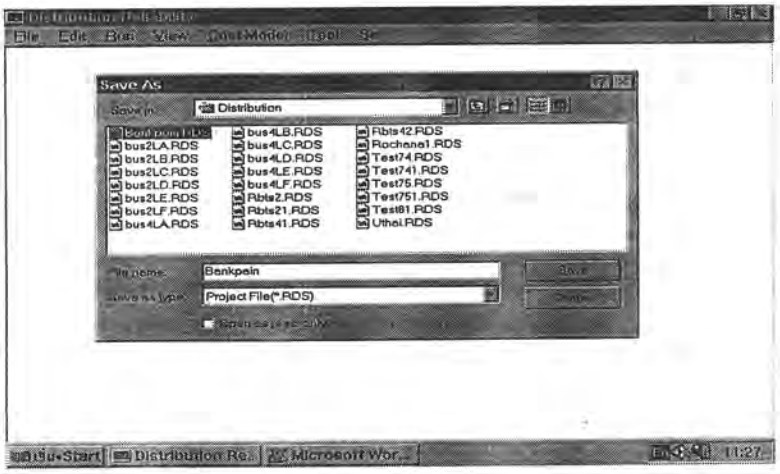
รูปที่ ค.7 เมนูสำหรับตั้งค่าอุปกรณ์



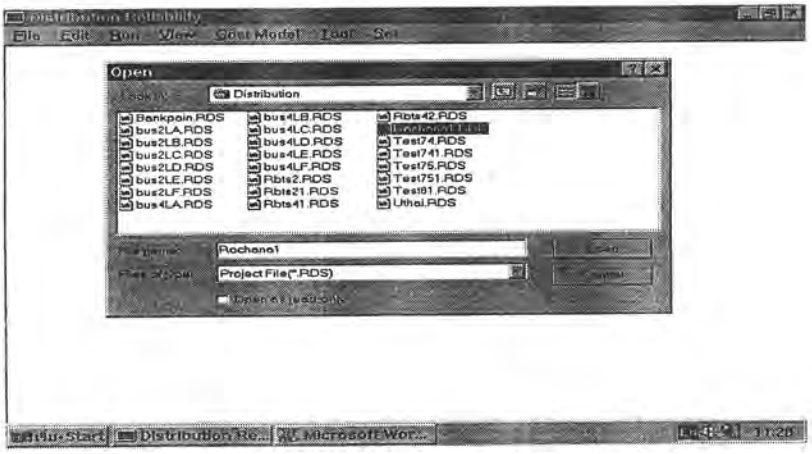
รูปที่ ค.8 ฟอร์มสำหรับตั้งค่าจำนวนอุปกรณ์

การเปิดและบันทึกข้อมูล

เมื่อต้องการบันทึกข้อมูลของระบบจำหน่ายทั้งหมดสามารถทำได้โดยเลือก Save Project จาก File เมนูตามรูปที่ ค.2 และใส่ชื่อโครงงานลงในฟอร์มตามรูปที่ ค.9 โปรแกรมจะทำการบันทึกข้อมูลเป็นนามสกุล .RDS สำหรับการเปิดข้อมูลโครงงานเก่าก็เลือก Open Project จาก File เมนู โปรแกรมจะแสดงฟอร์มตามรูปที่ ค.10




รูปที่ ค.9 ฟอร์มบันทึกข้อมูล




รูปที่ ค.10 ฟอร์มเปิดข้อมูล

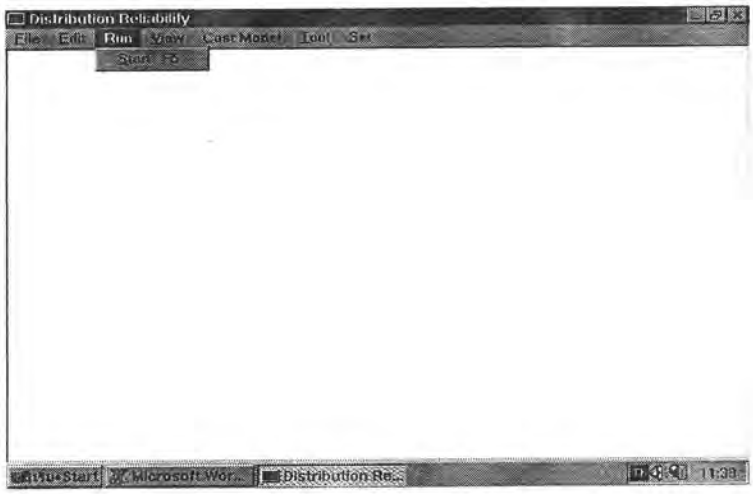
เริ่มการคำนวณและผลการคำนวณ

เมื่อป้อนข้อมูลต่าง ๆข้างต้นเสร็จเรียบร้อยสามารถเริ่มการคำนวณโดยการเลือก Start จากภายใน Run เมนู ตามรูปที่ ค.11 ผลการคำนวณของโปรแกรมจะแสดงออกมา 3 ฟอร์มคือ

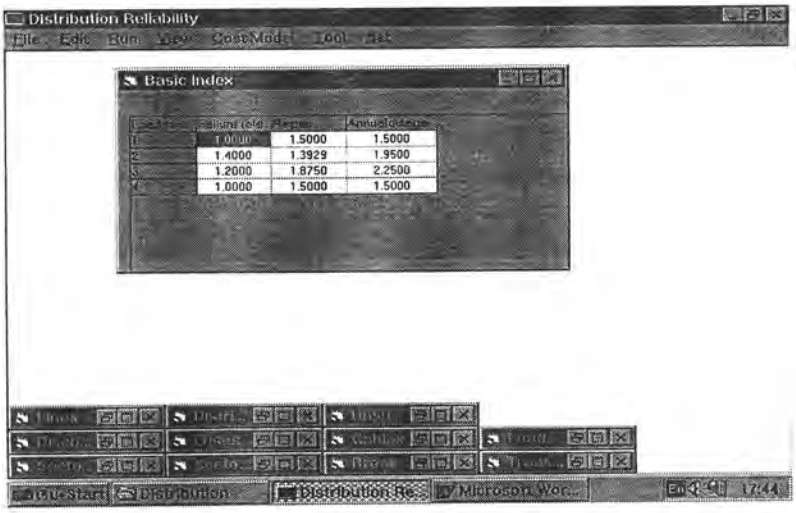
ฟอร์มที่ 1 แสดงค่าดัชนีพื้นฐานของแต่ละจุดโหลดดังแสดงในรูปที่ ค.12 ประกอบด้วย อัตราการล้มเหลว ระยะเวลาซ่อมแซมและระยะเวลาการเกิดขัดข้องเฉลี่ยในหนึ่งปีของแต่ละจุดโหลด

ฟอร์มที่ 2 แสดงพลังงานที่ไม่ได้รับการจ่าย มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟและอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของแต่ละจุดโหลดดังแสดงในรูปที่ ค.13

