รายการอ้างอิง

1. Billinton, R. and Allan, R. N. Reliability Evaluation of Power Systems. London: Pitman Advance Publishing, 1984.
2. Mohamed, E. El. Electric Power Application of Fuzzy Systems. New York: IEEE Press, 1998. pp. 223-265.
3. Lin, C. T. and Lee, C .S. G. Neural Fuzzy Systems. New Jersey: Prentice-Hall, 1996.
4. George, J.KLIR and BoYuan Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications. New Jersey: Prentice-Hall, 1995.
5. Billinton, R and Allan, R. N. Reliability Evaluation of Engineering Systems. London: Plenum Press, 2nd edition, 1992.
6. Alvarado, F., Hu, Y., and Adapa, R. Uncertainty in Power system Modeling and Computation. IEEE International Conference on Published, Vol:1, 1992, pp. 754-760.
7. Bowles, J.B. and Pelaez, C.E. Application of fuzzy logic to reliability engineering. Proceeding of the IEEE Published, March 1995, Vol:83 3, pp. 435-449.
8. Saraiva, J.T., Miranda,V., and Pinto, L.M.V.G. Impact on some planning decisions from a fuzzy modeling of power systems. IEEE Trans. Power systems, Vol.9, no.2, May 1994, pp. 819-825.
9. Saravia, J.T., and Miranda, V. Impact in Power system Modeling from including fuzzy concepts in models. APT93. Joint International Power Conference, Vol.1, 1993, pp. 417-422.
10. Helal, L., Sharaf, A. M., Smolinski, W. J., Hill, E. F., Marshall, W. K., Thome, D. H. and Milton, B. E. A fuzzy logic based approach for HL1 reliability evaluation. Electrical and Computer Engineering, Canadian Conference on Published, vol:2, 1993, pp.1291-1294.
11. Dubois, D. and Prade, H. Fuzzy sets and probability: misunderstanding, bridges and gaps. IEEE International Conference on Published, vol.2, 1993, pp.1059-1068.
12. Momoh, J. A., Ma, X. W. and Tomsovic, K. Overview and literature survey of fuzzy set theory in power systems. IEEE Transactions on Published, Vol:10 3, 1995, pp.1676-1690.
13. Billinton, R., Tollefson, G., and Wacker, G. Assessment of Electric Service Reliability Worth. Probabilistic Methods Applied to Electric Power System, 3rd International Conference on Published, 1991, pp. 9-14.

14. Billinton, R. and Oteng-Adjei, J. Cost/benefit approach to establish optimum adequacy level for generating system planning. IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution, Vol.135, no.2, March 1988, pp. 81-87.

15. Gates, J., Billinton, R., and Wacker, G. Electric Service Reliability Worth Evaluation for Government, Institutions and Office Buildings. IEEE Trans. Power systems, Vol.14, no.1, Feb 1999, pp.43-50.

16. Tollefson, G., Billinton, R., Wacker, G., Chan, E., and Aweya, J. A Canadian Customer Survey to Assess Power System Reliability Worth. IEEE Transactions on Power System, 1994, pp. 443-450.

17. Final Report on Study of Outage Cost Project. Energy Research Institute, Chulalongkorn University, Bankok, August 1996.

18. EUA-ARPORN, B., and Bhisarnbutra, S. Customer Interruption Costs and Results. 5th PMAPS, 1997, pp. 551-556.

19. Zhongfu Tan, Huiying Tian, Xiaozhong Yang, and Gen Wang On optimum Reliability Management for Generation Systems. IEEE Proceedings on Power System Technology, POWERCON' 98, Vol: 2, 1998, pp. 971-976.

20. Billinton, R., Allan, R.N., and Abdel-Gaward, N.M.K. The IEEE reliability test system: extensions to and evaluation of the generation system. IEEE Trans., 1986, PWRS-1, pp. 1-7.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดของระบบ IEEE

ระบบ IEEE-RTS [20] เป็นระบบมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบความเชื่อถือได้ของระบบ นอกจากนี้ยังใช้เป็นระบบมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบวิธีการต่างๆที่ใช้ในการทดสอบความเชื่อถือได้ โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ของระบบผลิตไฟฟ้าจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและข้อมูลของโหลดซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ก.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

กำลังการผลิตติดตั้งในระบบ IEEE-RTS มีค่าเท่ากับ 3405 MW โดยข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงได้ดังตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ IEEE-RTS

กำลังผลิตติดตั้ง (MW)	จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ค่า FOR	MTTF (ชั่วโมง)	MTTR (ชั่วโมง)
12	5	น้ำมัน	0.02	2940	60
20	4	กังหันก๊าซ	0.10	450	50
50	6	พลังน้ำ	0.01	1980	20
76	4	ถ่านหิน	0.02	1960	40
100	3	น้ำมัน	0.04	1200	50
155	4	ถ่านหิน	0.04	960	40
197	3	น้ำมัน	0.05	950	50
350	1	ถ่านหิน	0.08	1150	100
400	2	นิวเคลียร์	0.12	1100	150

ข้อมูลอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญคือ ลำดับการเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าไปในระบบซึ่งลำดับในการเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงได้ดังตารางที่ ก.2 พร้อมทั้งแสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed cost) และค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Operating cost) โดยข้อมูลในส่วนนี้จะใช้ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายต่างๆในระบบผลิตไฟฟ้า รวมไปถึงการประเมินค่ากำลังการผลิตสำรองที่เหมาะสมในระบบ

ตารางที่ ก.2 ลำดับการเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าไปในระบบและค่าใช้จ่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ลำดับที่	ค่ากำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	ค่าใช้จ่ายคงที่ ($/kW/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการทำงาน ($/MWh)
1	50	-	0.05
2	50	-	0.05
3	50	-	0.05
4	50	-	0.05
5	50	-	0.05
6	50	-	0.05
7	400	5.0	0.30
8	400	5.0	0.30
9	350	4.5	0.70
10	197	5.0	0.70
11	197	5.0	0.70
12	197	5.0	0.70
13	155	7.0	0.80
14	155	7.0	0.80.
15	155	7.0	0.80
16	155	7.0	0.80
17	100	8.5	0.80
18	100	8.5	0.80
19	100	8.5	0.80
20	76	10.0	0.90
21	76	10.0	0.90
22	76	10.0	0.90
23	76	10.0	0.90

ตารางที่ ก.2 (ต่อ)

ลำดับที่	ค่ากำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	ค่าใช้จ่ายคงที่ ($/kW/ปี)	ค่าใช้จ่ายในการทำงาน ($/MWh)
24	12	10.0	0.90
25	12	10.0	0.90
26	12	10.0	0.90
27	12	10.0	0.90
28	12	10.0	0.90
29	20	3.0	5.00
30	20	3.0	5.00
31	20	3.0	5.00
32	20	3.0	5.00

ระบบ IEEE-RTS มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองเพื่อที่จะเพิ่มเข้าไปในระบบ โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สำรองไว้เพื่อที่จะเพิ่มเข้าไปในระบบจะเป็นแบบก๊าซเทอร์ไบน์ขนาด 25 MW โดยข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงได้ดังตารางที่ ก.3 และค่าใช้จ่ายในการผลิตจะเหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบก๊าซเทอร์ไบน์ขนาด 20 MW ของตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองในระบบ IEEE-RTS

ขนาดกำลังการผลิต (MW)	FOR	MTTF (ชั่วโมง)	MTTR (ชั่วโมง)
25	0.12	550	75

ก. 2 ข้อมูลของโหลด

โหลดสูงสุดในระบบ IEEE-RTS มีค่าเท่ากับ 2850 MW ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะแบ่งเป็น 3 ส่วนดังตารางที่ ก.4 ถึง ก.6 โดยตารางที่ ก.4 แสดงข้อมูลเป็นค่าสูงสุดในแต่ละสัปดาห์ที่เกิดขึ้นใน 52 สัปดาห์ (โหลดสูงสุดเกิดในสัปดาห์ที่ 51)

ตารางที่ ก.4 เปอร์เซนต์ของโหลดสูงสุดในแต่ละสัปดาห์

สัปดาห์	ค่าโหลดสูงสุดในแต่ละสัปดาห์	สัปดาห์	ค่าโหลดสูงสุดในแต่ละสัปดาห์
1	86.2	27	75.5
2	90.0	28	81.6
3	87.8	29	80.1
4	83.4	30	88.0
5	88.0	31	72.2
6	84.1	32	77.3
7	83.2	33	80.0
8	80.6	34	72.9
9	74.0	35	72.6
10	73.7	36	70.5
11	71.5	37	78.0
12	72.7	38	69.5
13	70.4	39	72.4
14	75.0	40	72.4
15	72.1	41	74.3
16	80.0	42	74.4
17	75.4	43	80.0
18	83.7	44	88.1
19	87.0	45	88.5
20	88.0	46	90.9
21	85.6	47	94.0
22	81.0	48	89.0
23	90.0	49	94.2

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

สัปดาห์	ค่าโหลดสูงสุดในแต่ละสัปดาห์	สัปดาห์	ค่าโหลดสูงสุดในแต่ละสัปดาห์
24	88.7	50	97.0
25	89.6	51	100.0
26	86.1	52	95.2

ตารางที่ ก.5 จะแสดงค่าสูงสุดรายวันในรูปของค่าเปอร์เซนต์ในแต่ละสัปดาห์ โดยกำหนดให้เป็นรูปแบบเดียวกันของทุกๆสัปดาห์ใน 1 ปี จากตารางที่ ก.4 และ ก.5 ข้อมูลของโหลดจะพิจารณาทั้งสิ้นเท่ากับ 364 วัน โดยกำหนดให้วันแรกเป็นวันจันทร์เสมอ

ตารางที่ ก.5 เปอร์เซนต์ของโหลดสูงสุดในแต่ละวันใน 1 สัปดาห์

วัน	ค่าโหลดสูงสุด
จันทร์	93
อังคาร	100
พุธ	98
พฤหัส	96
ศุกร์	94
เสาร์	77
อาทิตย์	75

ตารางที่ ก.6 แสดงค่าโหลดสูงสุดในแต่ละชั่วโมงใน 1 วัน โดยจะแบ่งเป็นวันธรรมดาและวันหยุดใน 3 ฤดูกาล เมื่อรวมค่าต่างๆในตารางที่ ก.4 ถึง ก.6 แล้ว จะได้ค่าโหลดในแต่ละชั่วโมงซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้นเท่ากับ 8736 ชั่วโมง โดยค่าโหลดแฟคเตอร์ในระบบมีค่าเท่ากับ 61.4 %

ตารางที่ ก.6 เปอร์เซนต์ของโหลดสูงสุดในแต่ละชั่วโมงใน 1 วัน

ชั่วโมง	ฤดูหนาว		ฤดูร้อน		ฤดูใบไม้ผลิ	ฤดูใบไม้ร่วง
	สัปดาห์		สัปดาห์		สัปดาห์	
	1-8	44-52	18-30		9-17	31-43
	วันธรรมดา	วันหยุด	วันธรรมดา	วันหยุด	วันธรรมดา	วันหยุด
12-1am	67	78	64	74	63	75
1-2	63	72	60	70	62	73
2-3	60	68	58	66	60	69
3-4	59	66	56	65	58	66
4-5	59	64	56	64	59	65
5-6	60	65	58	62	65	65
6-7	74	66	64	62	72	68
7-8	86	70	76	66	85	74
8-9	95	80	87	81	95	83
9-10	96	88	95	86	99	89
10-11	96	90	99	91	100	92
11-Noon	95	91	100	93	99	94
Noon-1pm	95	90	99	93	93	91
1-2	95	88	100	92	92	90
2-3	93	87	100	91	90	90
3-4	94	87	97	91	88	86
4-5	99	91	96	92	90	85
5-6	100	100	96	94	92	88
6-7	100	99	93	95	96	92
7-8	96	97	92	95	98	100
8-9	91	94	92	100	96	97
9-10	83	92	93	93	90	95
10-11	73	87	87	88	80	90
11-12	63	81	72	80	70	85

ประวัติผู้เขียน

นายอรรถกร กรุณานนท์ เกิดวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2519 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (เกียรตินิยมอันดับ 2) จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (ไฟฟ้ากำลัง) ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541