

## บทที่ 7

### ตัวอย่างผลการประเมินความเชื่อถือได้ และการวิเคราะห์

ในบทนี้จะแสดงผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ โดยอาศัยหลักการที่ได้กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น โดยจะทำการวิเคราะห์ระบบทดสอบ IEEE-Reliability Test System สองระบบคือ ระบบทดสอบ IEEE-Reliability Test System ที่เสนอขึ้นเมื่อปี 1979[5] และ ระบบทดสอบ IEEE-RTS ที่เสนอขึ้นในปี 1996[17] โดยจะใช้สัญลักษณ์ย่อ RTS-79 และ RTS-96 ตามลำดับ โดยจะทำการพิจารณาเฉพาะที่ค่าโหลดสูงสุด และ พิจารณาโหลดทั้งระบบเป็นโหลดที่สามารถตัดได้

เนื่องจากวัตถุประสงค์หนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้คือการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังที่คำนวณได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น กับ ค่าดัชนีที่คำนวณได้จากโปรแกรมอื่น ๆ ดังนั้นผลที่ได้จากระบบทดสอบทั้งสอง จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าดัชนีของระบบเดียวกันที่ได้จากโปรแกรมต่าง ๆ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดี เช่น CREAM TRELSS MECORE COMREL และ NH2 ซึ่งโปรแกรมที่กล่าวมาทั้งหมดมิได้พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้า ดังนั้นจึงแสดงผลการเปรียบเทียบไว้เฉพาะกรณีที่ไม่พิจารณาผลเนื่องจากการทำงานของสถานีไฟฟ้า ส่วนกรณีที่พิจารณาผลเนื่องจากการทำงานของสถานีไฟฟ้าจะแสดงผลการเปรียบเทียบโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเท่านั้น

โปรแกรมที่ใช้ในการประเมินความเชื่อถือได้ในระดับชั้นที่ 2 ที่ได้กล่าวถึงข้างต้นนั้นแต่ละโปรแกรมล้วนแตกต่างกันดังรายละเอียดที่จะกล่าวในย่อหน้าถัดไป ดังนั้นจึงจะทำการพิจารณาเปรียบเทียบกันเฉพาะดัชนีของระบบโดยไม่พิจารณาเปรียบเทียบค่าดัชนีย่อยในแต่ละบัส ทั้งนี้เพื่อแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบโดยภาพรวม

ลักษณะของแต่ละโปรแกรมเป็นดังนี้คือ

1. CREAM (Composite REliability Assessment by Monte Carlo)[10,7] เป็นโปรแกรมประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลเพียงโปรแกรมเดียวในแถบอเมริกาเหนือซึ่งโดยทั่วไปในภูมิภาคนี้ไม่นิยมใช้การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าด้วยการจำลองเหตุการณ์ CREAM ถูกพัฒนาขึ้นโดย Electric Power Reseach Institute โดยใช้ดัชนีโหลดไฟลว์ในการวิเคราะห์

2.NH2 เป็นโปรแกรมสำหรับประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังที่พัฒนาขึ้นในประเทศบราซิล[18]โดยใช้วิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเอซีโหลดโพล์และดีซีโหลดโพล์

3.MECORE เป็นโปรแกรมประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลร่วมกับการวิเคราะห์เหตุการณ์[13] โดยใช้ดีซีโหลดโพล์ในการวิเคราะห์ MECORE ถูกพัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัย Saskatchewan ในประเทศแคนาดา

4.COMREL(COMposite system RELiability analysis) เป็นโปรแกรมประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งมีการประยุกต์ใช้ในบางการไฟฟ้าในอเมริกาเหนือ[7] COMREL ถูกพัฒนาขึ้นในแคลิฟอร์เนียโดยใช้การวิเคราะห์เหตุการณ์ร่วมกับเอซีโหลดโพล์หรือการคำนวณโดยใช้ Network Model

5.TRELSS(Transmission Reliability Evaluation of Large Scale System) เป็นโปรแกรมประเมินความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังโปรแกรมล่าสุดซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท General Reliability โดยความต้องการของ Electric Power Reseach Institute(EPRI) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เหตุการณ์ ร่วมกับเทคนิคการจัดเรียงความรุนแรงของเหตุการณ์(Contingency Ranking) และเทคนิคอื่น ๆ ซึ่งช่วยลดเวลาที่ต้องใช้ในการคำนวณ[4,8] TRELSS สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเอซีโหลดโพล์และดีซีโหลดโพล์

### 7.1 ผลการวิเคราะห์ระบบทดสอบ RTS-79

ระบบทดสอบ RTS-79 ประกอบด้วยบัสจำนวน 24 บัส สายส่ง 33 เส้น หม้อแปลง ไฟฟ้า 5 ตัว เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 32 เครื่อง ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 400 MW ลงไปจนถึง 12 MW โดยมีกำลังติดตั้ง 3,405 MW และโหลดสูงสุดเท่ากับ 2,850 MW ส่วนรายละเอียดของระบบทดสอบ RTS-79 ได้แสดงไว้ในส่วนของภาคผนวก ผ.1

เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของสายส่งแต่ละเส้น และจุดโหลดทุกจุดโหลด ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของสถานีไฟฟ้าโดยใช้หลักการที่นำเสนอไว้ในบทที่ 3 โดยทำการวิเคราะห์ทุก ๆ บัสโดยใช้โปรแกรมซึ่งได้พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยตามเอกสารอ้างอิง [2] และอาศัยข้อมูลสถิติดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 7.1 และ 7.2

ตารางที่ 7.1 ความถี่ของการล้มเหลว ระยะเวลาซ่อมแซม และ ความไม่พร้อมมูลของจุดโหลดเนื่อง  
จากความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า

บัส	ความถี่ของ การล้มเหลว (ครั้ง/ปี)	ระยะเวลา ซ่อมแซม (ชั่วโมง)	ความไม่พร้อมมูล (ชั่วโมง/ปี)	ความไม่พร้อมมูล (ความน่าจะเป็น)
1	0.12444055	40.37623446	5.02444074	0.0005736
2	0.12444055	40.37623446	5.02444074	0.0005736
3	0.12300027	40.83731075	5.02300041	0.0005734
4	0.15000055	33.66654916	5.05000082	0.0005765
5	0.15000055	33.66654916	5.05000082	0.0005765
6	0.15000055	33.66654916	5.05000082	0.0005765
7	0.12780027	39.34107694	5.02780041	0.0005741
8	0.27531457	1.09712573*	0.3020547*	0.0000345*
9	0.12180027	41.22979569	5.02180041	0.0005733
10	0.12180027	41.22979569	5.02180041	0.0005733
13	0.12120027	41.42895265	5.02120041	0.0005732
14	0.15120055	33.67184108	5.09120082	0.0005812
15	0.12384055	40.56700994	5.02384074	0.0005735
16	0.13000000	39.00000000	5.07000000	0.0005788
18	0.13000000	39.00000000	5.07000000	0.0005788
19	0.25131457	1.01090319*	0.25405470*	0.0000290*
20	0.26531457	1.10078651*	0.29205470*	0.0000333*

หมายเหตุ \* ระยะเวลาซ่อมแซมและความไม่พร้อมมูลมีค่าแตกต่างกันมากในบาง  
จุดโหลด เนื่องจากความแตกต่างของโครงสร้างสถานีไฟฟ้า

ตารางที่ 7.2 ความถี่ของการล้มเหลว ระยะเวลาซ่อมแซม และ ความไม่พร้อมมูลของสายส่งเนื่อง  
จากความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า

หมายเลข สายส่ง	ความถี่ของ การล้มเหลว (ครั้ง/ปี)	ระยะเวลา ซ่อมแซม (ชั่วโมง)	ความไม่พร้อมมูล (ชั่วโมง/ปี)	ความไม่พร้อมมูล (ความน่าจะเป็น)
1	0.06328326	1.000013906	0.06328414	7.22422E-06
2	0.04744082	1.000006956	0.04744115	5.41566E-06
3	0.0688411	1.000006682	0.06884156	7.85863E-06
4	0.0688411	1.000006682	0.06884156	7.85863E-06
5	0.0688411	1.000006682	0.06884156	7.85863E-06
6	0.0656011	1.000008232	0.06560164	7.48877E-06
7	0.07720082	1.518134522	0.11720123	1.33791E-05
8	0.06560082	1.00000625	0.06560123	7.48872E-06
9	0.0728011	1.000007417	0.07280164	8.31069E-06
10	0.06620082	1.000006193	0.06620123	7.55722E-06
11	0.12428137	1.000005471	0.12428205	1.41874E-05
12	0.05360054	1.000005224	0.05360082	6.11882E-06
13	0.05300054	1.000005283	0.05300082	6.05032E-06
14	0.06240054	1.000004487	0.06240082	7.12338E-06
15	0.06240054	1.000004487	0.06240082	7.12338E-06
16	0.06300082	1.000006508	0.06300123	7.19192E-06
17	0.05420054	1.000005166	0.05420082	6.18731E-06
18	0.05900054	1.000004746	0.05900082	6.73525E-06
19	0.06900109	1.000007971	0.06900164	7.8769E-06
20	0.05840082	1.00000702	0.05840123	6.66681E-06
21	0.05840054	1.000004794	0.05840082	6.66676E-06
22	0.05500082	1.000007454	0.05500123	6.27868E-06

ตารางที่ 7.2 ความถี่ของการล้มเหลว ระยะเวลาซ่อมแซม และ ความไม่พร้อมมูลของสายส่งเนื่อง จากความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า (ต่อ)

หมายเลข สายส่ง	ความถี่ของ การล้มเหลว (ครั้ง/ปี)	ระยะเวลา ซ่อมแซม (ชั่วโมง)	ความไม่พร้อมมูล (ชั่วโมง/ปี)	ความไม่พร้อมมูล (ความน่าจะเป็น)
23	0.06104137	1.000009829	0.06104197	6.96826E-06
24	0.0470811	1.000008071	0.04708148	5.3746E-06
25	0.0530811	1.000007159	0.05308148	6.05953E-06
26	0.05248218	1.000012004	0.05248281	5.99119E-06
27	0.04444082	1.000007426	0.04444115	5.07319E-06
28	0.07600027	1.526315762	0.11600041	1.32421E-05
29	0.31384137	1.127454835	0.35384197	4.03929E-05
30	0.13720054	1.75801655	0.24120082	2.75343E-05
31	0.05720054	1.000004895	0.05720082	6.52977E-06
32	0.0464811	1.000008175	0.04648148	5.30611E-06
33	0.04708137	1.000011045	0.04708189	5.37464E-06
34	0.06884054	1.000004067	0.06884082	7.85854E-06
35	0.06884054	1.000004067	0.06884082	7.85854E-06
36	0.07244082	1.00000566	0.07244123	8.26955E-06
37	0.04300054	1.000006512	0.04300082	4.90877E-06
38	0.05644082	1.000005847	0.05644115	6.44305E-06

เมื่อทำการวิเคราะห์ระบบทดสอบ RTS-79 ด้วยโปรแกรม CREAM TRELSS และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MECORE NH2 และ COMREL จากเอกสารอ้างอิง [20] [19] และ [8] ตามลำดับ สามารถผลเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ดังแสดงใน ตารางที่ 7.3 และ 7.4 ส่วนลักษณะการลู่เข้าของค่าดัชนีได้แก่ LOLP EPNS LOLF และ LOLD ซึ่งได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นแสดงไว้ดังรูปที่ 7.1 ถึง 7.8

เมื่อพิจารณาตารางที่ 7.3 และ 7.4 พบว่าค่าดัชนีที่ประเมินได้อยู่ในช่วงที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ ยกเว้นค่าดัชนีที่ได้จากโปรแกรม TRELSS ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุหลายประการเช่น เทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้เพื่อลดเวลาในการคำนวณ เช่น เทคนิคการเรียงลำดับเหตุการณ์ แล้วทำการพิจารณาจากเหตุการณ์ที่รุนแรงที่สุดไปจนถึงเหตุการณ์ที่รุนแรงน้อยลงและเมื่อพิจารณาเหตุการณ์ซึ่งรุนแรงน้อยลงแล้วไม่ทำให้เกิดปัญหาขึ้นกับระบบแล้วจะละเลยเหตุการณ์ที่มีความรุนแรงน้อยกว่าทั้งหมด เทคนิคดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้กับระบบที่มีขนาดเล็ก(24 บัส) หรืออาจมีสาเหตุจากความผิดพลาดของโปรแกรม TRELSS เอง

เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าดัชนีที่ได้จากโปรแกรม TRELSS ในตารางที่ 7.3 พบว่าค่าดัชนีที่ได้จากเอกสารอ้างอิงที่ 8 กับค่าดัชนีที่ได้จากการทดลองใช้โปรแกรม TRELSS คำนวณโดยตรงแตกต่างกันอาจเนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น โปรแกรม TRELSS ที่ใช้ในเอกสารอ้างอิงที่ 8 คือรุ่น 1.2 แต่โปรแกรมที่ใช้ในการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้คือรุ่น 4.15 อีกประการหนึ่งคือตัวเลือกต่าง ๆ ขณะใช้งานโปรแกรมอาจแตกต่างกันซึ่งในเอกสารอ้างอิงมิได้ระบุไว้โดยละเอียด เช่น ค่าแรงดันสูงสุดหรือต่ำสุดที่จะพิจารณาเป็นค่าแรงดันที่ต้องทำการแก้ไขเป็นต้น แต่สิ่งที่สอดคล้องกันคือค่าดัชนีที่ได้มีค่าแตกต่างจากที่คำนวณได้จากโปรแกรมอื่น ๆ โดยสิ้นเชิง ข้อสังเกตประการหนึ่งคือโปรแกรม TRELSS รุ่น 4.15 ไม่สามารถพิจารณากรณีที่ระบบเกิดการแยกตัวได้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 7.3 ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-79 ที่ได้จากโปรแกรมซึ่งอาศัยวิธีวิเคราะห์