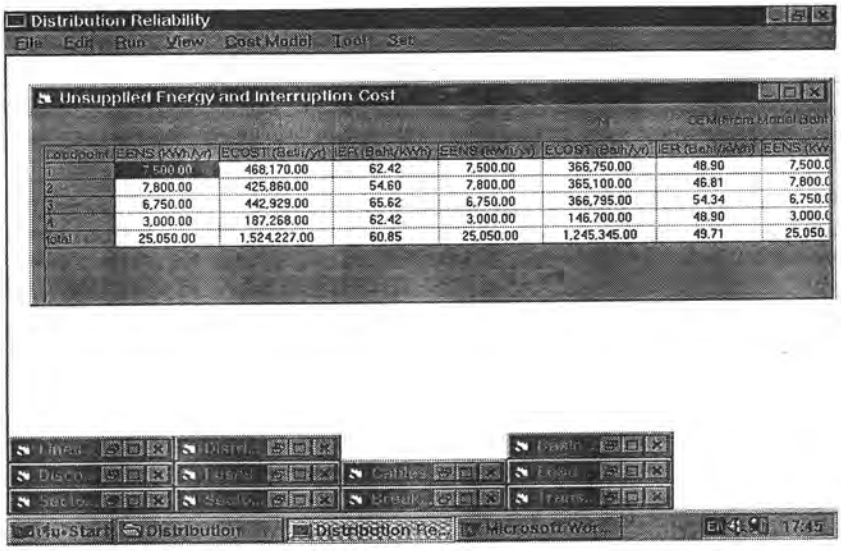
ฟอร์มที่ 3 แสดงค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่อ้างอิงผู้ใช้ไฟและอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับจากการคำนวณทั้ง 3 วิธีของระบบดังแสดงในรูปที่ ค.14



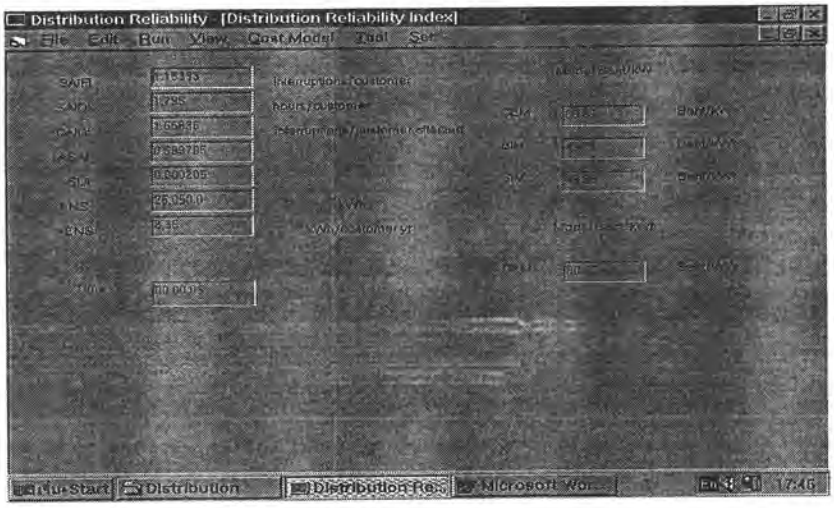

รูปที่ ค.11 เมนูเริ่มการคำนวณ




รูปที่ ค.12 ฟอร์มแสดงค่าดัชนีพื้นฐาน



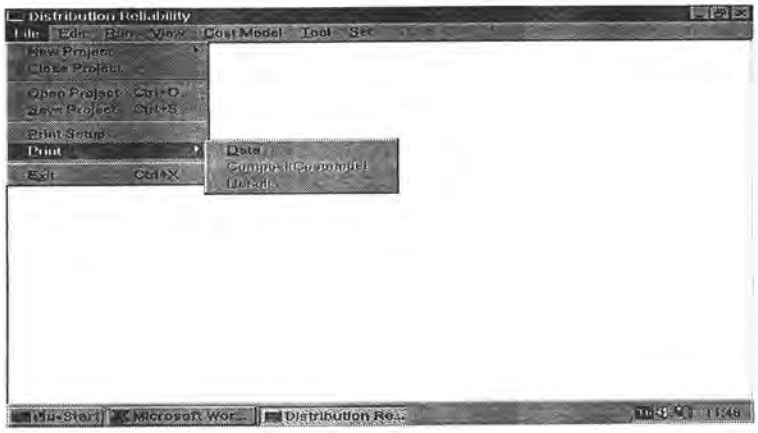

รูปที่ ค.13 ฟอร์มแสดงพลังงานที่ไม่ได้รับการจ่ายและมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟ



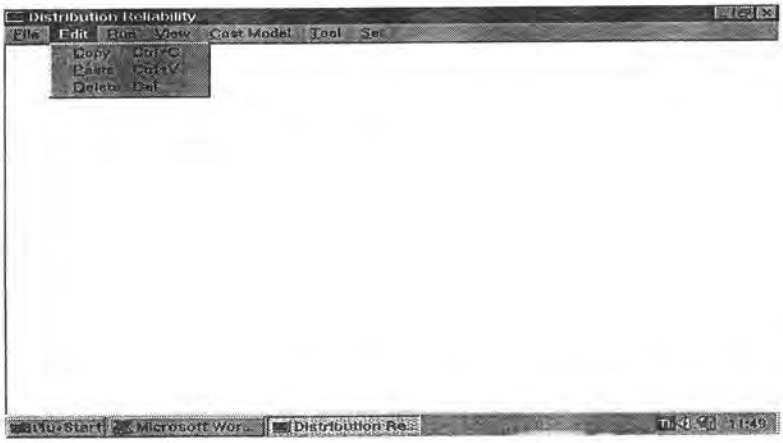

รูปที่ ค.14 ฟอร์มแสดงค่าดัชนีความเชื่อถือได้และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับของระบบจำหน่าย

การพิมพ์ข้อมูล

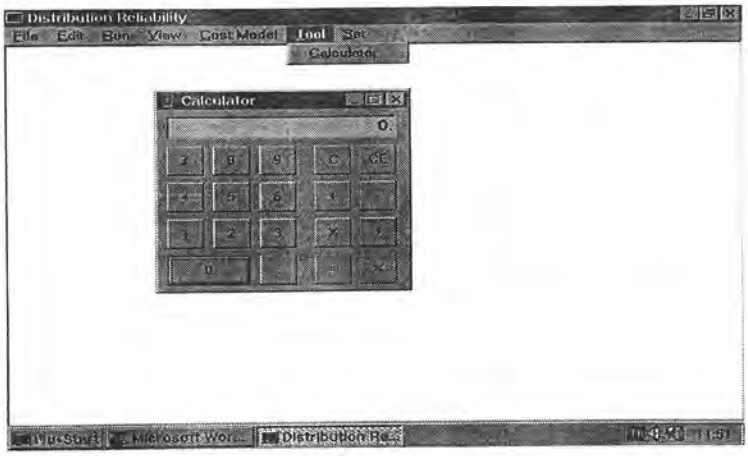
การพิมพ์สามารถเลือกพิมพ์ได้ 3 ส่วน ประกอบด้วย ข้อมูลอุปกรณ์และจุดโหลดทั้งหมด ข้อมูลแบบจำลองความเสียหาย และผลการคำนวณ ซึ่งสามารถเลือกได้จาก File เมนูตามรูปที่ ค. 15 สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการคัดลอก วางและลบข้อมูลสามารถใช้ได้จากเมนูตามรูปที่ ค.16 และโปรแกรมยังมีเครื่องคิดเลขไว้ให้ใช้ตามรูปที่ ค.17




รูปที่ ค.15 เมนูพิมพ์ข้อมูลและผล




รูปที่ ค.16 เมนูคัดลอก วางและลบข้อมูล




รูปที่ ค.17 ฟอร์มเครื่องคิดเลข

เมนู

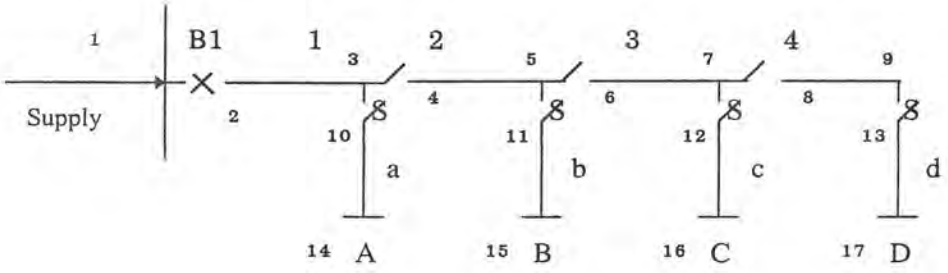
เมนูหลักประกอบด้วย File Edit Run Veiw Costmodel Tool Set ซึ่งเมนูย่อยที่ใช้ในการทำงานแสดงรายละเอียดดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 เมนูการใช้งานของโปรแกรม Distribution Reliability1

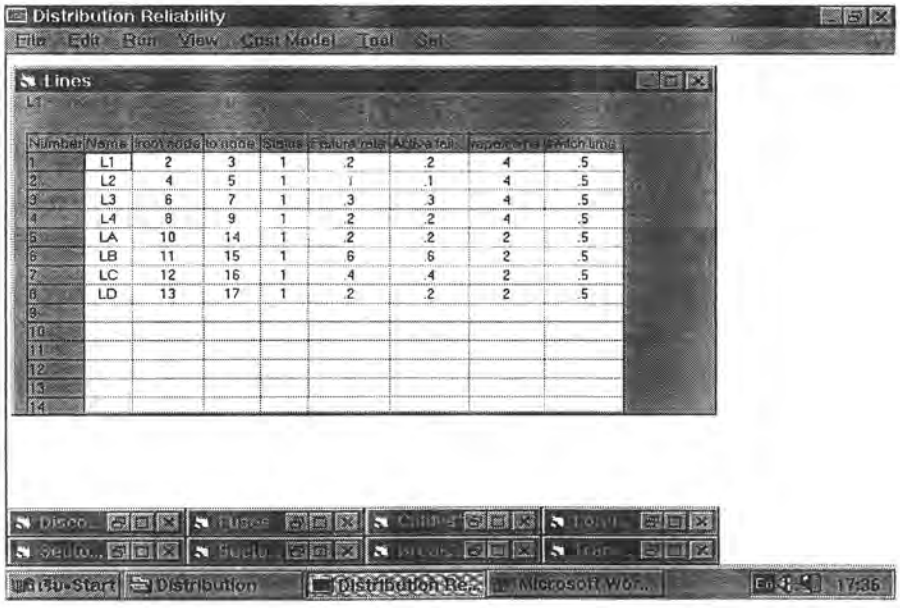
| เมนูหลัก | เมนูย่อย | รายการ | Short Cut Key |
|---|---|---|---|
| File | | | |
| | New Project | ใช้ป้อนข้อมูลของอุปกรณ์และจุดโหลดโครงงานใหม่ | |
| | Close Project | ปิดโครงงานที่กำลังแสดงอยู่ลง | |
| | Open Project | เปิดโครงงานเก่า | Ctrl+O |
| | Save Project | บันทึกโครงงานที่แสดงอยู่ | Ctrl+S |
| | Print Setup | ตั้งหน้ากระดาษสำหรับพิมพ์ | |
| | Print | พิมพ์ข้อมูลและผลการคำนวณ | |
| | Exit | เลิกการทำงานโปรแกรม | Ctrl+X |
| Edit | | | |
| | Copy | คัดลอกข้อมูล | Ctrl+C |
| | Paste | วางข้อมูลที่คัดลอก | Ctrl+V |
| | Deleat | ลบข้อมูล | Del |
| Run | | | |
| | Start | เริ่มทำงาน | F5 |
| Veiw | | | |
| | Open Result | ดูผลของโปรแกรมที่เคยรันแล้ว | |
| Cost model | | | |
| | Open Costmodel | เปิดแบบจำลองความเสียหายเดิม | |
| | Save Costmodel | บันทึกแบบจำลองความเสียหายใหม่ | |
| | Print Costmodel | พิมพ์แบบจำลองความเสียหาย | |
| Tool | | | |
| | Calculator | เครื่องคิดเลข | |
| Set | | | |
| | Set | ตั้งค่าต่าง ๆ | |

ตัวอย่างการใช้โปรแกรม

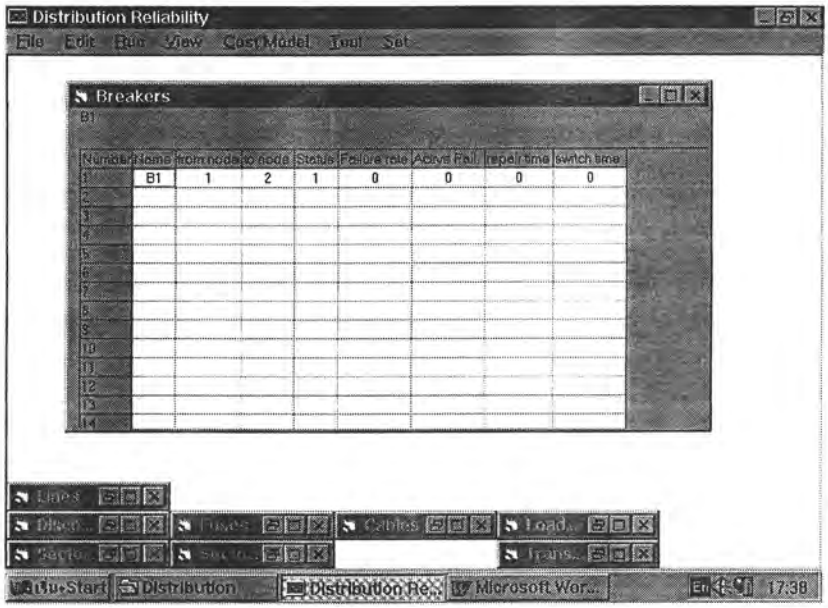
ตัวอย่างการทดสอบระบบในรูปที่ ค.18 เมื่อกำหนดจุดโนดต่าง ๆเรียงลำดับจากน้อยไปมากลงในรูปแล้วก็ป้อนข้อมูลดังในรูปที่ ค.19 ถึง ค.23 โดยค่ามาตราฐานต่างของอุปกรณ์ดังตารางที่ 3.4 ซึ่งข้อมูลต่าง ๆเมื่อบันทึกเก็บไว้จะอยู่ในไฟล์ข้อมูล Test74.RDS เริ่มทำการคำนวณโดยเลือก Start จาก Run เมนู ผลการรันโปรแกรมจะแสดงดังรูปที่ ค.24 และโปรแกรมจะทำการบันทึกผลข้อมูลลงในไฟล์ Test74.RES



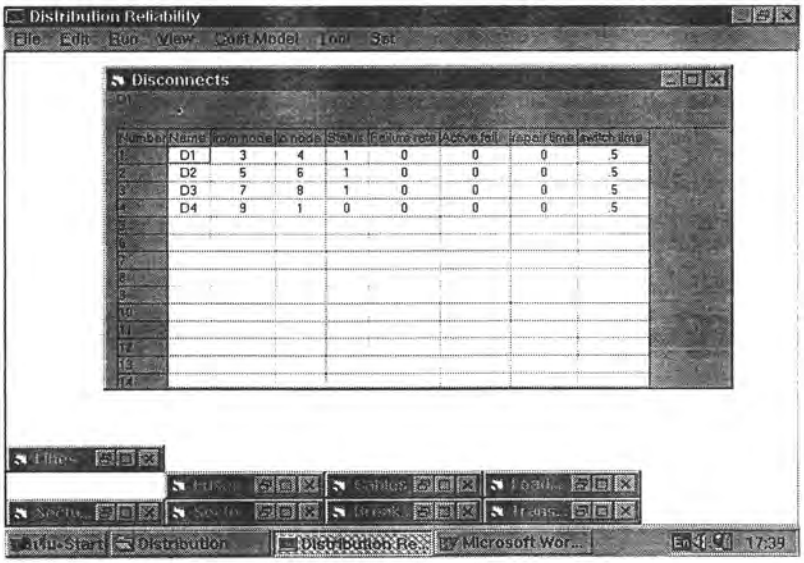

รูปที่ ค.18 ระบบทดสอบการใช้โปรแกรม



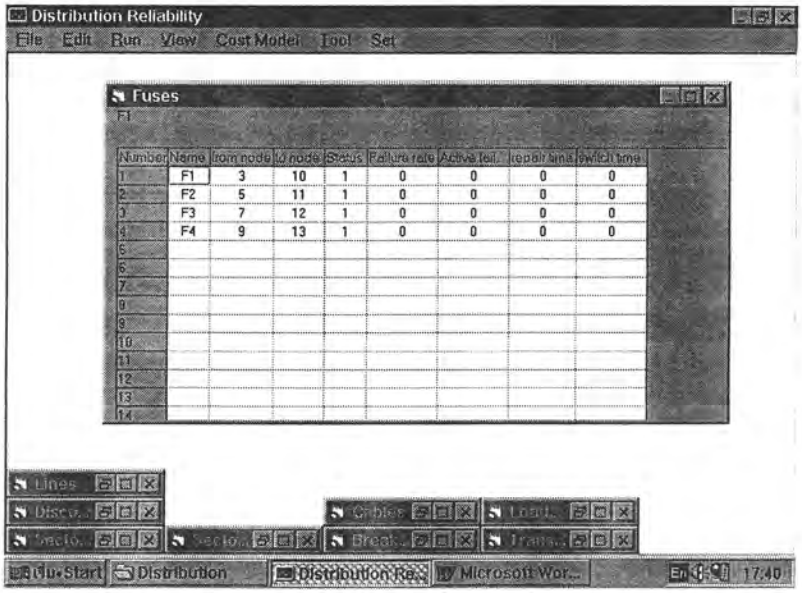

รูปที่ ค.19 การป้อนข้อมูลสายไฟแบบเปลือย



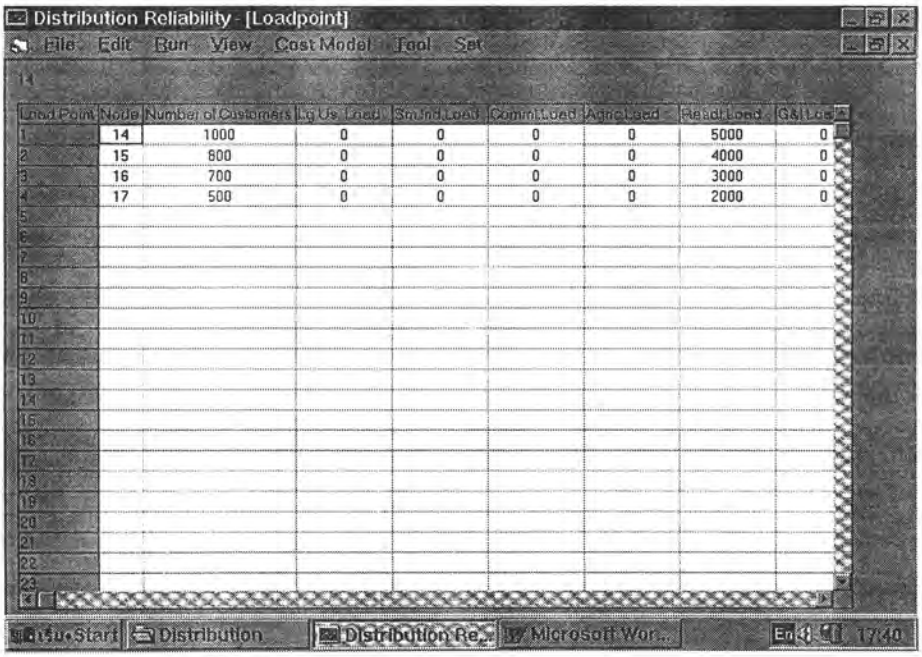

รูปที่ ค.20 การป้อนข้อมูลเซอร์กิตเบรคเกอร์



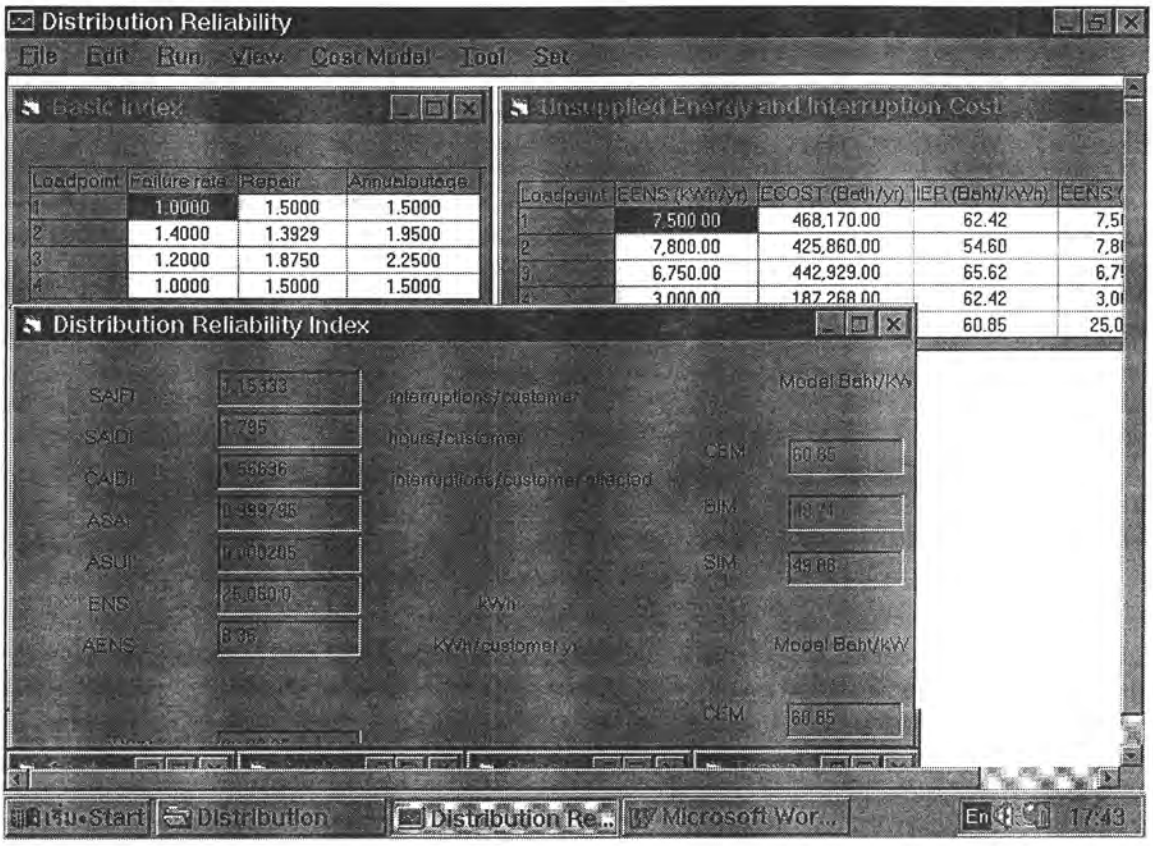

รูปที่ ค.21 การป้อนข้อมูลสวิทช์ตัดตอน




รูปที่ ค.22 การป้อนข้อมูลฟิวส์




รูปที่ ค.23 การป้อนข้อมูลจุดโหลด




รูปที่ ค.24 ผลการคำนวณ

ภาคผนวก ง.

## ข้อมูลนิคมอุตสาหกรรม

### ง.1 นิคมอุตสาหกรรมโรจนะ

ส่วนแรกเป็นข้อมูลของอุปกรณ์ภายในระบบซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์สูงสุด 92 ตัว การป้อนข้อมูลเรียงลำดับดังนี้

ลำดับ,โนดแรก,โนดสุดท้าย,ชื่ออุปกรณ์,ชนิดอุปกรณ์,อัตราการล้มเหลว,ระยะเวลาเกิดการขัดข้อง,ระยะเวลาสวิช์ชิ่ง,สถานะของอุปกรณ์

1,5,6,"L1","L",.029,.029,5,1,1

2,7,11,"L2","L",.032,.032,5,1,1

3,7,8,"L3","L",.032,.032,5,1,1

4,11,12,"L4","L",.032,.032,5,1,1

5,16,17,"L5","L",.007,.007,5,1,1

6,17,18,"L6","L",.007,.007,5,1,1 .

7,18,19,"L7","L",.013,.013,5,1,1

8,19,20,"L8","L",.02,.02,5,1,1

9,20,21,"L9","L",.007,.007,5,1,1

10,24,25,"L10","L",.032,.032,5,1,1

11,25,26,"L11","L",.032,.032,5,1,1

12,26,27,"L12","L",.007,.007,5,1,1

13,41,28,"L13","L",.065,.065,5,1,1

14,24,39,"L14","L",.007,.007,5,1,1

15,30,31,"L15","L",.016,.016,5,1,1

16,31,32,"L16","L",.016,.016,5,1,1

17,32,33,"L17","L",.007,.007,5,1,1

18,33,34,"L18","L",.013,.013,5,1,1

19,37,38,"L19","L",.007,.007,5,1,1

20,37,40,"L20","L",.065,.065,5,1,1

21,40,41,"L21","L",.032,.032,5,1,1

22,44,45,"L22","L",.065,.065,5,1,1

```
23,45,46,"L23","L",.013,.013,5,1,1
24,49,50,"L24","L",.052,.052,5,1,1
25,50,52,"L25","L",.007,.007,5,1,1
26,50,51,"L26","L",.013,.013,5,1,1
27,52,53,"L27","L",.007,.007,5,1,1
28,53,54,"L28","L",.007,.007,5,1,1
29,54,55,"L29","L",.013,.013,5,1,1
30,55,56,"L30","L",.013,.013,5,1,1
31,59,60,"L31","L",.065,.065,5,1,1
32,60,61,"L32","L",.032,.032,5,1,1
33,59,62,"L33","L",.007,.007,5,1,1
34,65,66,"L34","L",.02,.02,5,1,1
35,40,83,"L35","L",.007,.007,5,1,1
36,41,84,"L36","L",.013,.013,5,1,1
37,81,82,"L37","L",.026,.026,5,1,1
38,52,78,"L38","L",.065,.065,5,1,1
39,78,79,"L39","L",.02,.02,5,1,1
40,60,80,"L40","L",.065,.065,5,1,1
41,2,3,"C1","L",.002,.002,30,3,1
42,9,10,"C2","L",.002,.002,30,3,1
43,13,14,"C3","L",.003,.003,30,3,1
44,22,23,"C4","L",.003,.003,30,3,1
45,29,30,"C5","L",.003,.003,30,3,1
46,35,36,"C6","L",.003,.003,30,3,1
47,42,43,"C7","L",.003,.003,30,3,1
48,47,48,"C8","L",.002,.002,30,3,1
49,57,58,"C9","L",.002,.002,30,3,1
50,63,64,"C10","L",.002,.002,30,3,1
51,4,5,"C11","L",.004,.004,30,3,1
52,15,16,"C12","L",.004,.004,30,3,1
53,45,81,"C13","L",.004,.004,30,3,1
54,17,67,"T1","T",0,0,0,0,1
55,18,68,"T2","T",0,0,0,0,1
```

56,19,69,"T3","T",0,0,0,0,1
57,20,70,"T4","T",0,0,0,0,1
58,31,71,"T5","T",0,0,0,0,1
59,32,72,"T6","T",0,0,0,0,1
60,33,73,"T7","T",0,0,0,0,1
61,52,77,"T8","T",0,0,0,0,1
62,53,74,"T9","T",0,0,0,0,1
63,54,75,"T10","T",0,0,0,0,1
64,55,76,"T11","T",0,0,0,0,1
65,3,4,"D1","D",0,0,0,0,1
66,5,7,"D2","D",0,0,0,0,0
67,8,1,"D3","D",0,0,0,0,0
68,10,11,"D4","D",0,0,0,0,1
69,14,15,"D5","D",0,0,0,0,1
70,16,25,"D6","D",0,0,0,0,0
71,23,24,"D7","D",0,0,0,0,1
72,26,1,"D8","D",0,0,0,0,0
73,38,39,"D9","D",0,0,0,0,0
74,36,37,"D10","D",0,0,0,0,1
75,40,45,"D11","D",0,0,0,0,0
76,43,44,"D12","D",0,0,0,0,1
77,48,49,"D13","D",0,0,0,0,1
78,52,60,"D14","D",0,0,0,0,0
79,58,59,"D15","D",0,0,0,0,1
80,64,65,"D16","D",0,0,0,0,1
81,12,62,"D17","D",0,0,0,0,0
82,81,78,"D18","D",0,0,0,0,0
83,1,2,"B1","B",0,0,0,0,1
84,1,9,"B2","B",0,0,0,0,1
85,1,13,"B3","B",0,0,0,0,1
86,1,22,"B4","B",0,0,0,0,1
87,1,29,"B5","B",0,0,0,0,1
88,1,35,"B6","B",0,0,0,0,1

89,1,42,"B7","B",0,0,0,0,1

90,1,47,"B8","B",0,0,0,0,1

91,1,63,"B9","B",0,0,0,0,1

92,1,57,"B10","B",0,0,0,0,1

ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลของโหลดซึ่งเรียงลำดับดังนี้ โดยหน่วยเป็น kW
จุดโหลดลำดับที่,โนดที่,จำนวนผู้ใช้ไฟ,ผู้ใช้ประเภทLargeusers, ผู้ใช้ประเภทIndustrial, ผู้ใช้ประเภทCommercial, ผู้ใช้ประเภทAgriculture, ผู้ใช้ประเภทResidential, ผู้ใช้ประเภทGovernment, ผู้ใช้ประเภทOffice Space

1,6,1,0,3400,0,0,0,0,0

2,67,2,0,1052,0,0,0,0,0

3,68,2,0,413,0,0,0,0,0

4,69,1,0,1000,0,0,0,0,0

5,70,1,0,200,0,0,0,0,0

6,21,1,0,2600,0,0,0,0,0

7,27,1,0,315,0,0,0,0,0

8,71,3,0,2016,0,0,0,0,0

9,72,2,0,500,0,0,0,0,0

10,73,1,0,280,0,0,0,0,0

11,34,1,0,336,0,0,0,0,0

12,84,2,0,3290,0,0,0,0,0

13,46,2,0,2200,0,0,0,0,0

14,51,1,0,980,0,0,0,0,0

15,77,1,0,80,0,0,0,0,0

16,74,1,0,100,0,0,0,0,0

17,75,1,0,330,0,0,0,0,0

18,76,1,0,168,0,0,0,0,0

19,56,1,0,5500,0,0,0,0,0

20,61,1,0,2600,0,0,0,0,0

21,66,2,0,1000,0,0,0,0,0

22,83,2,0,1555,0,0,0,0,0

23,28,2,0,1565,0,0,0,0,0

24,79,3,0,3122,0,0,0,0,0

25,82,2,0,1800,0,0,0,0,0

26,80,1,0,500,0,0,0,0,0

**ง.2 นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน**

ส่วนแรกเป็นข้อมูลของอุปกรณ์ภายในระบบซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์สูงสุด 96 ตัว การป้อนข้อมูลเรียงลำดับดังนี้

ลำดับ,โนดแรก,โนดสุดท้าย,ชื่ออุปกรณ์,ชนิดอุปกรณ์,อัตราการล้มเหลว,ระยะเวลาเกิดการขัดข้อง,ระยะเวลาสวิช์ชิ่ง,สถานะของอุปกรณ์

1,21,22,"L1","L",.0364,.0364,5,1,1

2,22,23,"L2","L",.0117,.0117,5,1,1

3,23,24,"L3","L",.078,.078,5,1,1

4,22,25,"L4","L",.013,.013,5,1,1

5,25,26,"L5","L",.065,.065,5,1,1

6,32,33,"L6","L",.013,.013,5,1,1

7,33,34,"L7","L",.0325,.0325,5,1,1

8,34,35,"L8","L",.0065,.0065,5,1,1

9,38,39,"L9","L",.0325,.0325,5,1,1

10,41,42,"L10","L",.013,.013,5,1,1

11,42,45,"L11","L",.026,.026,5,1,1

12,45,47,"L12","L",.026,.026,5,1,1

13,49,50,"L13","L",.0065,.0065,5,1,1

14,50,64,"L14","L",.013,.013,5,1,1

15,51,52,"L15","L",.0065,.0065,5,1,1

16,52,54,"L16","L",.0065,.0065,5,1,1

17,63,61,"L17","L",.0065,.0065,5,1,1

18,61,59,"L18","L",.0065,.0065,5,1,1

19,18,59,"L19","L",.0052,.0052,5,1,1

20,59,58,"L20","L",.0104,.0104,5,1,1

21,58,56,"L21","L",.0065,.0065,5,1,1

22,70,71,"L22","L",.0065,.0065,5,1,1

23,71,73,"L23","L",.0078,.0078,5,1,1

24,73,75,"L24","L",.0182,.0182,5,1,1

25,86,11,"C1","L",.02,.02,30,3,1

26,2,11,"C2","L",.02,.02,30,3,1

27,3,13,"C3","L",.02,.02,30,3,1
28,4,14,"C4","L",.02,.02,30,3,1
29,5,15,"C5","L",.02,.02,30,3,1
30,6,16,"C6","L",.02,.02,30,3,1
31,7,17,"C7","L",.02,.02,30,3,1
32,8,18,"C8","L",.02,.02,30,3,1
33,9,19,"C9","L",.02,.02,30,3,1
34,10,20,"C10","L",.02,.02,30,3,1
35,65,66,"C11","L",.02,.02,30,3,1
36,66,68,"C12","L",.02,.02,30,3,1
37,68,69,"C13","L",.02,.02,30,3,1
38,77,78,"C14","L",.02,.02,30,3,1
39,78,79,"C15","L",.02,.02,30,3,1
40,80,81,"C16","L",.02,.02,30,3,1
41,82,83,"C17","L",.02,.02,30,3,1
42,83,85,"C18","L",.02,.02,30,3,1
43,11, 21,"D1","D",0,0,0,0,1
44,21,31,"D2","D",0,0,0,0,0
45,12,31,"D3","D",0,0,0,0,0
46,31,33,"D4","D",0,0,0,0,0
47,13,32,"D5","D",0,0,0,0,1
48,33,42,"D6","D",0,0,0,0,0
49,14,38,"D7","D",0,0,0,0,1
50,39,82,"D8","D",0,0,0,0,0
51,15,41,"D9","D",0,0,0,0,1
52,15,49,"D10","D",0,0,0,0,0
53,47,48,"D11","D",0,0,0,0,0
54,16,49,"D12","D",0,0,0,0,1
55,50,51,"D13","D",0,0,0,0,1
56,64,1,"D14","D",0,0,0,0,0
57,49,65,"D15","D",0,0,0,0,0
58,17,65,"D16","D",0,0,0,0,1
59,68,70,"D17","D",0,0,0,0,1

```
60,69,1,"D18","D",0,0,0,0,0
61,54,55,"D19","D",0,0,0,0,0
62,18,77,"D20","D",0,0,0,0,1
63,78,63,"D21","D",0,0,0,0,1
64,79,1,"D22","D",0,0,0,0,0
65,19,80,"D23","D",0,0,0,0,1
66,81,1,"D24","D",0,0,0,0,0
67,20,82,"D25","D",0,0,0,0,1
68,85,1,"D26","D",0,0,0,0,0
69,1,86,"B1","B",0,0,0,0,1
70,1,2,"B2","B",0,0,0,0,1
71,1,3,"B3","B",0,0,0,0,1
72,1,4,"B4","B",0,0,0,0,1
73,1,5,"B5","B",0,0,0,0,1
74,1,6,"B6","B",0,0,0,0,1
75,1,7,"B7","B",0,0,0,0,1
76,1,8,"B8","B",0,0,0,0,1
77,1,9,"B9","B",0,0,0,0,1
78,1,10,"B10","B",0,0,0,0,1
79,23,27,"F1","F",0,0,0,0,1
80,24,28,"F2","F",0,0,0,0,1
81,26,30,"F3","F",0,0,0,0,1
82,34,36,"F4","F",0,0,0,0,1
83,35,37,"F5","F",0,0,0,0,1
84,39,40,"F6","F",0,0,0,0,1
85,42,43,"F7","F",0,0,0,0,1
86,42,44,"F8","F",0,0,0,0,1
87,45,46,"F9","F",0,0,0,0,1
88,52,53,"F10","F",0,0,0,0,1
89,66,67,"F11","F",0,0,0,0,1
90,71,72,"F12","F",0,0,0,0,1
91,73,74,"F13","F",0,0,0,0,1
92,75,76,"F14","F",0,0,0,0,1
```

93,61,62,"F15","F",0,0,0,0,1

94,59,60,"F16","F",0,0,0,0,1

95,56,57,"F17","F",0,0,0,0,1

96,83,84,"F18","F",0,0,0,0,1

ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลของโหลดซึ่งเรียงลำดับดังนี้ โดยหน่วยเป็น kW
จุดโหลดลำดับที่,โนดที่,จำนวนผู้ใช้ไฟ,ผู้ใช้ประเภทLargeusers, ผู้ใช้ประเภทIndustrial, ผู้ใช้ประเภทCommercial, ผู้ใช้ประเภทAgriculture, ผู้ใช้ประเภทResidential, ผู้ใช้ประเภทGovernment, ผู้ใช้ประเภทOffice Space

1,27,1,0,24000,0,0,0,0,0

2,28,1,0,940000,0,0,0,0,0

3,30,2,0,1811200,0,0,0,0,0

4,36,2,0,901050,0,0,0,0,0

5,37,5,0,0,0,0,174400,0,0

6,40,1,0,2400,0,0,0,0,0

7,43,1,0,7200,0,0,0,0,0

8,44,1,0,900000,0,0,0,0,0

9,46,1,0,480000,0,0,0,0,0

10,53,2,0,1481280,0,0,0,0,0

11,67,1,0,8928000,0,0,0,0,0

12,72,1,0,540000,0,0,0,0,0

13,74,2,0,440000,0,0,0,0,0

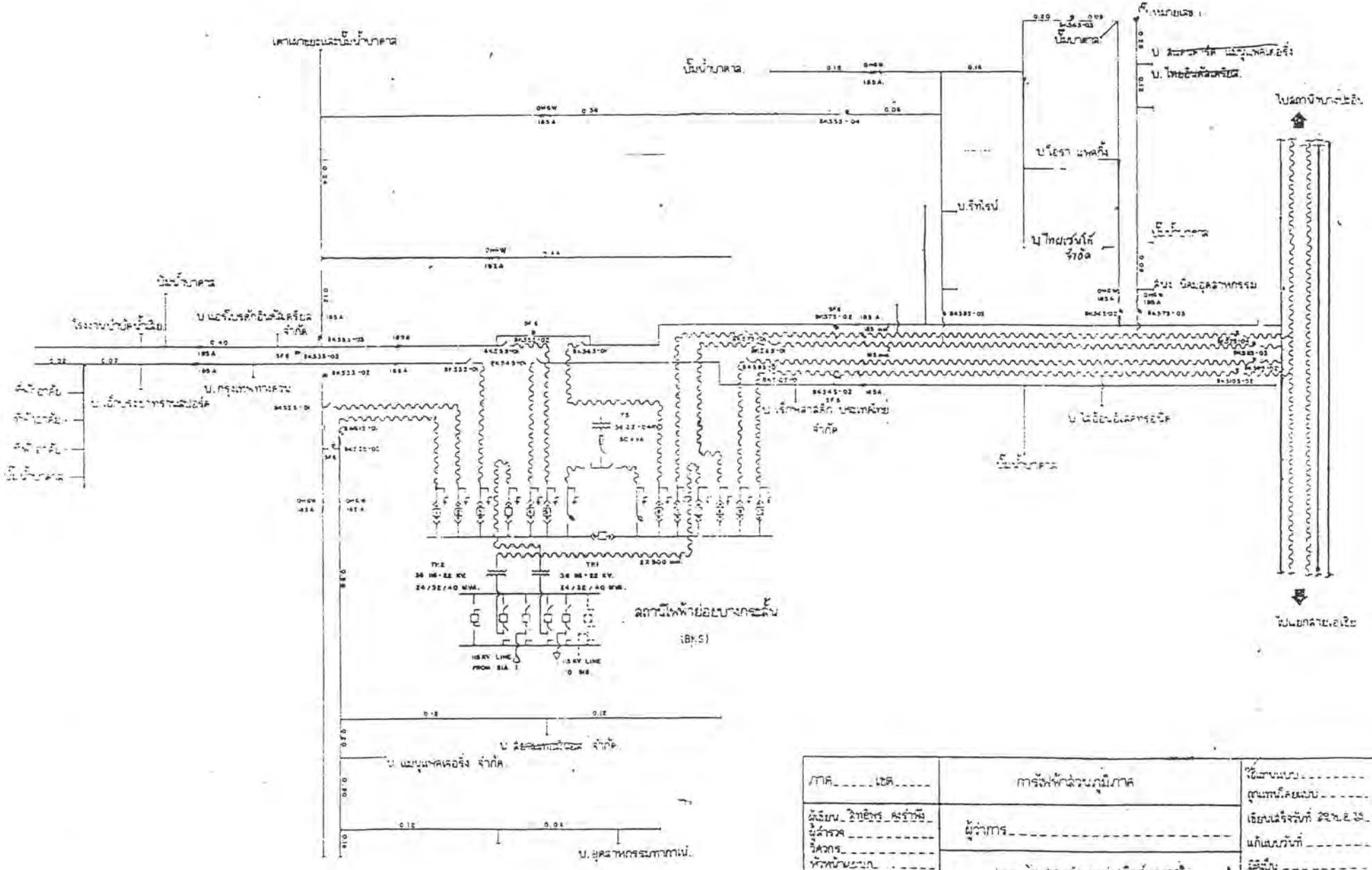
14,76,1,0,244800,0,0,0,0,0

15,62,1,0,1.04256E+07,0,0,0,0,0

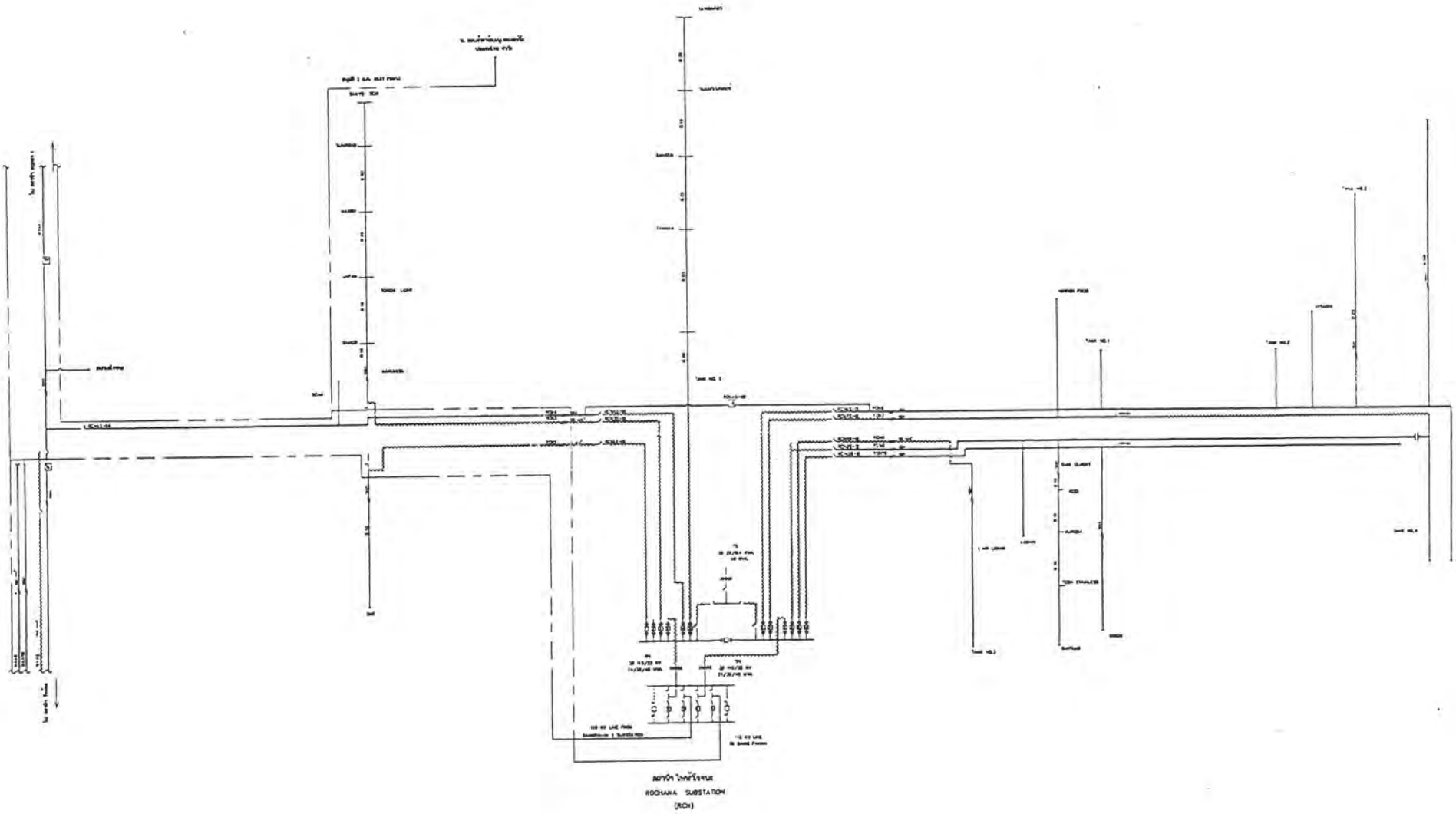
16,60,1,0,67200,0,0,0,0,0

17,57,4,0,3600080,0,0,0,0,0

18,84,1,0,5776000,0,0,0,0,0




| | | |
|---|---|---|
| ภาค_____ เขต_____ | การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค | วิธีเขียนแบบ_____ |
| ผู้เขียน_ วิทยิชร_ ศรีรำพึง_ | ผู้ร่างการ_____ | ตรวจแก้โดยแบบ_____ |
| ผู้สำรวจ_____ | | เขียนเสร็จวันที่ 29 ม.ค. 35 |
| วิศวกร_____ | | แก้แบบวันที่_____ |
| หัวหน้าแขนง_____ | แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของ สถานีไฟฟ้าย่อย บางกระทึม (BKS) | มิติเป็น_____ |
| หัวหน้าส่วนงาน_____ | | มาตราส่วน_____ |
| ผู้อำนวยการเขต_____ | | |
| ผู้อำนวยการภาค_____ | H.T. SWITCHING DIAGRAM OF DISTRIBUTION SYSTEM IN CENTRAL REGION 1 (AYUTTHAYA) | แบบเลขที่_____ |
| รองผู้ว่าการฝ่าย_____ | | แผ่นที่ จากจำนวน 107 |




การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
เขต 1 ภาค 3 อยุธยา
แผนผังสายเส้นเดี่ยวแสดงอุปกรณ์ในสถานีจำหน่าย สถานีไฟฟ้าบางกรวย
H.T. SWITCHING DIAGRAM OF DISTRIBUTION SYSTEM BANG KRASAN SUBSTATION

# ประวัติผู้เขียน

นายวรพงษ์ ดีอารมย์ เกิดวันที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2515 ที่ตำบลธนู อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 2 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2538 แล้วได้ศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลังงานไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย