รายการอ้างอิง

1. L.Goel and R.Billinton. Utilization of Interrupted Energy Assessment Rate to Evaluate Reliability Worth in Electrical Power Systems. IEEE Transactions on Power Systems. Vol.8 , No.3 , Aug1993 , pp.929-936

2. Billinton, R. and Allan. R.N. Power system reliability in perspective. Electronics and Power. 1984, 30 , pp.231-236

3. R. Allan and R. Billinton. Power System Reliability and Its Assessment Part3 Distribution System. Power Engineering journal.August 1993 : pp.185-192

4. R. Billinton. and R.N. Allan. Reliability Evaluation of Engineering Systems Concept and Techniques. Second Edition, PLENUM PRESS ,1992.

5. R. Billinton. and R.N. Allan. Reliability Evaluation of Power Systems. Pitman Advanced Publishing Program , 1984.

6. วรพงษ์ คีอารมย์. การประเมินดัชนีความเชื่อถือได้และอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าดับในระบบจำหน่ายไฟฟ้า. วิทยานิพจน์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

7. L.Goel, R. Billinton and R. Gupta. Basic Data and Evaluation of Distribution System Reliability Worth. Power System Research Group Department of Electrical Engineering University of Saskatchewan, 1991.

8. S. R. Gilligan. A method for Estimating the Reliability of Distribution Circuits. IEEE Transactions on Power Delivery. Vol. 7 , No. 2 , April 1992 , pp.694-698.

9. G. Kijolle and Kjell Sand. RELRAD-An Analytical Approach for Distribution System Reliability Assessment. IEEE Transactions on power Delivery. Vol. 7 , No. 2 , April 1992 , pp.809-814.

10. D.O. Kovel, J.C. Chang, J.Leonerd. Rural power quality. IEEE Transactions on Industry Applications. Vol. 28 (1992) , pp.761-766

11. M.H.J Bollen. Method for Reliability Analysis of Industrial Distribution Systems. IEE PROCEEDINGS-C. Vol.140 , No. 6 , November 1993.

12. M.H.J Bollen . Reliability Analysis of Industrial Power Systems Taking into account Voltage Sags. IAS'93. Conference Record of the 1993 IEEE Industry Applications Conference 28th IAS Annual Meeting. Vol. 2 , pp.1461-1468.

13. M.H.J Bollen ,P. Massee. A Classification of failure of the protection. 3rd Int. Conf. on Probabilistic Methods Applied to electric Power Systems. July1991. IEE Conf. Proc. 338. pp. 142-146

14. P. Massee, M.H.J Bollen. Reliability Analysis of Industrial Electrical Supply. 3rd Int. Conf. on Probabilistic Methods Applied to electric Power Systems. July1991 . IEE Conf. Proc. 338. pp.220-223.

15. Rubinstein, R. Y. Simulation and the Monte Carlo Method. Wiley (1981)

16. โสตถิพงศ์ พิชัยสวัสดิ์. การประเมินความเชื่อถือได้ของสถานไฟฟ้าโดยการใช้วิธีจำลองเหตุการณ์. วิทยานิพจน์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539

17. Chatfield, C. Statistics for Technology. Chapman and Hall, (1979).

18. Gordon, G. System Simulation. Prentice Hall (1969).

19. R.N. Allen, 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.

20. L. Goel, S. Kumar, and R. Billinton. A Reliability Test System for Eductional Purposes Basic Data. IEEE Transaction on Power Apparatus and System 4 (August 1989) : 1238-1244.

21. J. Endrenyi. Reliability Modeling in Electric Power System. John Wiley & Sons, 1980.

22. R. Billinton and G. Lian. Monte Carlo Approach to Substation Reliability Evaluation. IEE Proceedings-C 140 (March 1993):147-152.

23. Glenn W. Stagg and Ahmed H. Ei-Abiad. Computer Methods in Power Systems Analysis. McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS, 1968.