Tools	Techniques	LOLP	EPNS(MW)	LOLF(f/year)	LOLD(hours)
COMREL[8]	วิเคราะห์โดยใช้เฮซีโพลด์โฟลว์*	0.1269	19.952	-	-
TRELSS (Version 4.15)	วิเคราะห์โดยใช้เฮซีโพลด์โฟลว์ และจัดลำดับความรุนแรงของเหตุการณ์**	0.0001450	0.029	0.101	12.532
TRELSS (Version 4.15)	วิเคราะห์โดยใช้ดีซีโพลด์โฟลว์ และจัดลำดับความรุนแรงของเหตุการณ์**	0.0001013	0.446	0.099	8.947
TRELSS[8] (Version 1.2)	วิเคราะห์โดยใช้เฮซีโพลด์โฟลว์ และจัดลำดับความรุนแรงของเหตุการณ์***	0.002	0.043	-	-

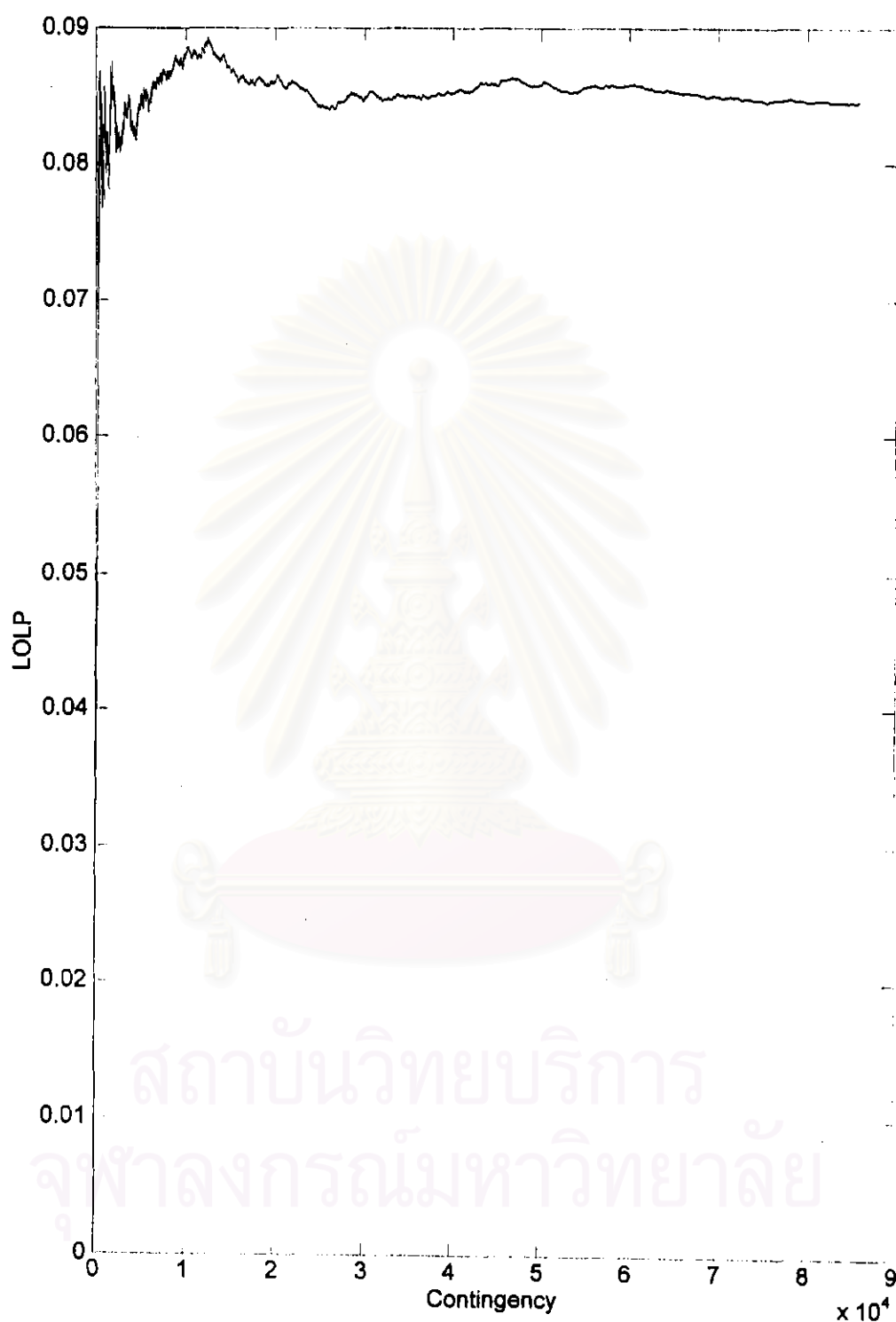
- \* พิจารณาการขัดข้องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถึงอันดับที่ 4 และ พิจารณาการขัดข้องของสายส่งถึงอันดับที่ 2
- \*\* พิจารณาการขัดข้องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถึงอันดับที่ 4 และ พิจารณาการขัดข้องของสายส่งถึงอันดับที่ 1 ซึ่งเป็นอันดับสูงสุดซึ่งโปรแกรม สามารถวิเคราะห์ได้
- \*\*\* พิจารณาการขัดข้องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถึงอันดับที่ 3 และ พิจารณาการขัดข้องของสายส่งถึงอันดับที่ 1 ซึ่งเป็นอันดับสูงสุดซึ่งโปรแกรม สามารถวิเคราะห์ได้
- หมายถึง เอกสารอ้างอิงมิได้แสดงค่าดัชนีนั้น

ตารางที่ 7.4 ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-79 ที่ได้จากโปรแกรมซึ่งอาศัยวิธีจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โล

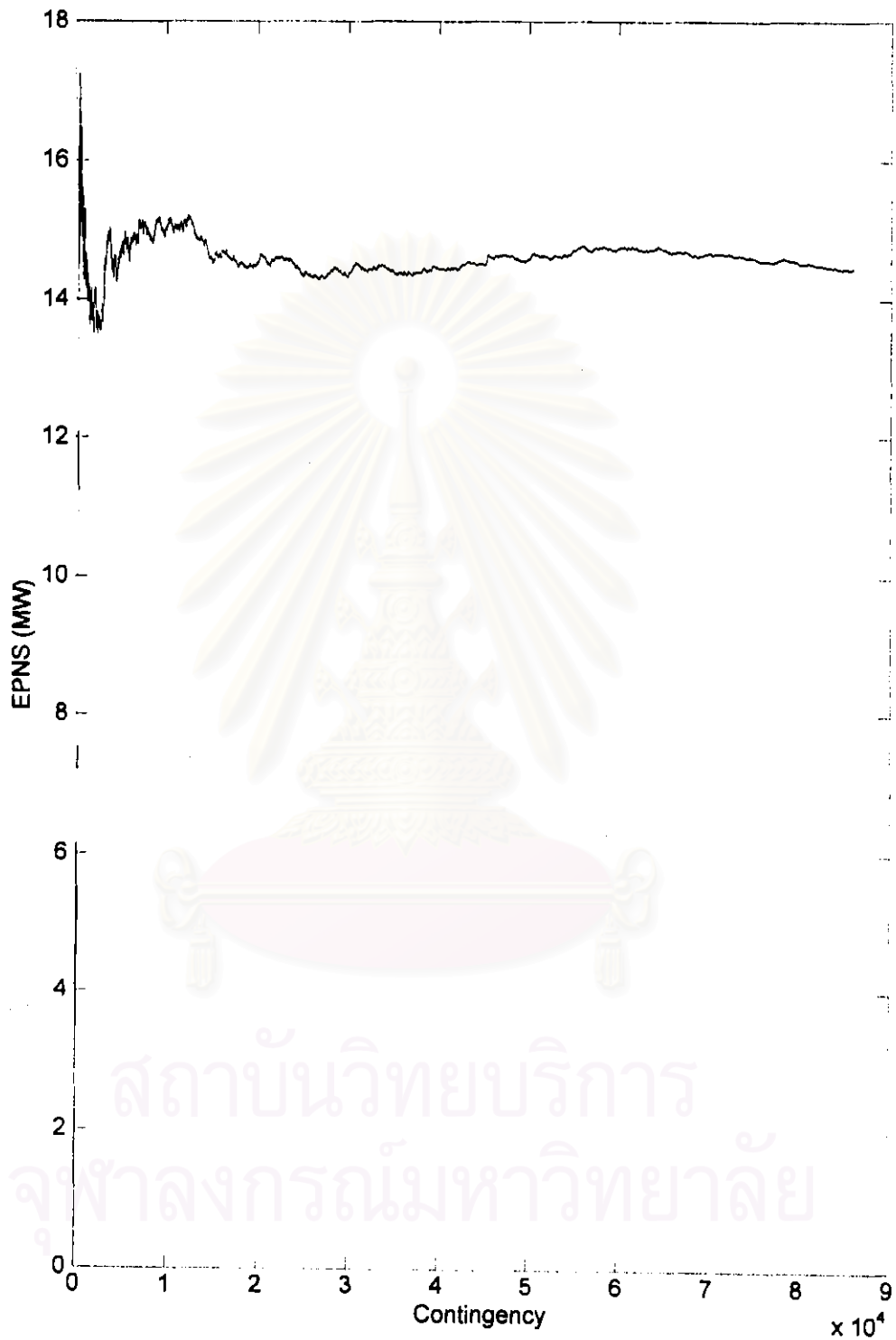
Tools	Techniques	LOLP	EPNS(MW)	LOLF(f/year)	LOLD(hours)	Relative Uncertainty
CREAM	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดโพล์	0.0844	14.533	-	-	< 0.02
MECORE[20]	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดโพล์	0.0800	13.932	-	-	0.03 – 0.05
วิธีที่พัฒนา	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดโพล์	0.0846	14.458	19.7707	37.4731	< 0.015
วิธีที่พัฒนา	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดโพล์ โดยพิจารณาผล ความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	0.0923	16.023	21.9717	36.7982	< 0.015
เอกสารอ้างอิง [20]	มอนติคาร์โลแบบลำดับ และ ดีซีโหลดโพล์	0.0843	14.445	19.5715	37.6452	0.03-0.05
NH2[19]	มอนติคาร์โลแบบลำดับ และ เฮซีโหลดโพล์	0.1512	25.148	27.31	48.50	0.03-0.09

- หมายถึง เอกสารอ้างอิงมิได้แสดงค่าดัชนีนั้น หรือ โปรแกรมนั้นไม่สามารถคำนวณค่าดัชนีนั้นได้

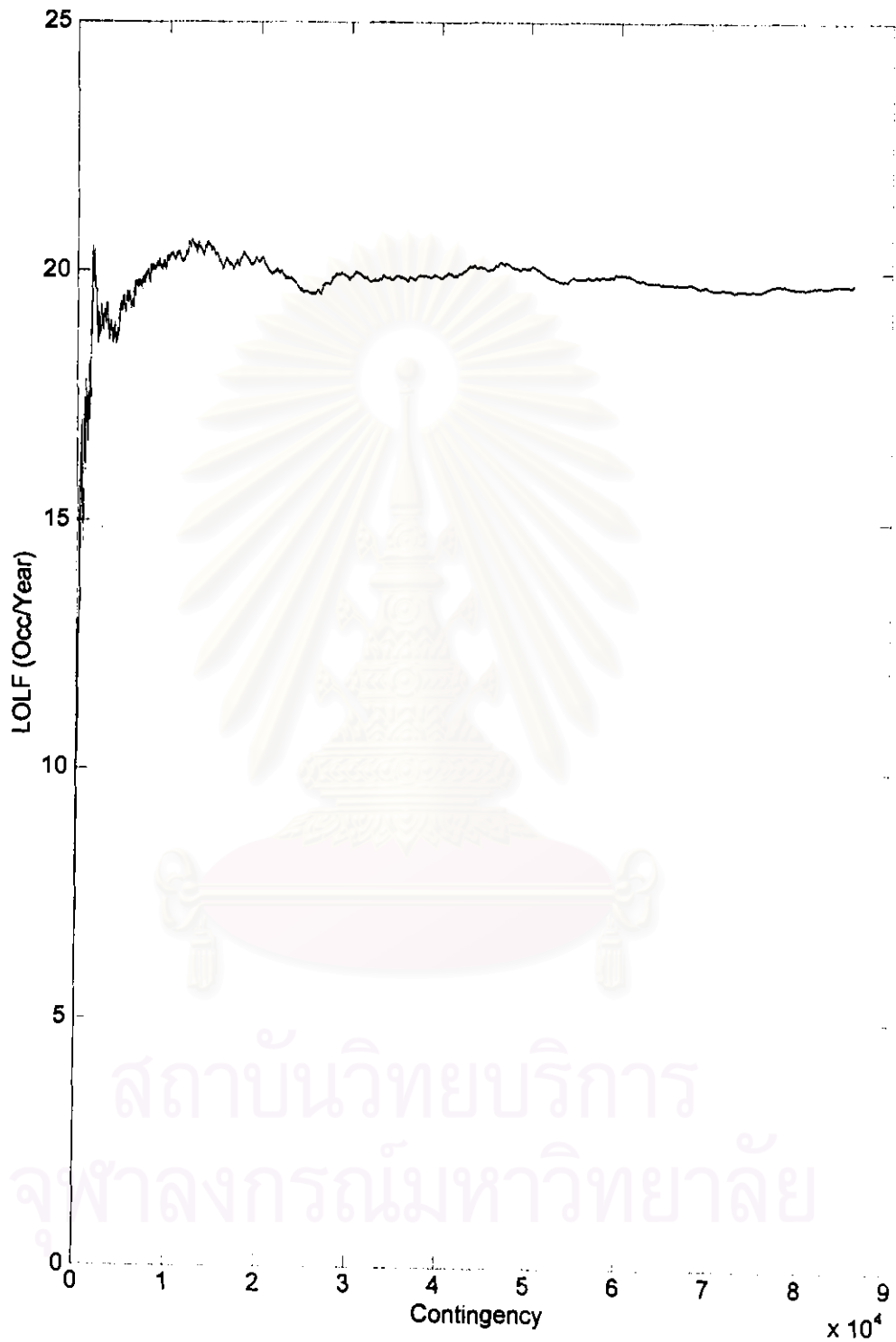




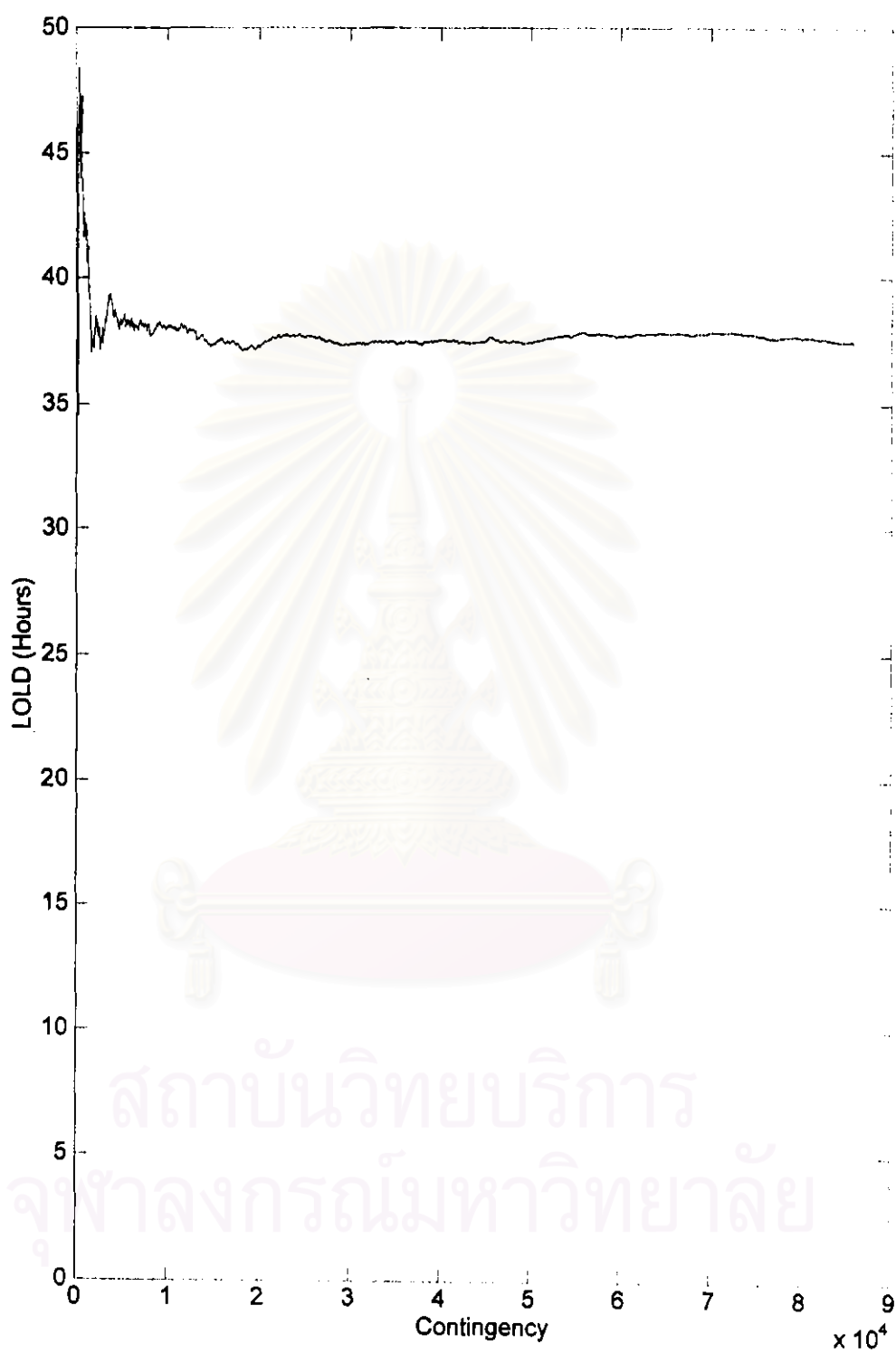
รูปที่ 7.1 ลักษณะการสู่เข้าของค่า LOLP ของระบบทดสอบ RTS-79  
ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า



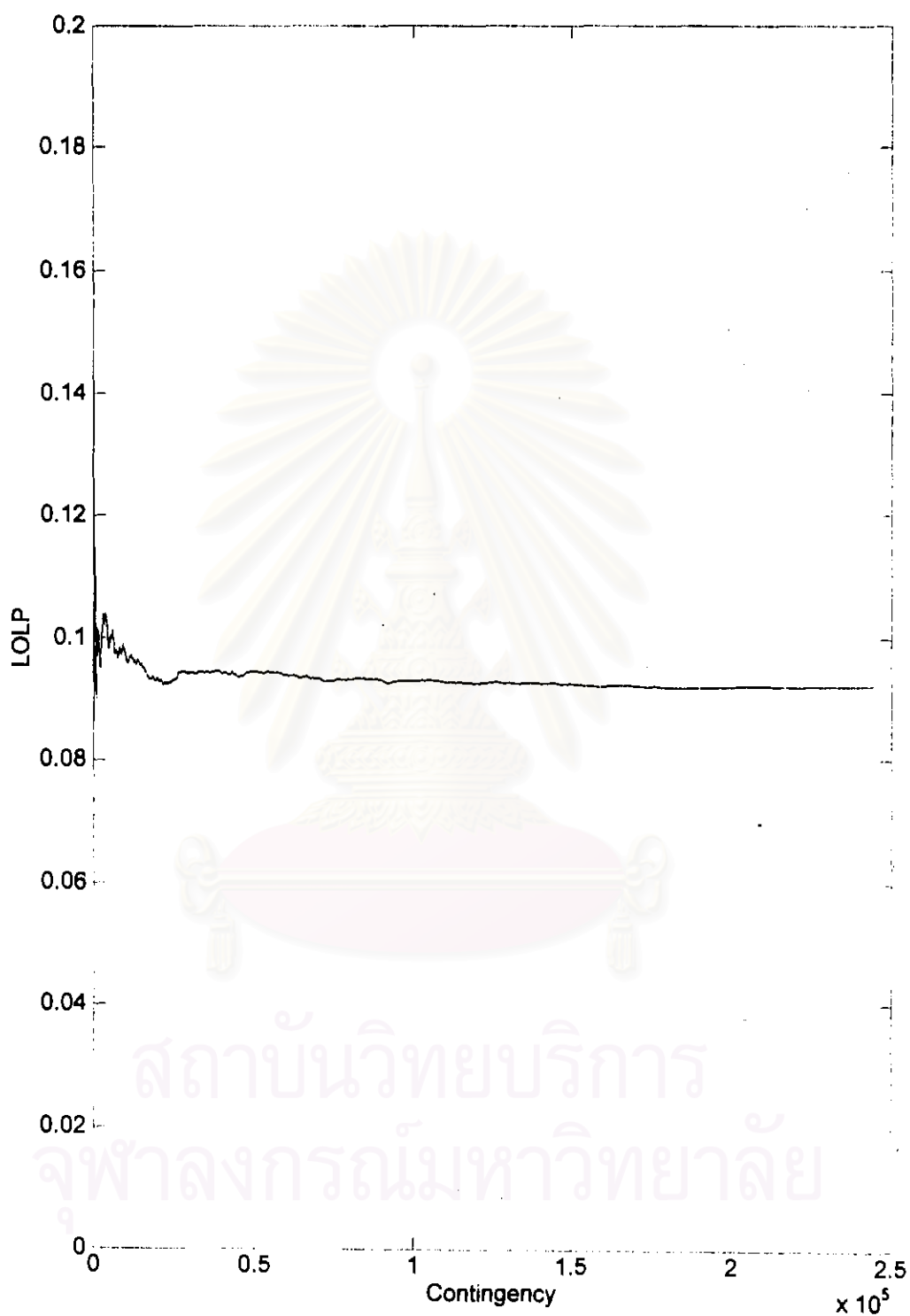
รูปที่ 7.2 ลักษณะการดูเข้าของค่า EPNS ของระบบทดสอบ RTS-79  
ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า



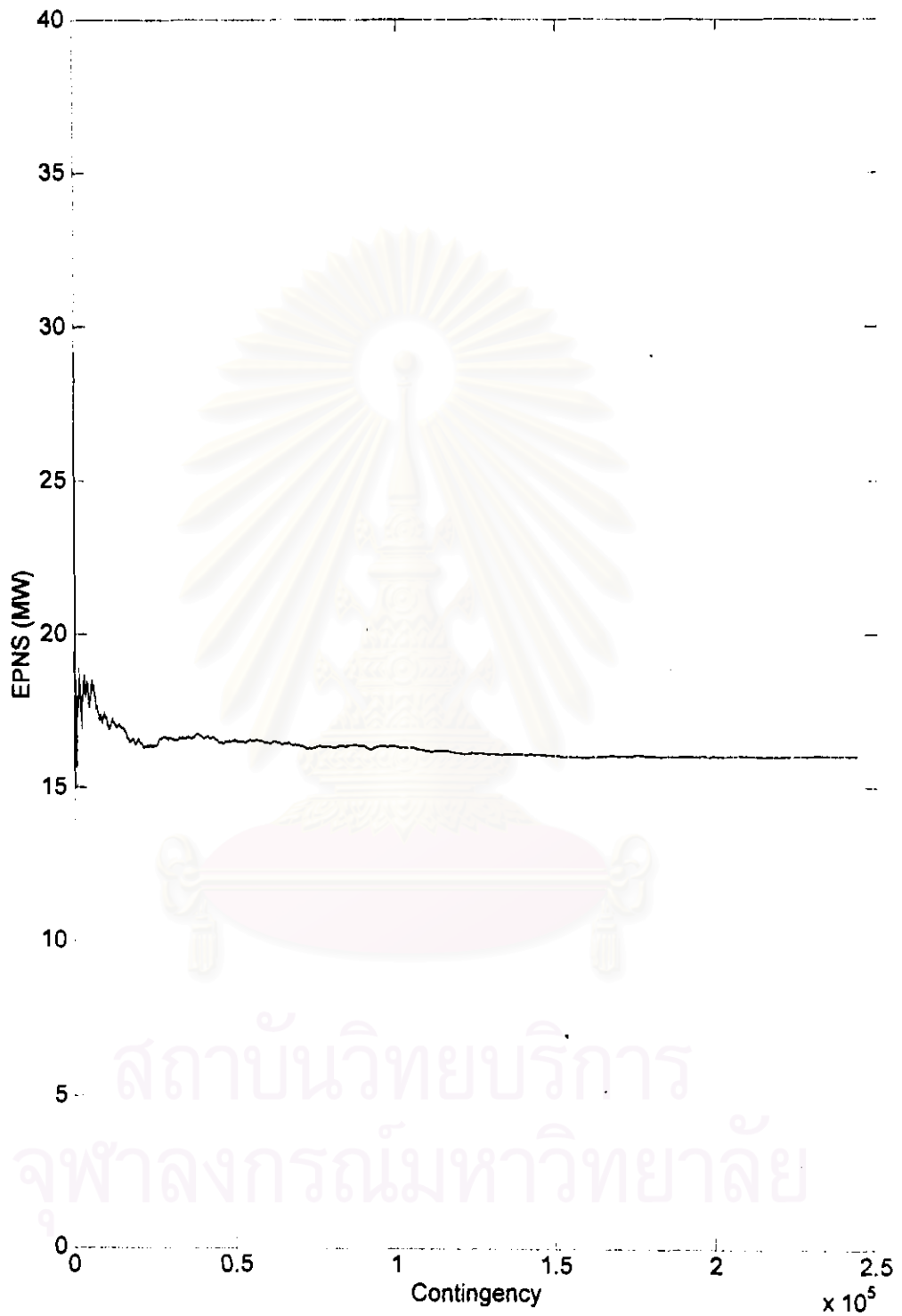
รูปที่ 7.3 ลักษณะการดูเข้าของค่า LOLF ของระบบทดสอบ RTS-79  
ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า



รูปที่ 7.4 ลักษณะการดูเข้าของค่า LOLD ของระบบทดสอบ RTS-79  
ในกรณีที่ไมพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า

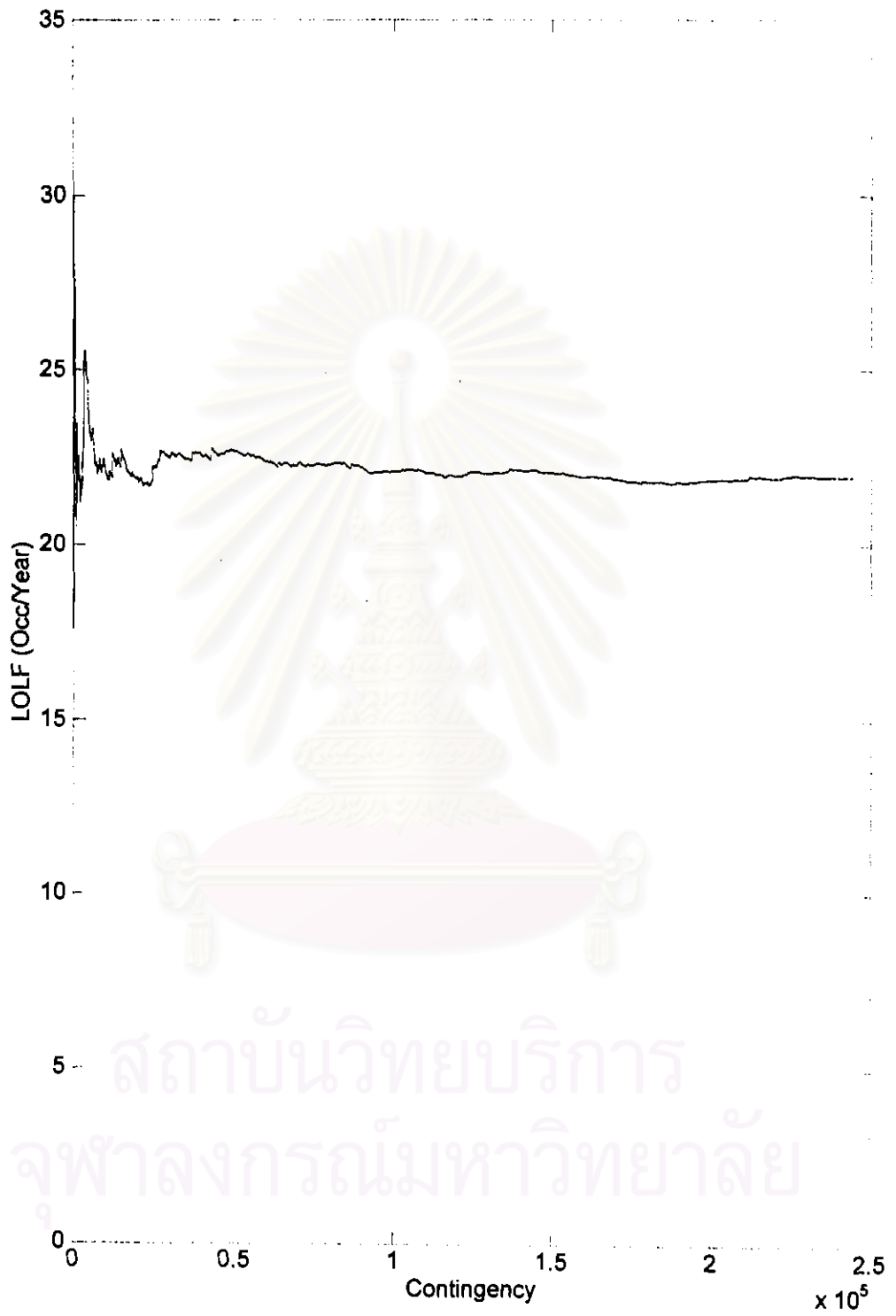


รูปที่ 7.5 ลักษณะการดูเข้าของค่า LOLP ของระบบทดสอบ RTS-79  
โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า



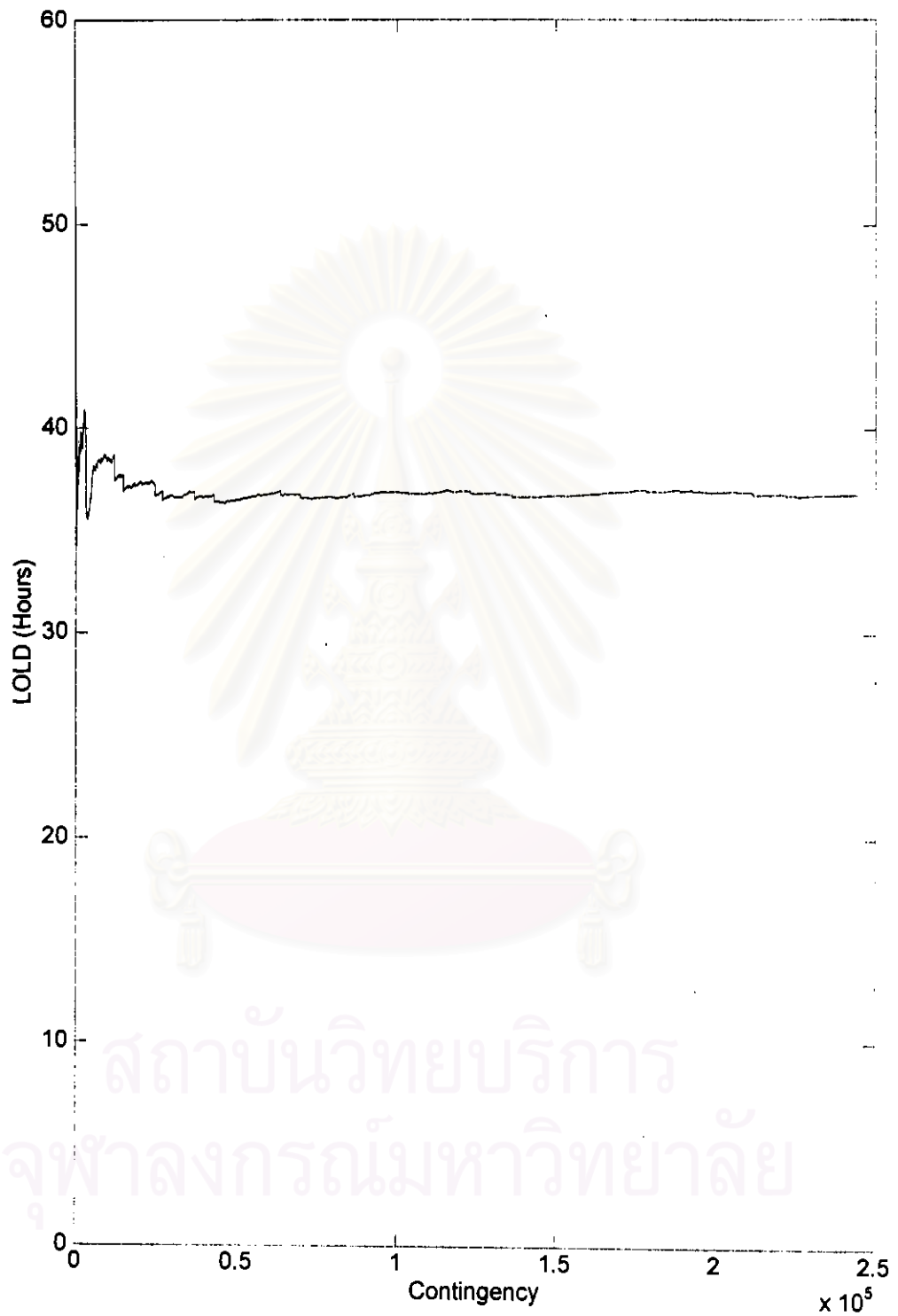
รูปที่ 7.6 ลักษณะการลู่เข้าของค่า EPNS ของระบบทดสอบ RTS-79  
โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า





สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 7.7 ลักษณะการรู้เข้าของค่า LOLF ของระบบทดสอบ RTS-79  
โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า



รูปที่ 7.8 ลักษณะการดูเข้าของค่า LOLD ของระบบทดสอบ RTS-79

โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า

หากไม่พิจารณาค่าดัชนีที่ได้จากโปรแกรม TRELSS แล้วทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรมที่ใช้เทคนิคการเลือกเหตุการณ์แบบเดียวกันกล่าวคือใช้การวิเคราะห์เหตุการณ์ หรือ ใช้การสุ่มแบบมอนติคาร์โลดังตารางที่ 7.5 จะพบว่า การใช้ดีซีโพลในการวิเคราะห์จะให้ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่ต่ำกว่า(ค่าดัชนีน้อยกว่า)การวิเคราะห์ด้วยเอซีโพล ทั้งนี้เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยดีซีโพลจะเลยผลทางด้านแรงดัน และ ค่าจำกัดของกำลังรีแอกทีฟในระบบทั้งหมด

เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรมที่ใช้การสุ่มแบบมอนติคาร์โลแบบลำดับ และ ไม่เป็นลำดับดังตารางที่ 7.6 พบว่าค่าดัชนีที่ได้แตกต่างกันเล็กน้อยสำหรับค่า EPNS LOLD และ LOLF ส่วนค่า LOLP นั้นแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นการประเมินความเชื่อถือได้ด้วยวิธีการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลแบบลำดับ และ แบบไม่เป็นลำดับ จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ อย่างมีประสิทธิภาพพดเทียมกัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีที่ได้จากโปรแกรมที่ใช้เทคนิคการคำนวณโพลโพลแบบเอซีที่ใช้การวิเคราะห์เหตุการณ์ กับโปรแกรมที่ใช้การคำนวณโพลโพลแบบเอซีเช่นเดียวกันแต่ใช้เทคนิคการเลือกเหตุการณ์โดยการสุ่มแบบมอนติคาร์โลดังตารางที่ 7.7 พบว่าโปรแกรมที่ใช้การสุ่มแบบมอนติคาร์โลจะได้ค่าดัชนีที่แย่ง(ค่าดัชนีสูงขึ้น) เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลสามารถวิเคราะห์ระบบได้โดยไม่ถูกจำกัดด้วยจำนวนอุปกรณ์ที่ล้มเหลวพร้อมกัน(Contingency depth) ดังนั้นการวิเคราะห์ด้วยการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลจึงมีโอกาสวิเคราะห์เหตุการณ์ซึ่งมีอุปกรณ์ล้มเหลวพร้อมกันหลายอุปกรณ์มากกว่าวิธีวิเคราะห์ ดังนั้นหากระบบมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์การล้มเหลวของอุปกรณ์พร้อมกันหลายอุปกรณ์มากขึ้นเพียงใดก็จะมีผลให้การวิเคราะห์ด้วยการจำลองเหตุการณ์แบบมอนติคาร์โลมีความถูกต้องมากกว่าการวิเคราะห์เหตุการณ์มากขึ้น

สำหรับลักษณะการสุ่มของค่าดัชนีความเชื่อถือได้นั้นเมื่อพิจารณารูปที่ 7.1 ถึง 7.8 จะพบว่าลักษณะการสุ่มของค่าดัชนีในกรณีที่พิจารณาผลเนื่องจากความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้าจะช้ากว่ากรณีที่พิจารณาสถานีไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากความน่าจะเป็นที่จะเกิดความล้มเหลวเนื่องจากสถานีไฟฟ้ามีค่าน้อยนั่นเอง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการสุ่มมากกว่ากรณีที่พิจารณาสถานีไฟฟ้า และอีกเหตุผลหนึ่งคือความแตกต่างของค่าดัชนีของระบบทดสอบ RTS-79 ในกรณีที่พิจารณาสถานีไฟฟ้ากับกรณีที่พิจารณาสถานีไฟฟ้าไม่แตกต่างกันมากนักในเชิงตัวเลข(หากพิจารณาร้อยละของความแตกต่างจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน) หากใช้ค่าดัชนีที่ยังมีความคลาดเคลื่อนสูงจะทำให้ผลการเปรียบเทียบค่าดัชนีของทั้งสองกรณีมีความผิดพลาดสูงมากขึ้น จึงจำ

เป็นต้องทำการสุ่มสำหรับกรณีที่ไม่พิจารณาสถานีไฟฟ้าประมาณ 85,000 ครั้ง และ สุ่มสำหรับกรณีพิจารณาสถานีไฟฟ้าประมาณ 250,000 ครั้ง

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีที่คำนวณได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นระหว่างกรณีพิจารณาผลของสถานีไฟฟ้ากับกรณีที่ไม่พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้างดแสดงในตารางที่ 7.8 พบว่าค่า LOLP EPNS และ LOLF เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 9.10 10.82 และ 11.13 ตามลำดับ ส่วนค่า LODD ซึ่งคำนวณจากอัตราส่วนระหว่าง LOLP และ LOLF มีการเปลี่ยนแปลงลดลงร้อยละ 1.8 ดังนั้นการพิจารณาความไม่พร้อมมูลของอุปกรณ์เนื่องจากสถานีไฟฟ้ามีผลต่อค่า LOLP ENPN และ LOLF ที่คำนวณได้อย่างชัดเจนจนไม่อาจจะเลยได้

ทั้งนี้ผลความแตกต่างระหว่างกรณีพิจารณาสถานีไฟฟ้ากับกรณีที่ไม่พิจารณาสถานีไฟฟ้าขึ้นกับปัจจัยที่สำคัญมากประการหนึ่งคือข้อมูลสถิติการทำงานของอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้างดนั้นหากอัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าลดลงจะมีผลให้ความแตกต่างของดัชนีที่ประเมินได้จากสองกรณีดังกล่าวลดลงด้วย และเนื่องจากหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีระยะเวลาซ่อมแซมค่อนข้างมาก และ มักต่ออนุกรมอยู่ที่จุดโหลดดังนั้นข้อมูลสถิติการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าย่อมส่งผลต่ออัตราการล้มเหลวของอุปกรณ์ในระบบเนื่องจากสถานีไฟฟ้าอย่างชัดเจนมากกว่าอุปกรณ์ชนิดอื่น ๆ

สำหรับผลของการพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้าที่จะมีต่อค่า LODD ไม่อาจกำหนดทิศทางที่แน่นอนทั้งนี้ขึ้นกับค่าของ LOLP และ LOLF นั่นเอง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.5 ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-79 ที่ได้จากโปรแกรมเชิงอาศัยวิธีการคำนวณโหลดไฟลว์แบบเอซีและแบบดีซี

Tools	Techniques	LOLP	EPNS(MW)	LOLF(f/year)	LOLD(hours)
CREAM	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดไฟลว์	0.0844	14.533	-	-
MECORE[20]	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดไฟลว์	0.0800	13.932	-	-
วิธีที่พัฒนา	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดไฟลว์	0.0846	14.458	19.7707	37.4731
วิธีที่พัฒนา	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดไฟลว์ โดยพิจารณาผล ความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	0.0923	16.023	21.9717	36.7982
เอกสารอ้างอิง [20]	มอนติคาร์โลแบบลำดับ และ ดีซีโหลดไฟลว์	0.0843	14.445	19.5715	37.6452
COMREL[8]	วิเคราะห์โดยใช้เอซีโหลดไฟลว์	0.1269	19.952	-	-
NH2[19]	มอนติคาร์โลแบบลำดับ และ เอซีโหลดไฟลว์	0.1512	25.148	27.31	48.50

- หมายถึง เอกสารอ้างอิงมิได้แสดงค่าดัชนีนั้น หรือ โปรแกรมนั้นไม่สามารถคำนวณค่าดัชนีนั้นได้

ตารางที่ 7.6 ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-79 ที่ได้จากโปรแกรมซึ่งอาศัยวิธีการจำลองเหตุการณ์มอนติคาร์โลแบบลำดับและไม่เป็นลำดับ

Tools	Techniques	LOLP	EPNS(MW)	LOLF(f/year)	LOLD(hours)
CREAM	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดเฟลว	0.0844	14.533	-	-
MECORE[20]	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดเฟลว	0.0800	13.932	-	-
วิธีที่พัฒนา	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดเฟลว	0.0846	14.458	19.7707	37.4731
เอกสารอ้างอิง [20]	มอนติคาร์โลแบบลำดับ และ ดีซีโหลดเฟลว	0.0843	14.445	19.5715	37.6452

- หมายถึง เอกสารอ้างอิงมิได้แสดงค่าดัชนีนั้น หรือ โปรแกรมนั้นไม่สามารถคำนวณค่าดัชนีนั้นได้

ตารางที่ 7.7 ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-79 ที่ได้จากโปรแกรมซึ่งอาศัยวิธีการวิเคราะห์ กับวิธีจำลองเหตุการณ์มอนติคาร์โล

Tools	Techniques	LOLP	EPNS(MW)	LOLF(f/year)	LOLD(hours)
COMREL[8]	วิเคราะห์โดยใช้เฮซีโหลดเฟลว	0.1269	19.952	-	-
NH2[19]	มอนติคาร์โลแบบลำดับ และ เฮซีโหลดเฟลว	0.1512	25.148	27.31	48.50

- หมายถึง เอกสารอ้างอิงมิได้แสดงค่าดัชนีนั้น หรือ โปรแกรมนั้นไม่สามารถคำนวณค่าดัชนีนั้นได้



ตารางที่ 7.10 ความน่าจะเป็นที่การสุ่มแบบมอนติคาร์โลจะสุ่มได้เหตุการณ์ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่องและสายส่งล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 2 เส้น สำหรับระบบทดสอบ RTS-79 (ต่อ)

เหตุการณ์	รายละเอียดการคำนวณ	ความน่าจะเป็น
1G0L	$[ {}^{32}C_1(1-0.0434375)^{(32-1)} * 0.0434375^1 ] *$ $[ {}^{38}C_0(1-0.0006705)^{(38-0)} * 0.0006705^0 ]$	0.342026369
2G0L	$[ {}^{32}C_2(1-0.0434375)^{(32-2)} * 0.0434375^2 ] *$ $[ {}^{38}C_0(1-0.0006705)^{(38-0)} * 0.0006705^0 ]$	0.240736952
3G0L	$[ {}^{32}C_3(1-0.0434375)^{(32-3)} * 0.0434375^3 ] *$ $[ {}^{38}C_0(1-0.0006705)^{(38-0)} * 0.0006705^0 ]$	0.109318642
4G0L	$[ {}^{32}C_4(1-0.0434375)^{(32-4)} * 0.0434375^4 ] *$ $[ {}^{38}C_0(1-0.0006705)^{(38-0)} * 0.0006705^0 ]$	0.035990154
0G1L	$[ {}^{32}C_0(1-0.0434375)^{(32-0)} * 0.0434375^0 ] *$ $[ {}^{38}C_1(1-0.0006705)^{(38-1)} * 0.0006705^1 ]$	0.006001113
1G1L	$[ {}^{32}C_1(1-0.0434375)^{(32-1)} * 0.0434375^1 ] *$ $[ {}^{38}C_1(1-0.0006705)^{(38-1)} * 0.0006705^1 ]$	0.008720337
2G1L	$[ {}^{32}C_2(1-0.0434375)^{(32-2)} * 0.0434375^2 ] *$ $[ {}^{38}C_1(1-0.0006705)^{(38-1)} * 0.0006705^1 ]$	0.006137852
3G1L	$[ {}^{32}C_3(1-0.0434375)^{(32-3)} * 0.0434375^3 ] *$ $[ {}^{38}C_1(1-0.0006705)^{(38-1)} * 0.0006705^1 ]$	0.002787199
4G1L	$[ {}^{32}C_4(1-0.0434375)^{(32-4)} * 0.0434375^4 ] *$ $[ {}^{38}C_1(1-0.0006705)^{(38-1)} * 0.0006705^1 ]$	0.000917608
0G2L	$[ {}^{32}C_0(1-0.0434375)^{(32-0)} * 0.0434375^0 ] *$ $[ {}^{38}C_2(1-0.0006705)^{(38-2)} * 0.0006705^2 ]$	0.000074489
1G2L	$[ {}^{32}C_1(1-0.0434375)^{(32-1)} * 0.0434375^1 ] *$ $[ {}^{38}C_2(1-0.0006705)^{(38-2)} * 0.0006705^2 ]$	0.000108241
2G2L	$[ {}^{32}C_2(1-0.0434375)^{(32-2)} * 0.0434375^2 ] *$ $[ {}^{38}C_2(1-0.0006705)^{(38-2)} * 0.0006705^2 ]$	0.000076187

ตารางที่ 7.10 ความน่าจะเป็นที่การสุ่มแบบมอนติคาร์โลจะสุ่มได้เหตุการณ์ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่องและสายส่งล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 2 เส้น สำหรับระบบทดสอบ RTS-79 (ต่อ)

เหตุการณ์	รายละเอียดการคำนวณ	ความน่าจะเป็น
3G2L	$[ {}^{32}\text{C}_3(1-0.0434375)^{(32-3)} * 0.0434375^3 ] *$ $[ {}^{38}\text{C}_2(1-0.0006705)^{(38-2)} * 0.0006705^2 ]$	0.000034596
4G2L	$[ {}^{32}\text{C}_4(1-0.0434375)^{(32-4)} * 0.0434375^4 ] *$ $[ {}^{38}\text{C}_2(1-0.0006705)^{(38-2)} * 0.0006705^2 ]$	0.000011390
	รวม	0.988314941

หมายเหตุ ตัวเลขที่อยู่หน้าตัวอักษร 'G' หมายถึงจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งล้มเหลว พร้อมกัน ส่วนตัวเลขที่อยู่หน้าตัวอักษร 'L' หมายถึงจำนวนสายส่งซึ่งล้มเหลว พร้อมกัน

ตารางที่ 7.9 และ 7.10 สามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมที่ทำการวิเคราะห์ระบบทดสอบ RTS-79 จนถึงเหตุการณ์ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่องและสายส่งล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 2 เส้นจึงเพียงพอที่จะประเมินดัชนีที่สมเหตุสมผลได้ เนื่องจากครอบคลุมเหตุการณ์ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ทั้งหมดถึงร้อยละ 98.83 และปัญหาของระบบที่พบจากการสุ่มถึงร้อยละ 90 เกิดจากเหตุการณ์ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่องและสายส่งล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 2 เส้น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 7.2 ผลการวิเคราะห์ระบบทดสอบ RTS-96

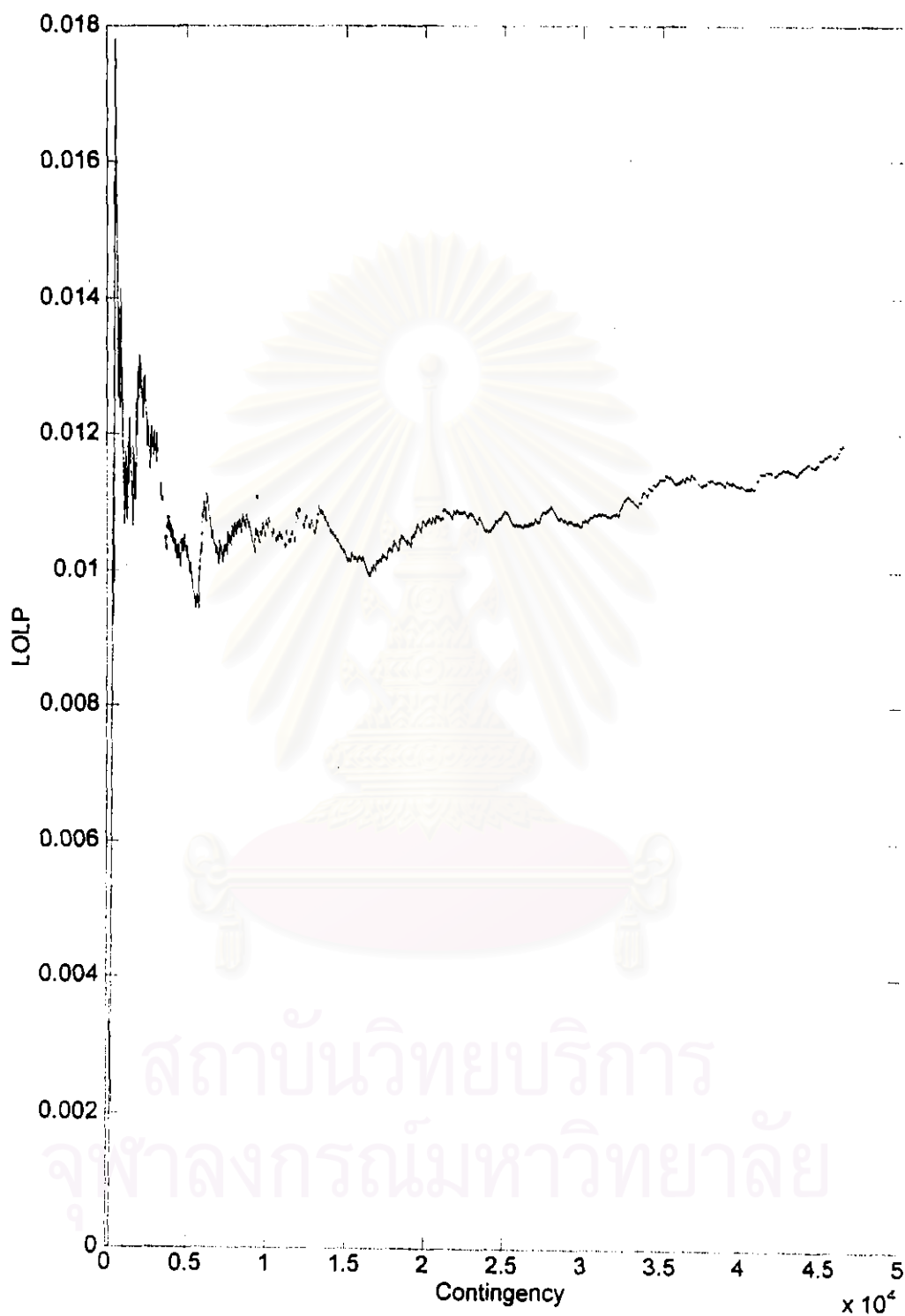
เมื่อทำการวิเคราะห์ระบบทดสอบ RTS-96 ด้วยโปรแกรม CREAM และ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม NH2 จากเอกสารอ้างอิงที่ 19 สามารถสรุปผลได้ดังแสดงในตารางที่ 7.11

ระบบทดสอบ RTS-96 ไม่สามารถคำนวณค่าดัชนีได้ด้วยโปรแกรม TRELSS เนื่องจาก TRELSS มีความต้องการใช้เนื้อที่ในฮาร์ดดิสก์สูงมากในการคำนวณ และ หากใช้ TRELSS ในการคำนวณโดยพิจารณาจำนวนอุปกรณ์ที่มีโอกาสล้มเหลวพร้อมกันเพียงหนึ่งหรือสองอุปกรณ์ค่าดัชนีที่ได้จากโปรแกรมจะมีค่าประมาณศูนย์เนื่องจากโปรแกรมได้ทำการวิเคราะห์กรณีที่อาจเกิดปัญหาขึ้นในระบบน้อยกรณีเกินไปนั่นเอง ส่วนค่าดัชนีจากเอกสารอ้างอิงอื่น ๆ นั้นยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่ทำการศึกษาระบบทดสอบ RTS-96 ดังนั้นในตารางที่ 7.11 จึงแสดงผลไว้เฉพาะผลที่ได้จากโปรแกรม CREAM โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น และ ผลจากโปรแกรม NH2 ส่วนรูปแสดงการสุ่มเข้าของค่าดัชนีต่าง ๆ ของระบบทดสอบ RTS-96 แสดงไว้ดังในรูปที่ 7.9 ถึง 7.16

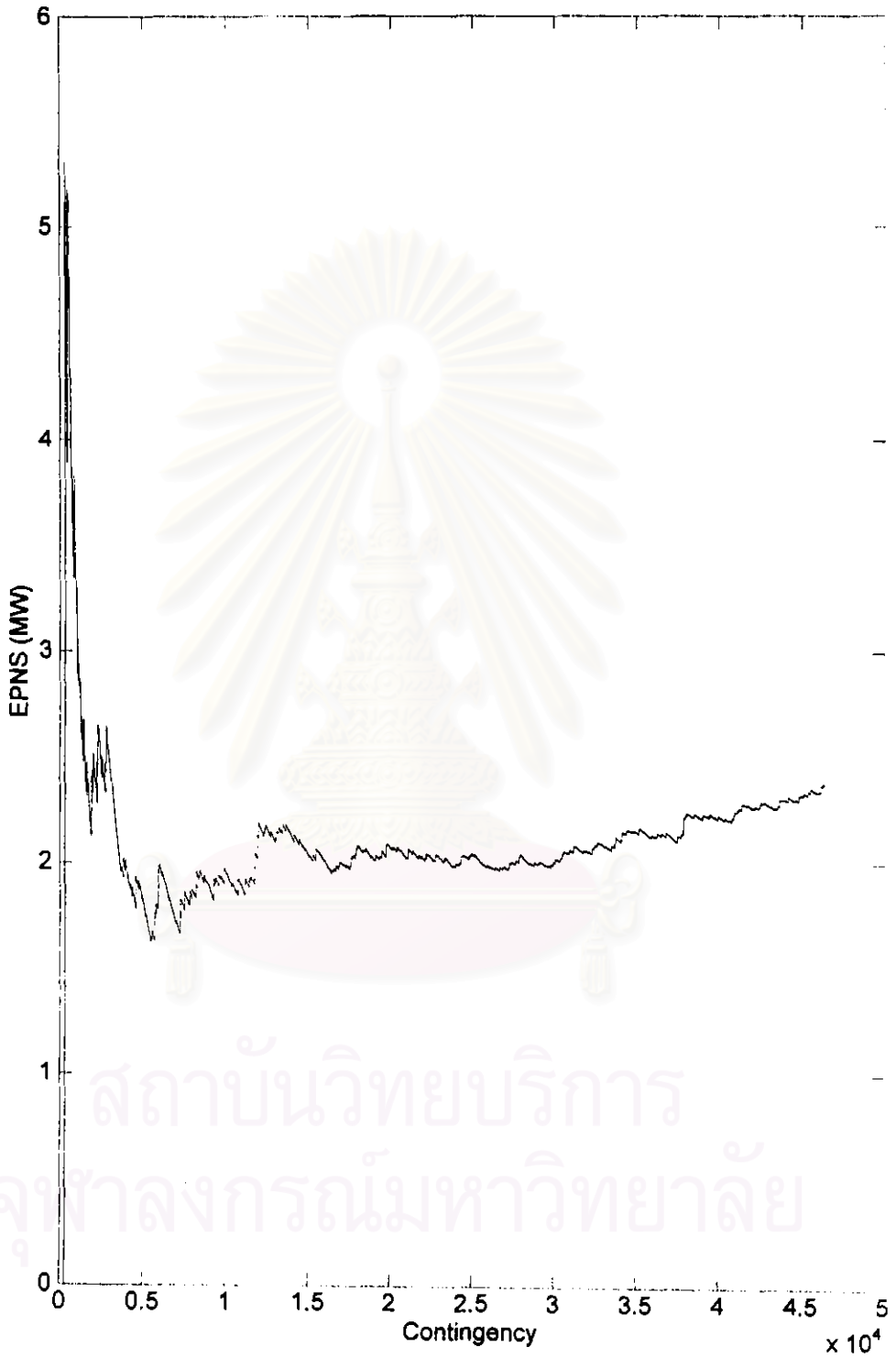
ตารางที่ 7.11 ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-96

Tools	Techniques	LOLP	EPNS(MW)	LOLF(f/year)	LOLD(hours)	Relative Uncertainty
CREAM	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดิซีโหลดโพลว์	0.0123	2.255	-	-	< 0.05
วิธีที่พัฒนา	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดิซีโหลดโพลว์	0.0118	2.373	5.12	20.27	< 0.05
วิธีที่พัฒนา	มอนติคาร์โลแบบไม่เป็นลำดับ และ ดิซีโหลดโพลว์ โดยพิจารณาผล ความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	0.0361	6.582	12.13	25.84	< 0.05
NH2[19]	มอนติคาร์โลแบบลำดับ และ เฮซีโหลดโพลว์	0.0492	6.529	25.47	16.94	0.03-0.07

- หมายถึง เอกสารอ้างอิงมิได้แสดงค่าดัชนีนั้น หรือ โปรแกรมนั้นไม่สามารถคำนวณค่าดัชนีนั้นได้

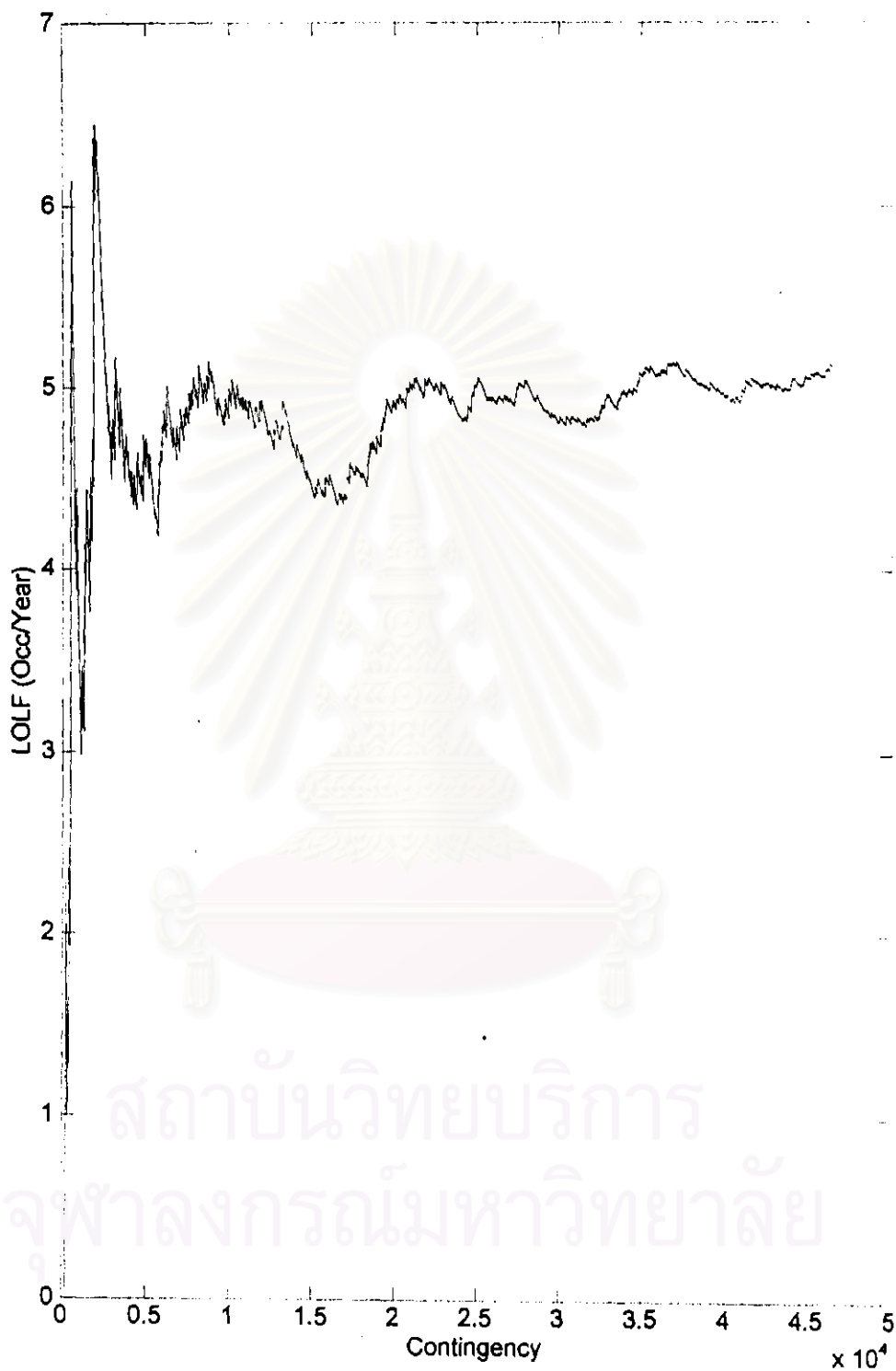


รูปที่ 7.9 ลักษณะการดูเข้าของค่า LOLP ของระบบทดสอบ RTS-96  
ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า

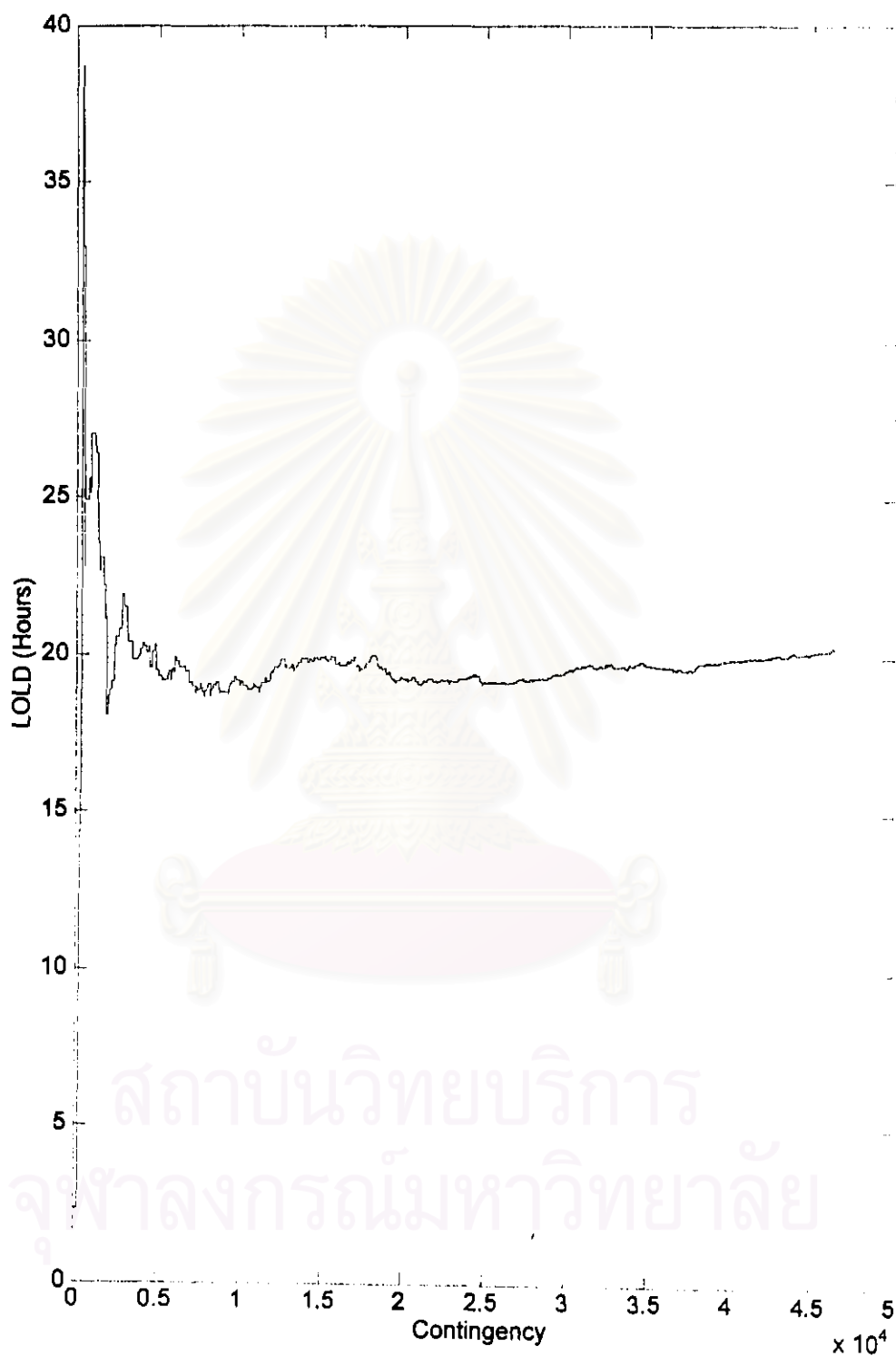


รูปที่ 7.10 ลักษณะการดูเข้าของค่า EPNS ของระบบทดสอบ RTS-96  
ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า



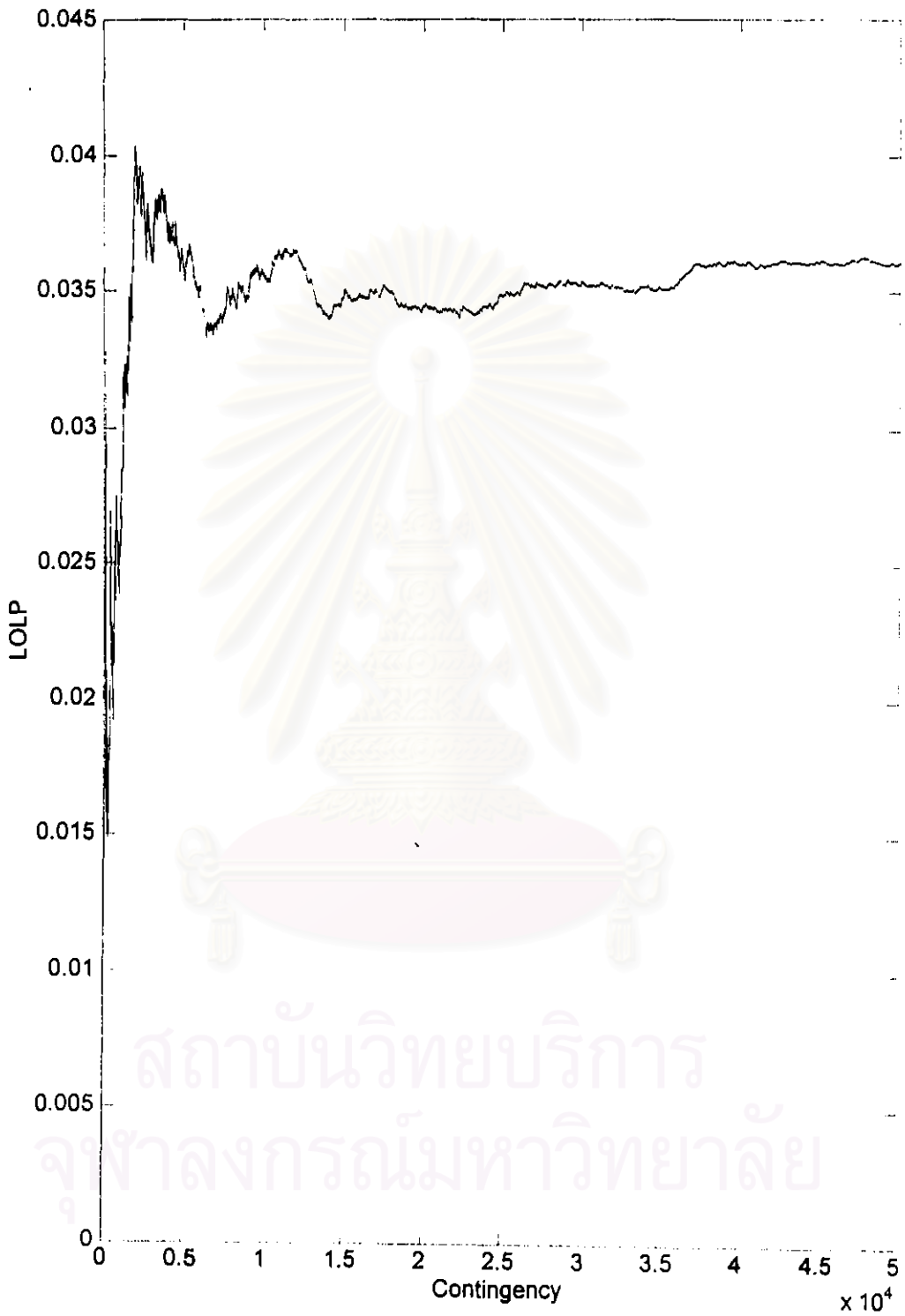


รูปที่ 7.11 ลักษณะการดูเข้าของค่า LOLF ของระบบทดสอบ RTS-96  
ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า

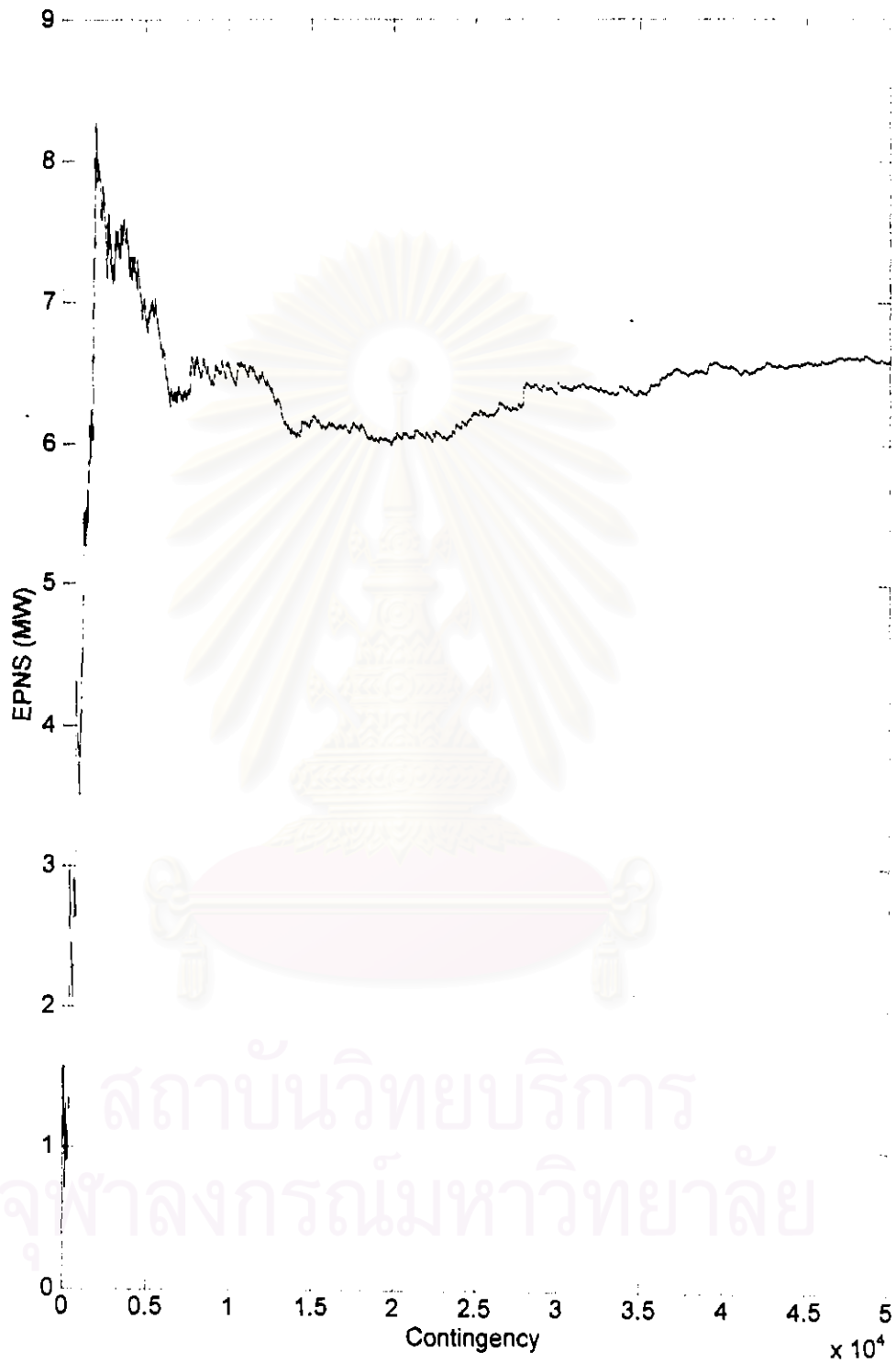


รูปที่ 7.12 ลักษณะการสุ้เข้าของค่า LOLD ของระบบทดสอบ RTS-96

ในกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า

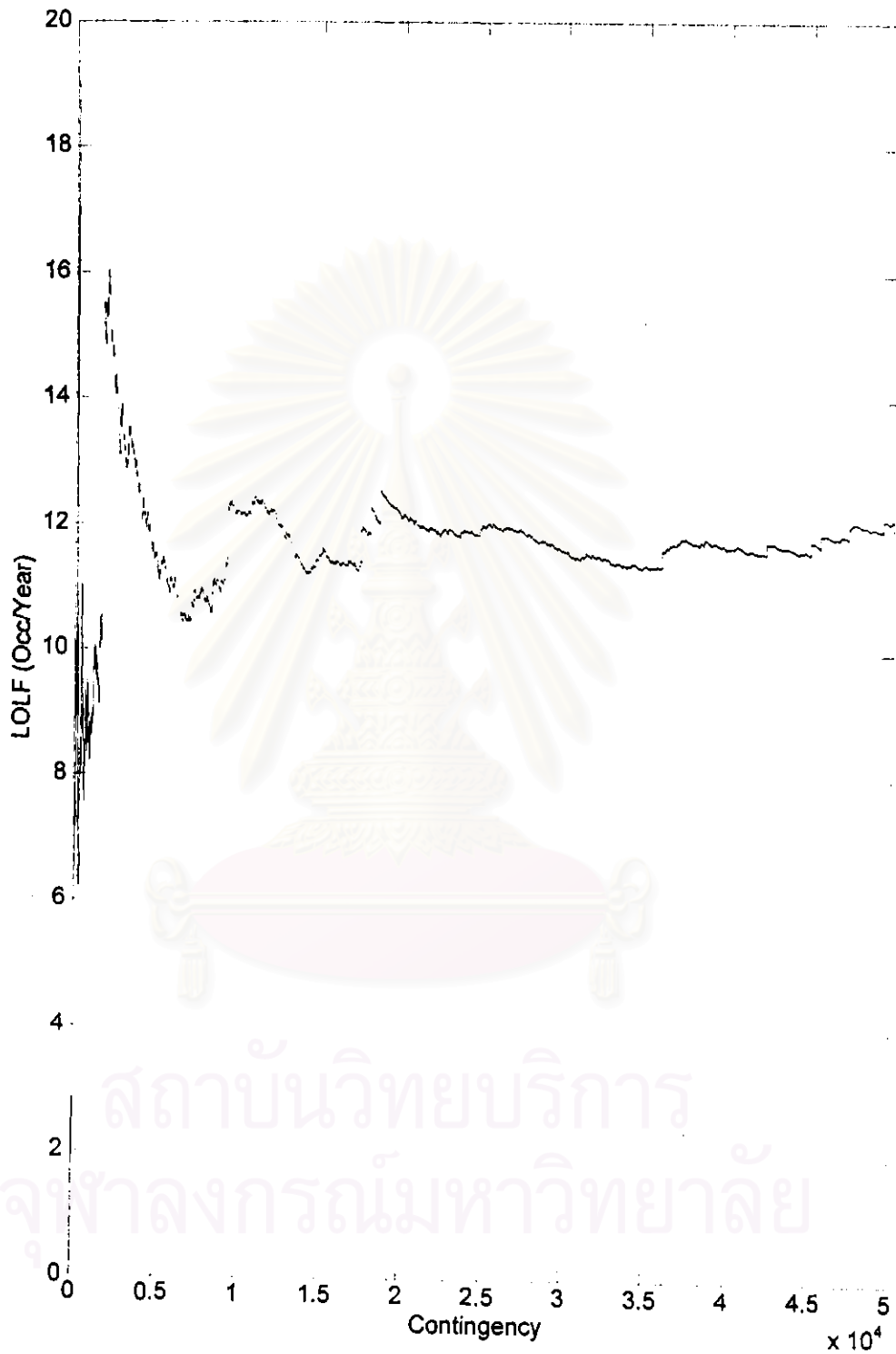


รูปที่ 7.13 ลักษณะการดูเข้าของค่า LOLP ของระบบทดสอบ RTS-96  
โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า



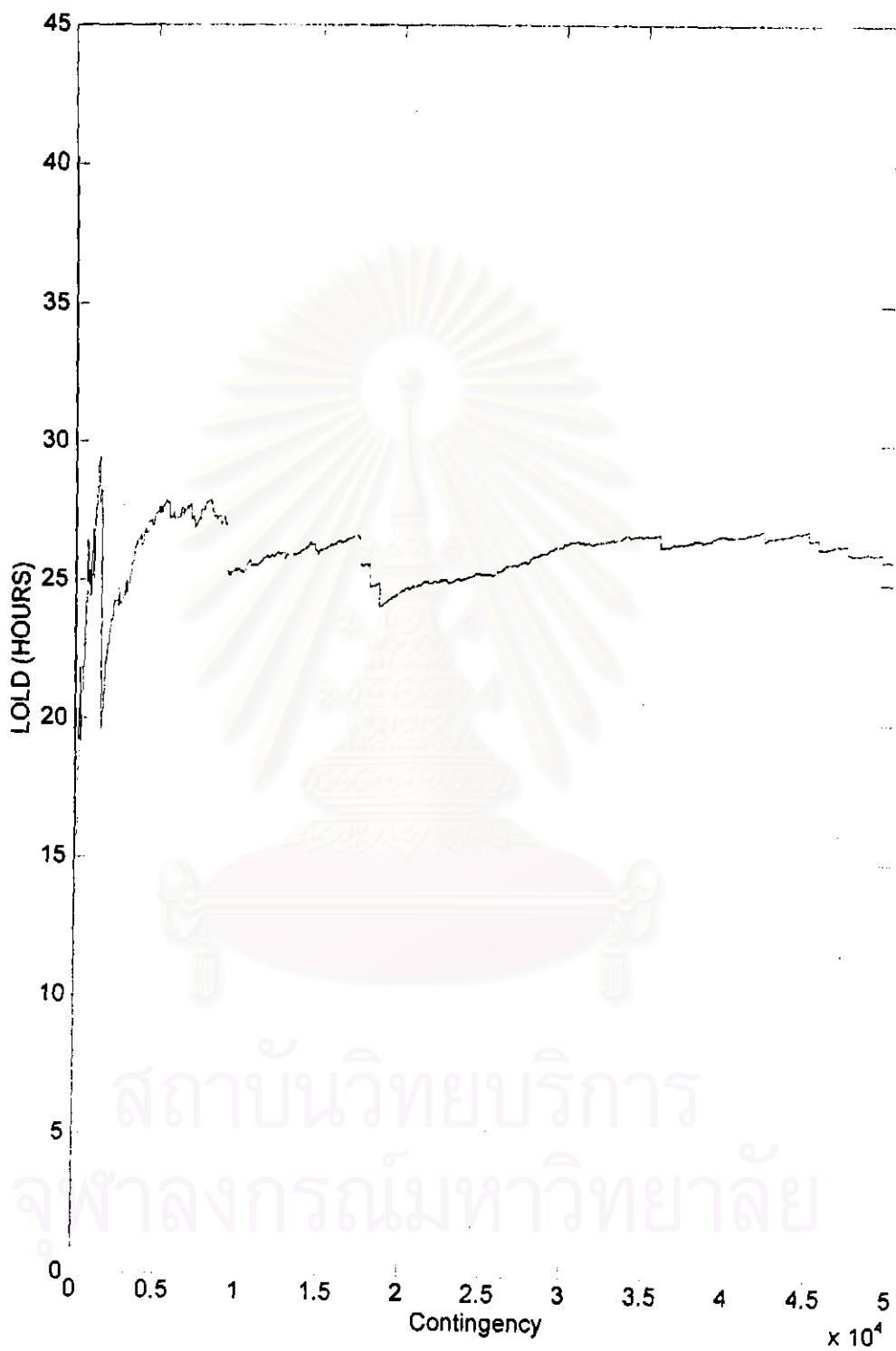
รูปที่ 7.14 ลักษณะการดูเข้าของค่า EPNS ของระบบทดสอบ RTS-96

โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า



7.15 ลักษณะการดูเข้าของค่า LOLF ของระบบทดสอบ RTS-96

โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า



รูปที่ 7.16 ลักษณะการดูเข้าของค่า LOLD ของระบบทดสอบ RTS-96  
โดยพิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า



ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ระบบทดสอบ RTS-96 เป็นไปในลักษณะเดียวกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ระบบ RTS-79 และเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากกรณีศึกษาที่พิจารณาผลความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้ากับกรณีที่ไม่พิจารณาความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้างดังแสดงในตารางที่ 7.12 จะเห็นว่าค่าดัชนีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนเช่นเดียวกับกรณีของระบบทดสอบ RTS-79 แต่ผลความเปลี่ยนแปลงในกรณีของระบบทดสอบ RTS-96 สูงกว่า โดยค่า LOLP EPNS LOLF และ LORD เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 205.93 177.37 136.91 และ 27.48 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อระบบมีขนาดใหญ่ขึ้นจำนวนสถานีไฟฟ้าและอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าก็เพิ่มขึ้นด้วยความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์ใดอุปกรณ์หนึ่งในระบบโดยเฉพาะจุดโหลดที่ต่ออนุกรมกับหม้อแปลงจะเกิดการล้มเหลวจึงสูงขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

เมื่อพิจารณารูปกราฟแสดงการสุ่มเข้าของค่าดัชนีในรูปที่ 7.9 ถึง 7.16 พบว่าค่าดัชนียังคงมีความเปลี่ยนแปลงพอสมควร โดยเฉพาะค่า LOLF และ LORD (ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของ LOLP EPNS และ LOLF มีค่าเท่ากับ 0.0228 0.0291 และ 0.0493 ตามลำดับ) แต่เนื่องจากผลเปรียบเทียบของระบบทดสอบ RTS-96 สำหรับกรณีพิจารณาสถานีไฟฟ้าและกรณีที่ไม่พิจารณาสถานีไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างชัดเจนมากอยู่แล้วจึงไม่มีความจำเป็นต้องสุ่มจนได้ค่าดัชนีที่ละเอียดมากนัก

สำหรับตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและโปรแกรม CREAM ประเมินความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยไม่พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้า จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 7.13 โดยในตารางจะแสดงเฉพาะกรณีที่เกิดปัญหาขึ้นกับระบบและจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาด้วยการตัดโหลดในช่วง 5,000 เหตุการณ์แรกที่สุ่มได้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.12 ค่าดัชนีระบบของระบบทดสอบ RTS-96 ที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

Tools	Techniques	LOLP	EPNS(MW)	LOLF(f/year)	LOLD(hours)
วิธีที่พัฒนา	มอนิเตอร์โหลดแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดเฟลว	0.0118	2.373	5.12	20.27
วิธีที่พัฒนา	มอนิเตอร์โหลดแบบไม่เป็นลำดับ และ ดีซีโหลดเฟลว โดยพิจารณาผล ความไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า	0.0361	6.582	12.13	25.84
	ความแตกต่างเทียบกับกรณีที่ไม่พิจารณาผลความ ไม่พร้อมมูลของสถานีไฟฟ้า(ร้อยละ)	205.93	177.37	136.91	27.48

ตารางที่ 7.13 กรณีที่สุ่มได้จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ประเมินความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยไม่พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้า (แสดงเฉพาะกรณีที่จำเป็นต้องแก้ปัญหาด้วยการตัดโหลดในช่วง 5,000 เหตุการณ์แรก)

EV. หมายถึง ลำดับเหตุการณ์

PMAX หมายถึง กำลังการผลิตสูงสุดที่เหลืออยู่

PSHED หมายถึง ปริมาณโหลดที่ถูกกระับการจ่ายโหลด

OUTAGED CIRCUITS

หมายถึง หมายเลขสายส่งที่ล้มเหลว

OUTAGED GENERATORS

หมายถึง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ล้มเหลวโดยอ้างอิงตามหมายเลข Generator Group ในตารางที่ ผ.6

EV.	PMAX (MW)	PSHED (MW)	OUTAGED CIRCUITS	OUTAGED GENERATORS					
198	8414	136		34	20	3	6	28	17
				38	29	25			
308	8435	115		41	28	41	42	14	25
				15					
342	8456	94		34	3	29	21	11	37
				24	25	23			
401	8489	61		12	24	19	10	30	28
				42					
590	8185	365		28	14	27	19	11	41
				31	33	39			
677	8116	434		28	9	14	34	42	33
				34	24				
691	8311	239		42	20	19	14	11	27
				34	8				

ตารางที่ 7.13 กรณีที่สุ่มได้จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ประเมินความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยไม่พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้า (แสดงเฉพาะกรณีที่จำเป็น ต้องแก้ปัญหาด้วยการตัดโหลดในช่วง 5,000 เหตุการณ์แรก) (ต่อ)

EV.	P MAX (MW)	P SHED (MW)	O UTAGED C IRCUITS	O UTAGED G ENERATORS					
700	8459	91		1	31	3	10	39	18
				15	38	24			
710	8370	180		10	1	17	21	20	6
				26	11	20	34	23	
722	8442	108		14	25	16	11	42	6
780	8378	172		6	11	38	10	3	15
				39					
798	8545	25		33	38	10	1	11	14
813	8549	1		25	34	24	15	33	13
				34	6				
926	8498	52		42	1	38	14	11	20
932	8018	532	120	38	10	25	36	29	24
				22	40	1	6		
1043	8116	434		38	28	42	26	6	20
				25	41				
1072	8499	51		11	33	34	14	17	10
				26	7	21	27	31	
1098	8426	124		38	27	11	1	3	6
				39	34				
1154	8543	17.5		11	31	19	38	8	6
				10					
1218	8074	476		17	28	3	27	41	35
				25	7	31	11	39	6

ตารางที่ 7.13 กรณีที่สามได้จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ประเมินความเชื่อถือได้ของระบบ ทดสอบ RTS-96 โดยไม่พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้า (แสดงเฉพาะกรณีที่จำเป็น ต้องแก้ปัญหาด้วยการตัดโหลดในช่วง 5,000 เหตุการณ์แรก) (ต่อ)

EV.	P MAX (MW)	P SHED (MW)	OUTAGED CIRCUITS	OUTAGED GENERATORS					
1288	8448	102		38	25	34	31	11	28
1554	8293	257		20	40	8	11	33	9
				13	41	27	24		
1657	8523	27		3	19	25	24	38	27
				6	31				
1661	7651	899		11	39	12	6	33	1
				12	25	28	10	20	
1829	8545	5		1	19	10	25	38	14
1881	8525	25		3	17	39	33	24	11
				14					
1931	7889	661		28	10	35	38	25	20
				14	34	31			
1944	7882	668		22	24	5	11	25	20
				27	28	30	19		
1955	8382	168		17	31	14	25	11	27
				21	24	32			
1987	8480	70		14	27	26	8	33	13
				15	42	25			
2007	7919	631	120	14	34	28	8	1	25
				38	21	7	39		
2138	8543	7		38	40	41	27	7	11
				10	5				

ตารางที่ 7.13 กรณีที่สุ่มได้จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ประเมินความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยไม่พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้า (แสดงเฉพาะกรณีที่จำเป็นต้องแก้ปัญหาด้วยการตัดโหลดในช่วง 5,000 เหตุการณ์แรก) (ต่อ)

EV.	P MAX (MW)	P SHED (MW)	O UTAGED C IRCUITS	O UTAGED G ENERATORS					
				3	10	5	11	38	15
2295	8481	69		3	10	5	11	38	15
				20	6				
2305	8440	110		3	25	38	39	10	37
2325	8470	80		28	39	36	17	1	38
				24					
2407	7970	580	5	39	34	28	4	42	8
				5	34	15	10		
2418	8335	215		39	11	31	38	1	8
				27	29	36	41		
2433	8011	539		21	38	19	9	42	12
				10	5	17	11	1	20
2479	8398	152		34	12	31	10	38	39
				28					
2493	8474	76		17	34	20	9	27	24
				20	15	25			
2554	8529	21		21	39	16	25	42	3
				16	37	20			
2601	8516	34		18	33	33	10	39	42
				30	20				
2862	8523	27		13	25	24	26	39	34
				3	29	12			
2956	8527	23		14	2	5	24	21	11
				28					

ตารางที่ 7.13 กรณีที่สุ่มได้จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ประเมินความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยไม่พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้า (แสดงเฉพาะกรณีที่จำเป็น ต้องแก้ปัญหาด้วยการตัดโหลดในช่วง 5,000 เหตุการณ์แรก) (ต่อ)

EV.	P MAX (MW)	P SHED (MW)	OUTAGED CIRCUITS	OUTAGED GENERATORS					
2961	8360	190		11	4	15	10	42	21
				6	24				
3147	8488	62		41	24	14	29	23	15
				19	41	8	3	20	
3197	8332	218		10	24	34	11	16	23
				5	36				
3253	8495	55		14	38	5	11	19	28
				15					
3273	8168	382		26	24	33	33	39	11
				25	6				
3309	8383	167	30	24	13	11	36	27	42
				20	1				
3318	8240	310		16	38	6	24	10	3
				3	12	7	11		
3366	8488	62		24	27	27	11	3	25
				34					
3458	8090	460		30	11	42	39	6	28
				27	34				
3563	8213	337	15	22	10	24	34	39	11
				12					
3577	8419	131		24	35	37	6	7	19
				40	20	11	34	2	



ตารางที่ 7.13 กรณีที่สุ่มได้จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ประเมินความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยไม่พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้า (แสดงเฉพาะกรณีที่จำเป็น ต้องแก้ปัญหาด้วยการตัดโหลดในช่วง 5,000 เหตุการณ์แรก) (ต่อ)

EV.	P MAX (MW)	P SHED (MW)	O UTAGED C IRCUITS	O UTAGED GENERATORS					
3654	8141	409		38	6	33	36	17	25
				19	20	13	42		
3712	8386	164		20	36	17	13	38	27
				5	6	19	28		
3715	8446	104		24	31	7	11	27	1
				42	35	10			
3820	8431	119		33	24	2	15	38	34
				34	20	20			
3860	8543	7		24	34	25	36	17	38
				5					
3976	8265	285		42	11	10	14	28	19
4046	8495	55		31	35	26	1	37	7
				27	11	39	10	30	3
4092	8279	271		18	36	42	38	23	39
				25					
4096	7831	719		33	3	37	41	21	13
				11	39	38	6	15	42
				1					
4201	8416	134		6	38	31	15	39	10
				35	14				
4224	8505	45		42	26	22	33	19	10
				41	11				



ตารางที่ 7.13 กรณีที่สุ่มได้จากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ประเมินความเชื่อถือได้ของระบบทดสอบ RTS-96 โดยไม่พิจารณาผลของสถานีไฟฟ้า (แสดงเฉพาะกรณีที่จำเป็น ต้องแก้ปัญหาด้วยการตัดโหลดในช่วง 5,000 เหตุการณ์แรก) (ต่อ)

EV.	PMAX (MW)	PSHED (MW)	OUTAGED CIRCUITS	OUTAGED GENERATORS					
4260	8426	124		6	38	24	31	20	13
				17	25				
4284	8516	34		20	25	27	6	38	14
4577	8543	7		10	17	19	37	34	24
				11					
4620	8543	7		19	12	24	10	17	20
				42	13				
4795	8550	0		5	41	37	42	11	28
				22					
4855	8290	260		33	24	38	22	42	5
				3	10				
4859	8362	188		39	33	15	27	32	13
				34	28	25			
4876	8378	172		17	39	24	34	25	29
				11					
4959	8362	188		6	4	36	30	20	34
				25	24	13			

เมื่อพิจารณາตารางที่ 7.13 พบว่าไม่มีเหตุการณ์ใดเลยในตารางซึ่งเกิดจากเหตุการณ์ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่อง

และเมื่อทำการพิจารณาสถานะทั้งหมดของระบบ RTS-96 ซึ่งมีโอกาสถูกสุ่มขึ้นมาพิจารณาจากการสุ่มแบบมอนติคาร์โลโดยพิจารณาความน่าจะเป็นของการล้มเหลวของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 96 เครื่องเท่ากับค่าเฉลี่ยคือ 0.0434375 และ ความน่าจะเป็นของการล้มเหลวของสายส่ง

120 เส้นเท่ากับค่าเฉลี่ยคือ 0.0006765 พบว่าโอกาสที่การสุ่มแบบมอนติคาร์โลจะสุ่มได้เหตุการณ์ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่องและสายส่งล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 2 เส้น มีค่าเพียงร้อยละ 59.49 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 7.14

ตารางที่ 7.14 ความน่าจะเป็นที่การสุ่มแบบมอนติคาร์โลจะสุ่มได้เหตุการณ์ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่องและสายส่งล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 2 เส้น สำหรับระบบทดสอบ RTS-96

เหตุการณ์	รายละเอียดการคำนวณ	ความน่าจะเป็น
0G0L	$[ {}^{96}C_0(1-0.0434375)^{(96-0)} * 0.0434375^0 ] * [ {}^{120}C_0(1-0.0006765)^{(120-0)} * 0.0006765^0 ]$	0.012978179
1G0L	$[ {}^{96}C_1(1-0.0434375)^{(96-1)} * 0.0434375^1 ] * [ {}^{120}C_0(1-0.0006765)^{(120-0)} * 0.0006765^0 ]$	0.056576551
2G0L	$[ {}^{96}C_2(1-0.0434375)^{(96-2)} * 0.0434375^2 ] * [ {}^{120}C_0(1-0.0006765)^{(120-0)} * 0.0006765^0 ]$	0.122034198
3G0L	$[ {}^{96}C_3(1-0.0434375)^{(96-3)} * 0.0434375^3 ] * [ {}^{120}C_0(1-0.0006765)^{(120-0)} * 0.0006765^0 ]$	0.173635939
4G0L	$[ {}^{96}C_4(1-0.0434375)^{(96-4)} * 0.0434375^4 ] * [ {}^{120}C_0(1-0.0006765)^{(120-0)} * 0.0006765^0 ]$	0.183321772
0G1L	$[ {}^{96}C_0(1-0.0434375)^{(96-0)} * 0.0434375^0 ] * [ {}^{120}C_1(1-0.0006765)^{(120-1)} * 0.0006765^1 ]$	0.001054281
1G1L	$[ {}^{96}C_1(1-0.0434375)^{(96-1)} * 0.0434375^1 ] * [ {}^{120}C_1(1-0.0006765)^{(120-1)} * 0.0006765^1 ]$	0.004595994
2G1L	$[ {}^{96}C_2(1-0.0434375)^{(96-2)} * 0.0434375^2 ] * [ {}^{120}C_1(1-0.0006765)^{(120-1)} * 0.0006765^1 ]$	0.009913443
3G1L	$[ {}^{96}C_3(1-0.0434375)^{(96-3)} * 0.0434375^3 ] * [ {}^{120}C_1(1-0.0006765)^{(120-1)} * 0.0006765^1 ]$	0.014105308
4G1L	$[ {}^{96}C_4(1-0.0434375)^{(96-4)} * 0.0434375^4 ] * [ {}^{120}C_1(1-0.0006765)^{(120-1)} * 0.0006765^1 ]$	0.014892136

ตารางที่ 7.14 ความน่าจะเป็นที่การสุ่มแบบมอนติคาร์โลจะสุ่มได้เหตุการณ์ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่องและสายส่งล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 2 เส้น สำหรับระบบทดสอบ RTS-96 (ต่อ)

เหตุการณ์	รายละเอียดการคำนวณ	ความน่าจะเป็น
0G2L	$[ {}^{96}C_0(1-0.0434375)^{(96-0)} * 0.0434375^0 ] * [ {}^{120}C_2(1-0.0006765)^{(120-2)} * 0.0006765^2 ]$	0.000042465
1G2L	$[ {}^{96}C_1(1-0.0434375)^{(96-1)} * 0.0434375^1 ] * [ {}^{120}C_2(1-0.0006765)^{(120-2)} * 0.0006765^2 ]$	0.000185122
2G2L	$[ {}^{96}C_2(1-0.0434375)^{(96-2)} * 0.0434375^2 ] * [ {}^{120}C_2(1-0.0006765)^{(120-2)} * 0.0006765^2 ]$	0.000399304
3G2L	$[ {}^{96}C_3(1-0.0434375)^{(96-3)} * 0.0434375^3 ] * [ {}^{120}C_2(1-0.0006765)^{(120-2)} * 0.0006765^2 ]$	0.000568148
4G2L	$[ {}^{96}C_4(1-0.0434375)^{(96-4)} * 0.0434375^4 ] * [ {}^{120}C_2(1-0.0006765)^{(120-2)} * 0.0006765^2 ]$	0.000599840
	รวม	0.594902680

หมายเหตุ ตัวเลขที่อยู่หน้าตัวอักษร 'G' หมายถึงจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งล้มเหลวพร้อมกัน ส่วนตัวเลขที่อยู่หน้าตัวอักษร 'L' หมายถึงจำนวนสายส่งซึ่งล้มเหลวพร้อมกัน

จากเหตุผลซึ่งสรุปได้จากตารางที่ 7.13 และ 7.14 ดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น ดังนั้นโปรแกรมที่ทำการวิเคราะห์ระบบทดสอบ RTS-96 จนถึงเหตุการณ์ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่องและสายส่งล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 2 เส้นจึงไม่เพียงพอที่จะประเมินดัชนีที่สมเหตุสมผลได้ เนื่องจากการพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่องและสายส่งล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 2 เส้นครอบคลุมความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่อาจเกิดได้ทั้งหมดเพียงร้อยละ 59.49 และปัญหาของระบบก็เกิดขึ้นน้อยมากหรือไม่เกิดขึ้นเลยเมื่อพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 4 เครื่องและสายส่งล้มเหลวพร้อมกันไม่เกิน 2 เส้น