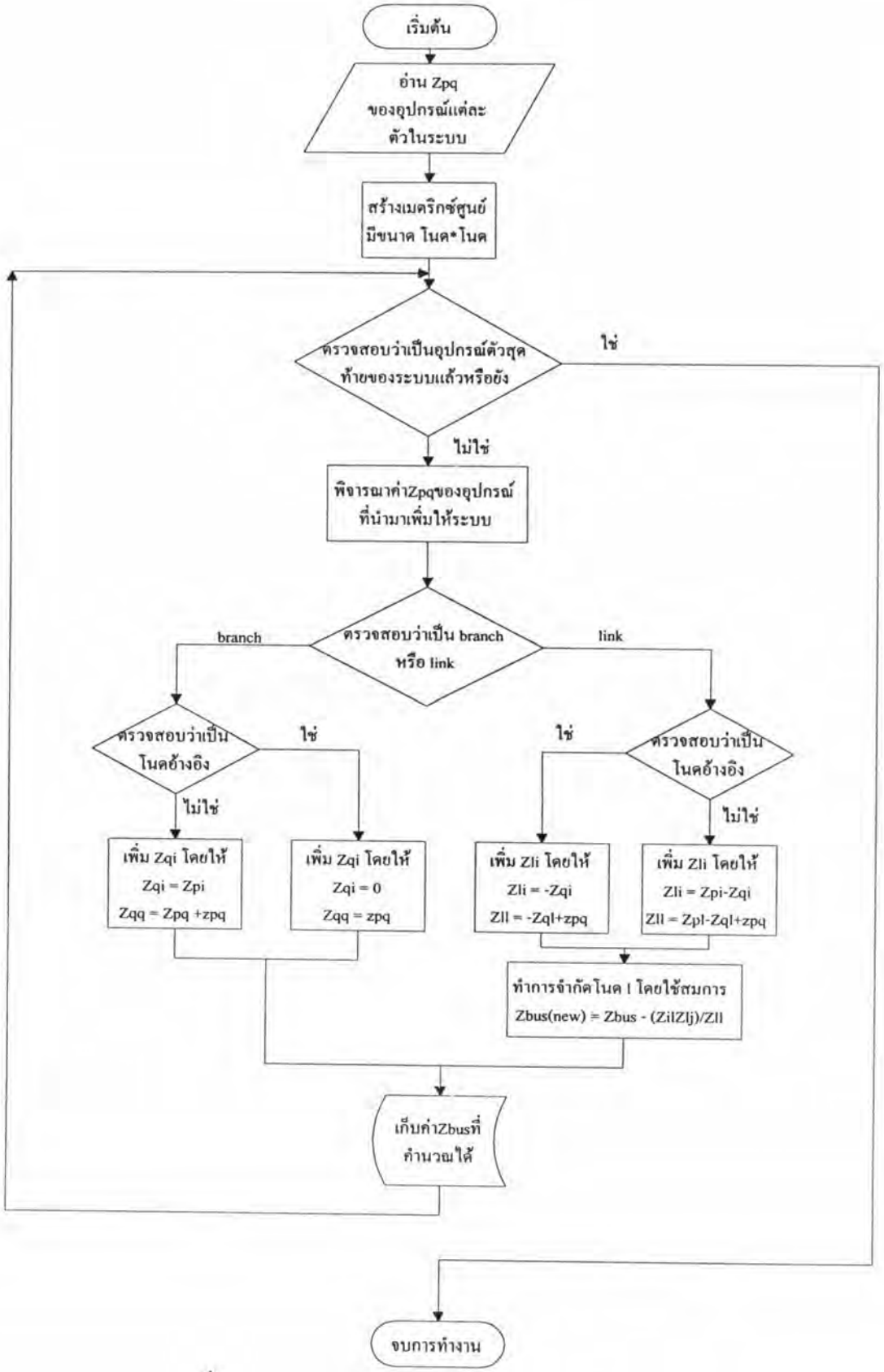
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

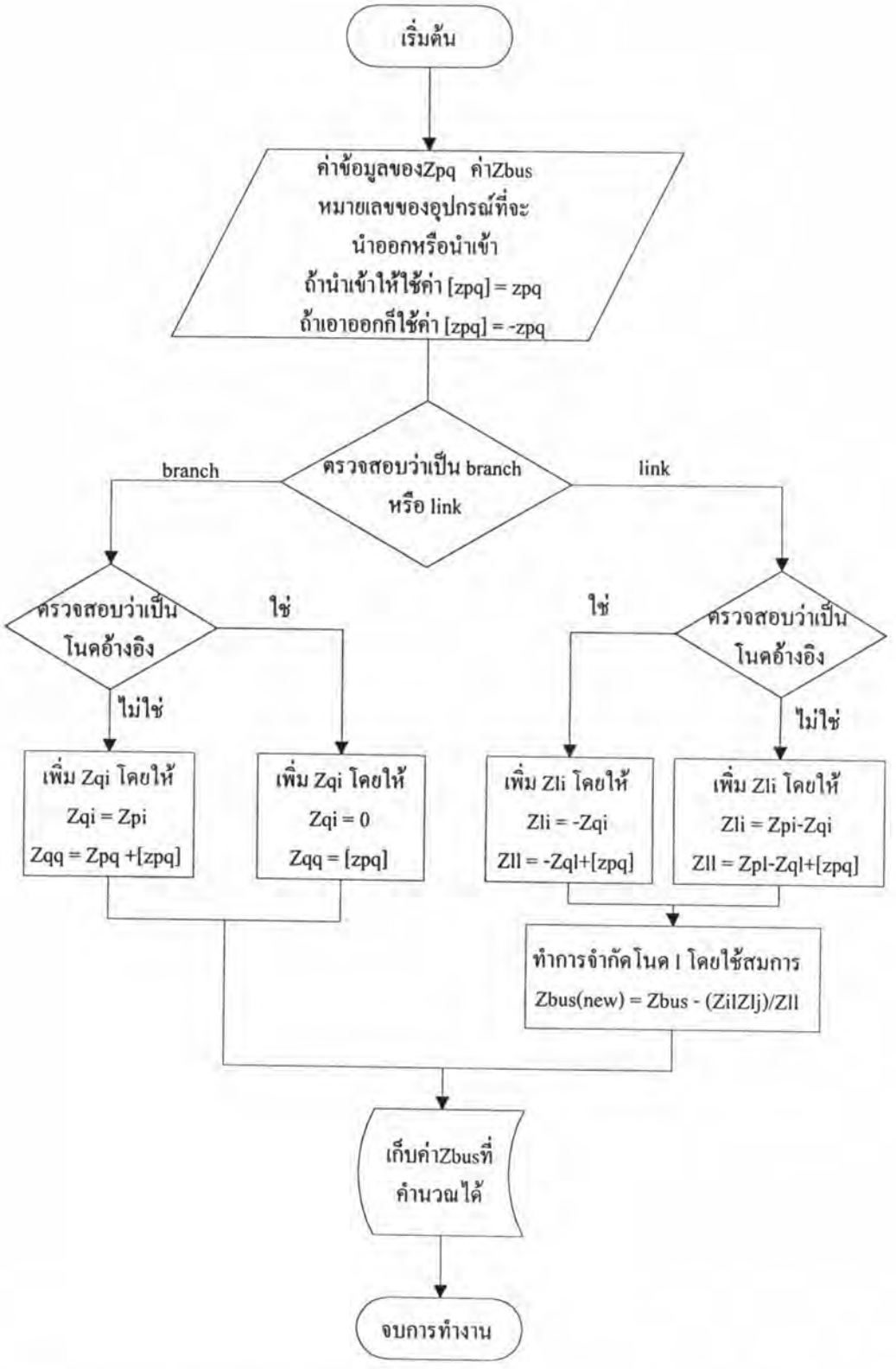
แผนผังแสดงการคำนวณหาบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ และ การคำนวณแรงดัน

เป็นแผนผังแสดงการคำนวณหาบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์ การเปลี่ยนแปลงบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์โดยการเพิ่มอุปกรณ์หรือลดอุปกรณ์ในระบบ และการคำนวณแรงดันที่จุดโหลดเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการเกิดข้อขัดข้องเพื่อพิจารณาว่าจุดโหลดว่าเกิดไฟดับหรือไม่

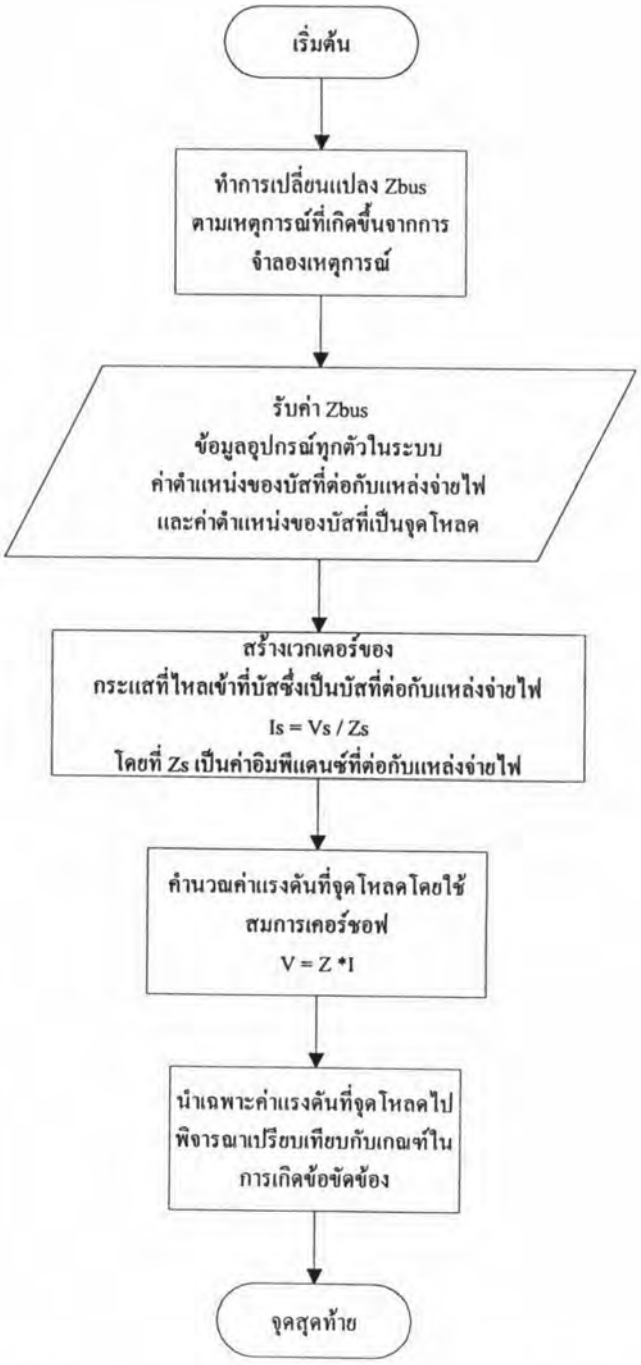
ได้แสดงแผนผังไว้อยู่ในรูปที่ ก.1 ถึง ก.3



รูปที่ ก.1 แผนผังแสดงวิธีการสร้างบัสอิมพีแดนซ์เมตริกซ์



รูปที่ ก.2 แผนผังแสดงวิธีการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์เมตริกซ์โดยการเพิ่มหรือลดอุปกรณ์ในระบบ



รูปที่ ก.3 แผนผังแสดงวิธีการคำนวณค่าแรงดันที่จุดโหลดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง Zbus

ภาคผนวก ข

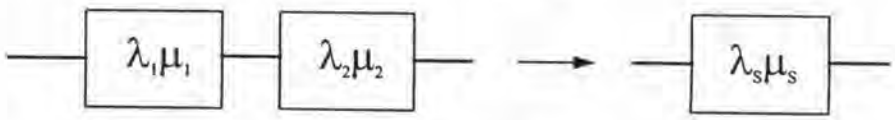
เทคนิคพื้นฐานในการคำนวณความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ข.1 วิธีการประมาณ (Approximate method)

เป็นวิธีที่ใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อการคำนวณค่าดัชนีพื้นฐาน เนื่องจากอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีการต่อทั้งแบบอนุกรมและขนาน ฉะนั้นการคำนวณค่าดัชนีพื้นฐาน[4,5]สามารถคำนวณแยกตามระบบการต่อซึ่งมีสมการดังต่อไปนี้

1. ระบบแบบอนุกรม (Series systems)

พิจารณาอุปกรณ์ 2 ตัวที่ต่อแบบอนุกรมกันอยู่ตามรูปที่ ข. 1



รูปที่ ข. 1 แสดงลักษณะอุปกรณ์ 2 ตัวต่อแบบอนุกรม

ความน่าจะเป็นที่ระบบสามารถทำงานได้ คือ

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

เมื่อพิจารณาระบบที่มีอุปกรณ์เพียงตัวเดียวตามรูปที่ ข. 1 ความน่าจะเป็นที่ระบบสามารถทำงานได้ คือ

$$P_{up} = \frac{\mu_S}{(\lambda_S + \mu_S)} \qquad (ข.2)$$

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

$$\frac{\mu_1 \mu_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} = \frac{\mu_S}{(\lambda_S + \mu_S)} \qquad (ข.3)$$

อัตราการล้มเหลวของระบบอนุกรม λ_s คือ

$$\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2 \qquad (ข.4)$$

แทนสมการที่ ข.4 ในสมการที่ ข.3 และแทนอัตราการซ่อมแซม(μ_i) ด้วยส่วนกลับระยะเวลาซ่อมแซมเฉลี่ย (r_i) ดังนั้น

$$r_s = \frac{1}{\mu_s} = \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 + \lambda_1 \lambda_2 r_1 r_2}{\lambda_s} \qquad (ข.5)$$

เนื่องจาก λ_1 λ_2 r_1 r_2 มีค่าน้อยฉะนั้นสามารถลดรูปได้ตามสมการ

$$r_s = \frac{\lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2}{\lambda_s} \qquad (ข.6)$$

เมื่อ $U_s = \lambda_s r_s$ และจากสมการที่ ข.4 และ ข. 6 สามารถสรุปการคำนวณได้ดังนี้

$$\lambda_s = \sum \lambda_i \qquad (ข.7)$$

$$U_s = \sum \lambda_i r_i \qquad (ข.8)$$

$$r_s = \frac{U_s}{\lambda_s} = \frac{\sum \lambda_i r_i}{\sum \lambda_i} \qquad (ข.9)$$

เมื่อ i คือจำนวนอุปกรณ์ที่ต่ออนุกรม

2. ระบบแบบขนาน (Parallel systems)

พิจารณาอุปกรณ์ 2 ตัวที่ต่อแบบขนานกันอยู่ตามรูปที่ ข. 2

รูปที่ ข.2 แสดงระบบขนานที่มีอุปกรณ์ 2 ตัวต่ออยู่

ความน่าจะเป็นที่ระบบไม่สามารถทำงานได้คือ

$$P_{down} = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} \quad \text{(ข.10)}$$

ความน่าจะเป็นของระบบที่มีอุปกรณ์เพียงตัวเดียวที่ไม่สามารถทำงานได้ คือ

$$P_{down} = \frac{\lambda_p}{(\lambda_p + \mu_p)} \quad \text{(ข.11)}$$

จากสมการที่ ข.10 และ ข. 11 ได้

$$\frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 + \mu_1)(\lambda_2 + \mu_2)} = \frac{\lambda_p}{(\lambda_p + \mu_p)} \quad \text{(ข.12)}$$

อัตราการซ่อมแซมของระบบขนาน (μ_P) คือ

$$\mu_P = \mu_1 + \mu_2 \quad \text{(ข.13.1)}$$

หรือ
$$\frac{1}{r_P} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \quad \text{(ข.13.2)}$$

$$r_P = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \quad \text{(ข.13.3)}$$

จากสมการที่ ข.12 และ ข. 13 สามารถคำนวณจากสมการ

$$\lambda_{pp} = \frac{\lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2)}{1 + \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2} \quad \text{(ข.14.1)}$$

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

$$r_{pp} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} \quad \text{(ข.15)}$$

$$U_{pp} = f_{pp} r_{pp} \quad \text{(ข.16.1)}$$

$$\approx \lambda_{pp} r_{pp} = \lambda_1 \lambda_2 r_1 r_2 \quad \text{(ข.16.2)}$$

ในการคำนวณระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ไม่ซับซ้อนสามารถใช้วิธียุบแบบการต่ออนุกรมและขนานได้ แต่ในกรณีที่ระบบมีความซับซ้อนไม่สามารถใช้วิธีการดังที่นำเสนอข้างต้นได้นั้นหลักการของมินิมัลคัตเซต จะถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาแทน ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีความสะดวกต่อการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์อีกทั้งมีความรวดเร็วแม่นยำในการคำนวณ และยังมีความสัมพันธ์กับสภาวะที่ระบบเกิดการขัดข้อง (Failure mode)

ประวัติผู้เขียน

นายพงศกร ยุทธโกวิท เกิดเมื่อวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2518 ที่เขตพญาไท จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2539 แล้วได้ศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลังงานไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยในระหว่างที่ศึกษาอยู่ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้รับทุนการศึกษาจากศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง