

บทที่ 8

การทดสอบการประเมินความเชื่อถือได้และการคำนวณค่ากระแสลัดวงจร

ในบทนี้จะแสดงผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนโครงข่ายของระบบ และการติดตั้งอุปกรณ์เฮอร์มิติซี เพื่อลดกระแสลัดวงจรไม่เกินค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยจะทำการวิเคราะห์กับระบบทดสอบ 1 ระบบคือ ระบบ IEEE Reliability Test System ที่เสนอขึ้นในปี 1979 และวิเคราะห์กับระบบจริงของ กฟผ. 1 ระบบคือ ระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยโดยพิจารณาในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล

8.1 การทดสอบกับระบบ RTS-79

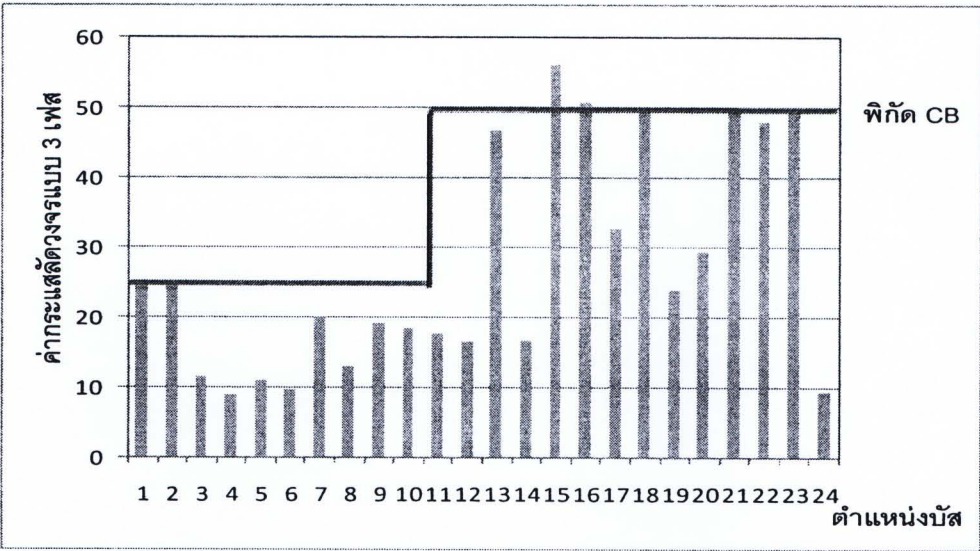
ระบบทดสอบ RTS-79 ประกอบด้วยจำนวนบัสทั้งหมด 24 บัส จำนวนสายส่งทั้งหมด 33 เส้น หม้อแปลงไฟฟ้า 5 เครื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 32 เครื่อง กำลังการผลิตรวม 3,405 MW โหลดสูงสุดในระบบรวม 2,850 MW โดยในรายละเอียดของระบบทดสอบ RTS-79 จะแสดงในภาคผนวก ก.

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการวิเคราะห์ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบที่ทำการปรับเปลี่ยนโครงข่ายเพื่อลดกระแสลัดวงจร และการติดตั้งอุปกรณ์เฮอร์มิติซีเพื่อลดกระแสลัดวงจร โดยแบ่งการทดสอบเป็น 4 กรณีดังนี้

- 1) กรณีฐาน (ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ กับระบบ)
- 2) กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีแบ่งแยกบัส
- 3) กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีเปิดวงจรสายส่ง
- 4) กรณีติดตั้งอุปกรณ์เฮอร์มิติซี

8.1.1 กรณีฐานไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ กับระบบ

เนื่องจากระบบทดสอบดั้งเดิมเป็นระบบทดสอบที่ปกติไม่มีปัญหากระแสลัดวงจรสูงเกินพิกัด ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงระบบทดสอบเพื่อให้เกิดปัญหากระแสลัดวงจรสูงเกินพิกัด ทำได้โดยการลดค่า Sub-transient reactance ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ต่ำลง ซึ่งมีผลทำให้กระแสลัดวงจรที่บัสเพิ่มขึ้นจนสูงกว่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยบัสที่ 1 ถึง 10 ซึ่งเป็นบัสระดับแรงดัน 138 kV กำหนดให้พิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์เท่ากับ 25 kA และบัสที่ 11 ถึง 24 ซึ่งเป็นบัสระดับแรงดัน 230 kV กำหนดให้พิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์เท่ากับ 50 kA ตามลำดับ โดยผลค่ากระแสลัดวงจรที่คำนวณได้แสดงในรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 ค่ากระแสแล้ดว้จรงของระบบ RTS79 กรณ้ฐาน

จากรูปที่ 8.1 บ้สที่ 1 – 10 ซ้ึงเป็นบ้สที่มีระดับแรงดัน 138 kV มีค่ากระแสแล้ดว้จรงไม่เกินค่าพ้ก้ดของเซอร์ก้ตเบรกเกอร์ (25 kA) แต่บ้สที่ 11-24 ซ้ึงเป็นบ้สที่มีระดับแรงดัน 230 kV จะมีบ้สที่ 15, 16 และ 21 มีค่ากระแสแล้ดว้จรงสูงกว่าค่าพ้ก้ดของเซอร์ก้ตเบรกเกอร์ (50 kA) โดยค่าดัชน้ความเช้ือถ้ือได้ของระบบแสดงในตารางที่ 8.1 ส่วนตารางที่ 8.2 จะแสดงการเปร้ียบเทียบค่าดัชน้ความเช้ือถ้ือได้ของว้ธีการที่ใ้ใช้ในว้ทยานิพนธ์บ้บนี้กับว้ธีการอื่ๆ เพื่อตรวจสอบความถ้ือต้องของค่าดัชน้ความเช้ือถ้ือได้

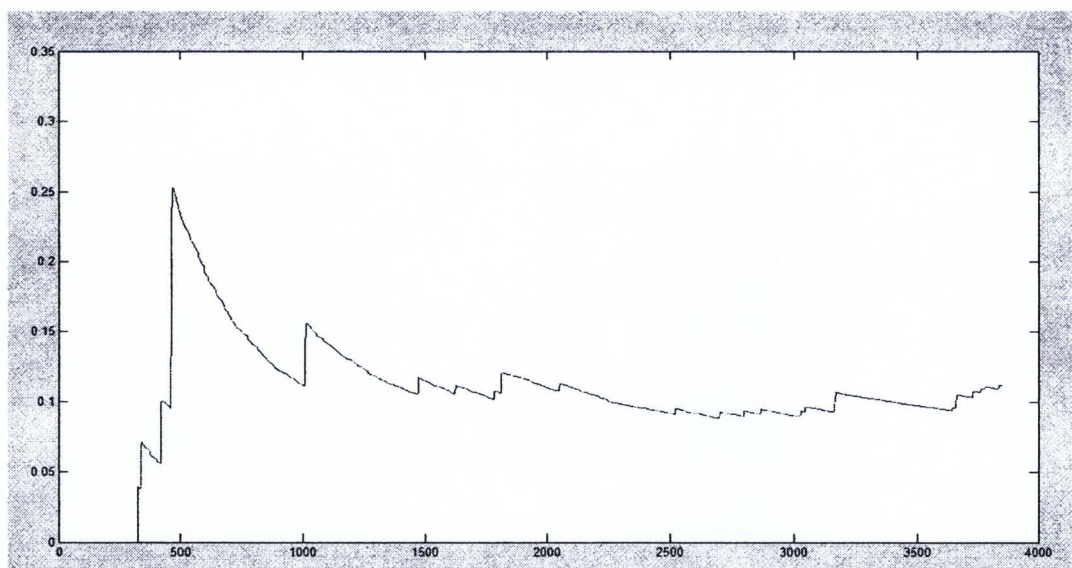
ตารางที่ 8.1 ค่าดัชน้ความเช้ือถ้ือได้ของระบบ RTS 79 กรณ้ฐาน

LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)	LOLE (days/year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
0.1116	29.6792	31.8495	0.0035	40.7245	259,989.38	13.5469	0.0011

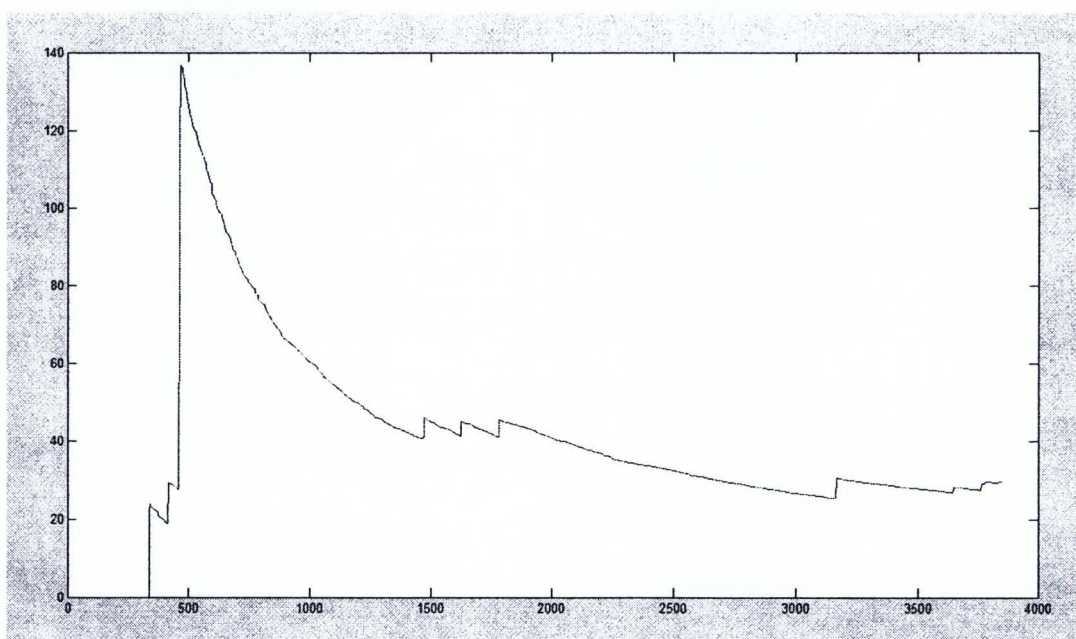
ตารางที่ 8.2 เปร้ียบเทียบความถ้ือต้องของค่าดัชน้ความเช้ือถ้ือได้ของระบบ RTS 79

ว้ธีการที่ใ้	LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)
ว้ธีการว้เคราะห์จากเอกสารอ้างอิง [17]	0.1269	19.9520	-	-
มอน้ติคาร์โลจากเอกสารอ้างอิง [16]	0.1468	26.2950	31.8800	-
ว้ธีการที่ใ้ในว้ทยานิพนธ์	0.1116	29.6792	31.8495	0.0035

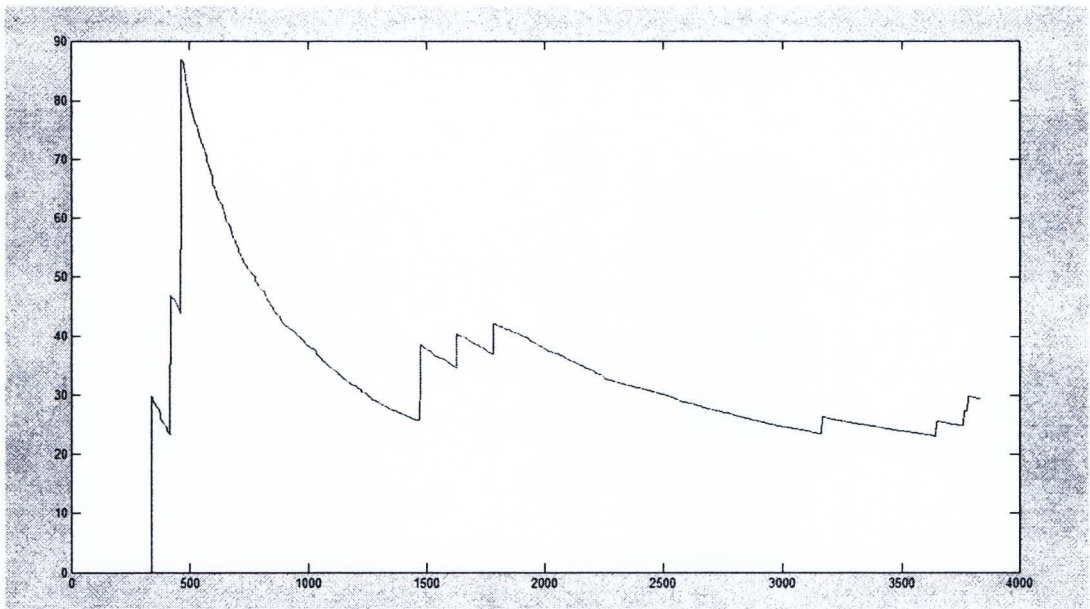
- หมายถึงเอกสารอ้างอิงด้ังกล่าวไม่ได้แสดงค่าดัชน้



รูปที่ 8.2 การลู่เข้าของดัชนี LOLP ของระบบ RTS 79 กรณีฐาน



รูปที่ 8.3 การลู่เข้าของดัชนี EPNS ของระบบ RTS 79 กรณีฐาน

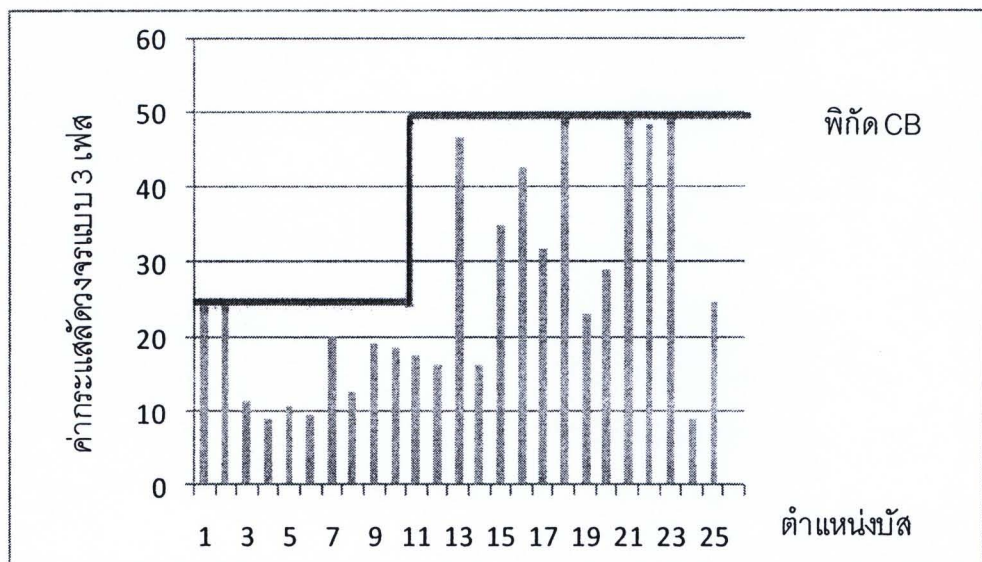


รูปที่ 8.4 การลู่เข้าของดัชนี LOLF ของระบบ RTS 79 กรณีฐาน

8.1.2 กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีแบ่งแยกบัส

ในกรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีแบ่งแยกบัสนี้ได้แบ่งการทดสอบการแบ่งแยกบัสออกเป็น 2 การทดสอบตามวิธีการที่ใช้ในการปฏิบัติจริง คือ แบ่งแยกบัสที่ค่ากระแสลัดวงจรสูงที่สุดในระบบ และแบ่งแยกบัสที่มีกำลังการผลิตมากในระบบ

1) กรณีแบ่งแยกบัสที่ค่ากระแสลัดวงจรสูงที่สุดในระบบ จากรูปที่ 8.1 จะเห็นได้ว่าค่ากระแสลัดวงจรที่บัส 15 สูงที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแบ่งแยกบัสที่ 15



รูปที่ 8.5 ค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีแบ่งแยกบัส 15

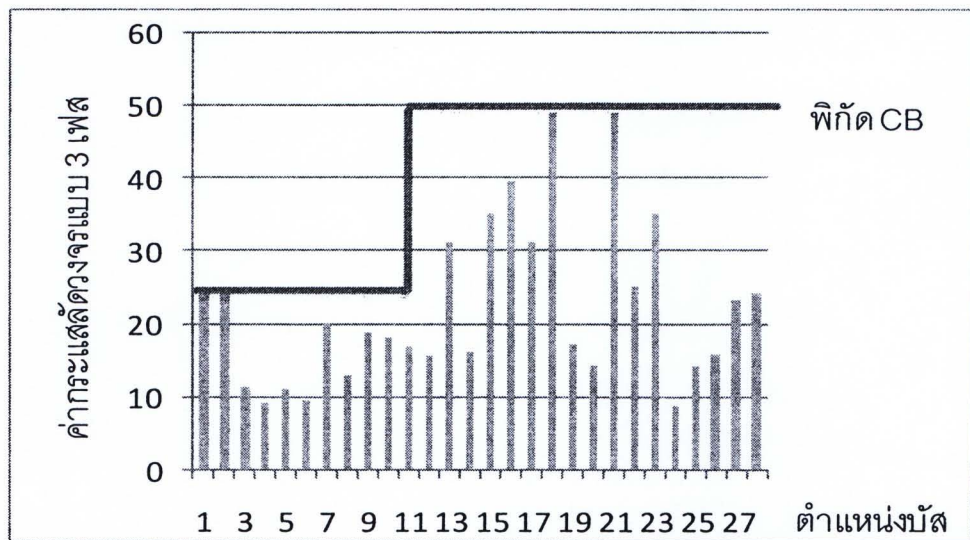
จากรูปที่ 8.5 กรณีแบ่งแยกบัสที่ 15 จะเห็นได้ว่าค่ากระแสลัดวงจรทุกๆ บัสลดลงต่ำกว่าค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ อย่างไรก็ตามหลังทำการประเมินความเชื่อถือได้ตามกระบวนการที่ได้นำเสนอ ผลดัชนีความเชื่อถือได้แสดงดังตารางที่ 8.3

ตารางที่ 8.3 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีแบ่งแยกบัส 15

LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)	LOLE (days/year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
0.136	33.876	38.798	0.0035	49.6400	296,753.76	14.8651	0.0013

จากตารางที่ 8.3 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีฐาน แสดงให้เห็นว่าความเชื่อถือได้ของระบบโดยรวมลดลง แม้จะเพียงเล็กน้อยก็ตาม

2) กรณีแบ่งแยกบัสที่มีกำลังการผลิตมากในระบบ พบว่ากลุ่มบัสที่มีกำลังการผลิตมากคือบัสที่ 13, 15, 22 และ 23 ผลค่ากระแสลัดวงจรแสดงในรูปที่ 8.6



รูปที่ 8.6 ค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีแบ่งแยกบัส 13, 15, 22 และ 23

จากรูปที่ 8.6 กรณีแบ่งแยกบัส 13, 15, 22 และ 23 จะเห็นได้ว่าค่ากระแสลัดวงจรทุกๆ บัสลดลงต่ำกว่าค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และลดต่ำกว่ากรณีแบ่งแยกบัสที่ 15 เพียงบัสเดียว อย่างไรก็ตามหลังทำการประเมินความเชื่อถือได้ตามกระบวนการที่ได้นำเสนอ ผลดัชนีความเชื่อถือได้แสดงดังตารางที่ 8.4

ตารางที่ 8.4 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีแบ่งแยกบัส 13, 15, 22 และ 23

LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)	LOLE (days/year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
0.6000	292.0068	67.5723	0.0089	219.0121	2,557,979.48	26.7306	0.0027

จากตารางที่ 8.4 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบสูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับกรณีฐานและกรณีแบ่งแยกบัสที่ 15 แสดงให้เห็นว่าความเชื่อถือได้ของระบบลดลงค่อนข้างมากหากมีจำนวนการแบ่งแยกบัสมากขึ้น ดังเปรียบเทียบในตารางที่ 8.5

ตารางที่ 8.5 เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 หลังเพิ่มจำนวนการแบ่งแยกบัส

กรณี	LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)	LOLE (days/year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
แบ่งแยกบัส 23	0.132	39.286	40.194	0.0033	48.180	344,145.36	14.458	0.0017
แบ่งแยกบัส 23, 13	0.286	40.339	45.879	0.0062	104.39	353,369.64	17.312	0.0014
แบ่งแยกบัส 23, 13 และ 22	0.465	46.874	49.236	0.0094	169.725	410,616.24	19.23	0.0030
แบ่งแยกบัส 23, 13, 22 และ 15	0.6000	292.0068	67.5723	0.0089	219.0121	2,557,979.48	26.7306	0.0027

จากการแบ่งการทดสอบการแบ่งแยกบัสออกเป็น 2 การทดสอบดังกล่าว จะเห็นได้ว่าวิธีการแบ่งแยกเฉพาะบัสที่ค่ากระแสลัดวงจรสูง มีค่าความเชื่อถือได้ดีกว่าวิธีการแบ่งแยกบัสที่มีกำลังมากในระบบ ดังแสดงในตารางที่ 8.6 ซึ่งเป็นเพราะว่าวิธีการแบ่งแยกเฉพาะบัสที่ค่ากระแสลัดวงจรสูงมีจำนวนการแบ่งแยกบัสน้อยกว่าวิธีการแบ่งแยกบัสที่มีกำลังมากในระบบนั่นเอง

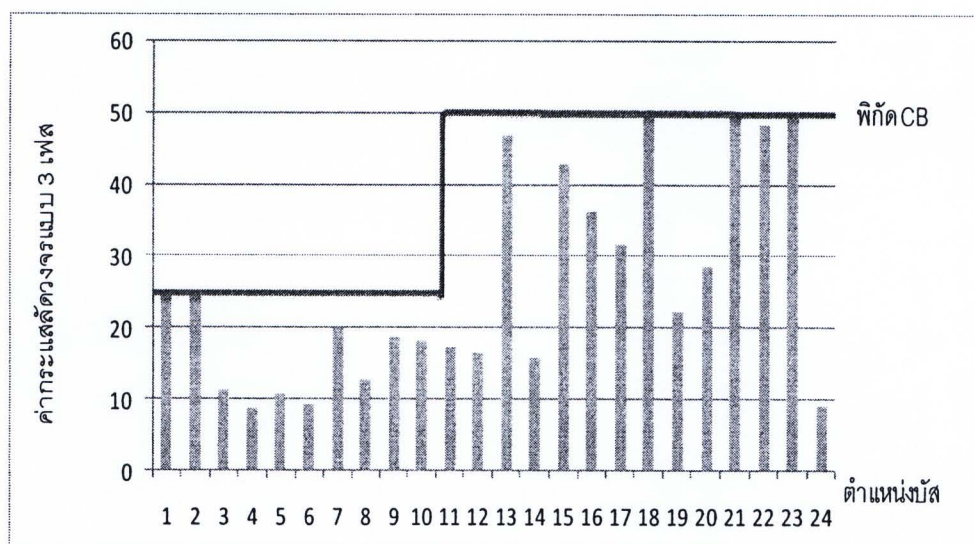
ตารางที่ 8.6 เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีฐาน แบ่งแยกบัส 15 แบ่งแยกบัส 23, 13, 22 และ 15

กรณี	LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/ year)	LOLD (years/ occ)	LOLE (days/ year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
ฐาน	0.1116	29.6792	31.849	0.0035	40.7245	259,989.38	13.5469	0.0011
แบ่งแยกบัส 15	0.136	33.876	38.798	0.0035	49.6400	296,753.76	14.8651	0.0013
แบ่งแยกบัส 23, 13, 22 และ 15	0.6000	292.006	67.572	0.0089	219.012	2,557,979.4	26.7306	0.0027

8.1.3 กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีเปิดวงจรสายส่ง

ในกรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีเปิดวงจรสายส่งนี้ได้ทดสอบตามวิธีการที่ใช้ในการปฏิบัติจริง คือ การเปิดวงจรสายส่งที่บริเวณที่ค่ากระแสลัดวงจรสูงในระบบ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบเปิดวงจรสายส่งบริเวณบัสที่ 15, 16 และ 21 ซึ่งประกอบไปด้วยสายส่ง 15-16, 15-21, 15-21 ซึ่งจากผลการทดสอบปรากฏว่า การเปิดวงจรสายส่ง 15-16 การเปิดวงจรสายส่ง 15-16, 15-21 และ การเปิดวงจรสายส่ง 15-16, 15-21, 15-21 สามารถลดค่ากระแสลัดวงจรให้ต่ำกว่าค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้

1) กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16



รูปที่ 8.7 ค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16

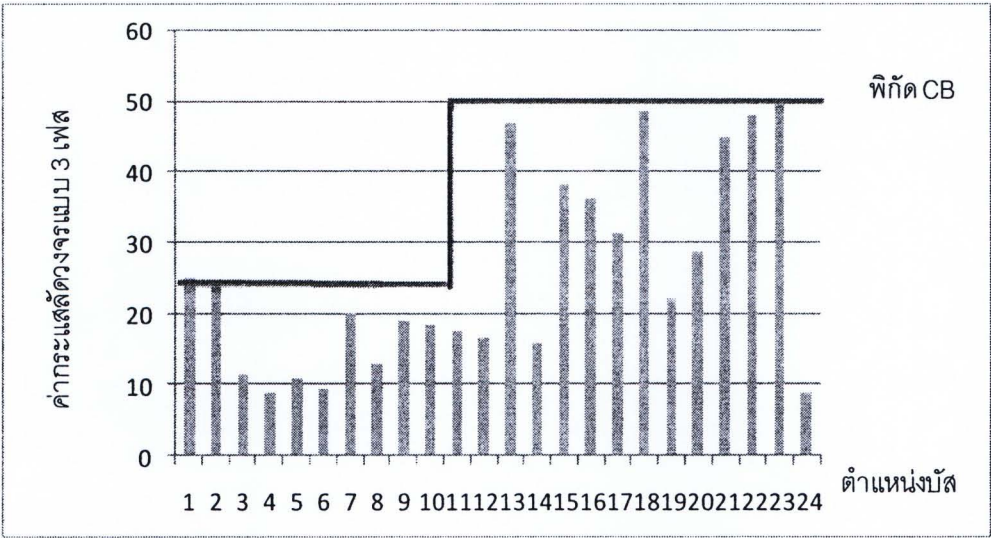
จากรูปที่ 8.7 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16 จะเห็นได้ว่าค่ากระแสลัดวงจรทุกๆ บัสลดลงต่ำกว่าค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ อย่างไรก็ตามหลังจากการประเมินความเชื่อถือได้ตามกระบวนการที่ได้นำเสนอ ผลดัชนีความเชื่อถือได้แสดงดังตารางที่ 8.7

ตารางที่ 8.7 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16

LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)	LOLE (days/year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
0.1450	33.9890	40.5067	0.0036	52.9250	297,743.64	14.9471	0.0013

จากตารางที่ 8.7 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบทุกดัชนีสูงขึ้น เมื่อเทียบกับกรณีฐาน แสดงให้เห็นว่าความเชื่อถือได้ของระบบโดยรวมลดลง

2) กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16 และ 15-21



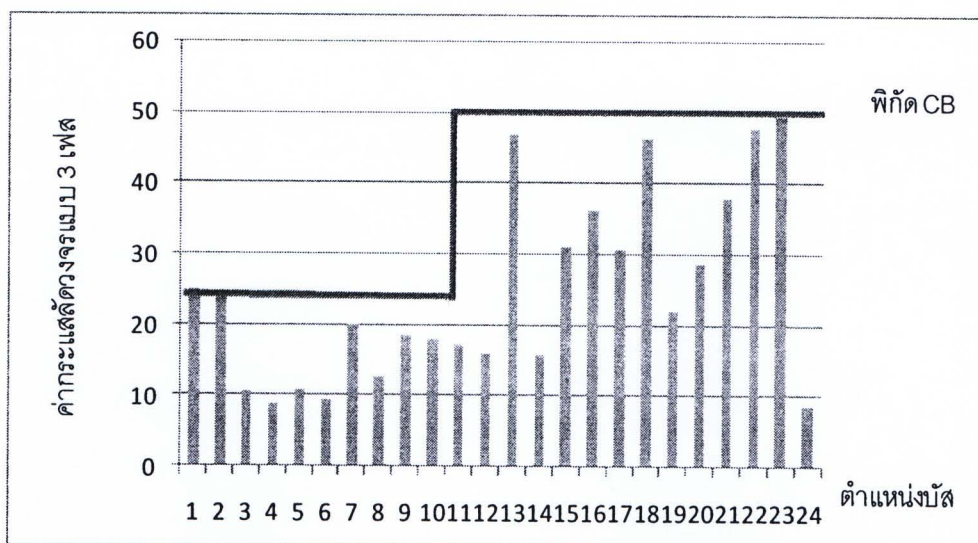
รูปที่ 8.8 ค่ากระแสแวลต์วงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16 และ 15-21

จากรูปที่ 8.8 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16 และ 15-21 จะเห็นได้ว่าค่ากระแสแวลต์วงจรทุกๆ บัสลดลงต่ำกว่าค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และลดต่ำกว่ากรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16 เพียง วงจรเดียว อย่างไรก็ตามหลังทำการประเมินความเชื่อถือได้ตามกระบวนการที่ได้นำเสนอ ผลดัชนี ความเชื่อถือได้แสดงดังตารางที่ 8.8

ตารางที่ 8.8 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16 และ 15-21

LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)	LOLE (days/year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
0.1950	36.6390	41.1237	0.0047	71.1750	320957.6400	15.5772	0.0014

3) กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16, 15-21 และ 15-21



รูปที่ 8.9 ค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16, 15-21 และ 15-21

จากรูปที่ 8.9 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16, 15-21 และ 15-21 จะเห็นได้ว่าค่ากระแสลัดวงจรทุกๆ บัสลดลงต่ำกว่าค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และลดต่ำกว่ากรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16 เพียงหรือกรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16 และ 15-21 อย่างไรก็ตามหลังทำการประเมินความเชื่อถือได้ตามกระบวนการที่ได้นำเสนอ ผลดัชนีความเชื่อถือได้แสดงดังตารางที่ 8.9

ตารางที่ 8.9 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีเปิดวงจรสายส่ง 15-16, 15-21 และ 15-21

LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)	LOLE (days/year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
0.9884	508.3238	81.1754	0.0122	360.7764	4,452,916.51	51.3792	0.0044

จากการทดสอบการเปิดวงจรสายส่งจาก 3 กรณีข้างต้น แม้ว่าทั้ง 3 กรณีจะสามารถลดค่ากระแสลัดวงจรไม่ให้เกินค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ทั้งหมด แต่ทว่าค่าความเชื่อถือได้ของระบบนั้นแตกต่างกัน ดังตารางที่ 8.9 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากรณี เปิดวงจรสายส่ง 15-16, 15-21 และ 15-21 นั้นส่งผลให้ความเชื่อถือได้ของระบบลดลงเป็นอย่างมาก เนื่องมาจากการเปิดวงจรสายส่งดังกล่าวทำให้เกิดการละเมิดเงื่อนไขพิกัดต่างๆ ของระบบนั่นเอง

ตารางที่ 8.10 เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีฐาน และกรณีเปิดวงจร
สายส่งทั้ง 3 กรณี

กรณี	LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/ year)	LOLD (years/ occ)	LOLE (days/ year)	EENS (MWh/ year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
ฐาน	0.112	29.679	31.849	0.004	40.725	259,989.38	13.547	0.001
เปิดวงจรสายส่ง 15-16	0.145	33.989	40.507	0.004	52.925	297,743.64	14.947	0.001
เปิดวงจรสายส่ง 15-16 และ 15-21	0.195	36.639	41.124	0.005	71.175	320957.64	15.577	0.001
เปิดวงจรสายส่ง 15-16, 15-21 และ 15-21	0.988	508.324	81.175	0.012	60.7764	4,452,916.5	51.379	0.004

8.1.4 กรณีติดตั้งอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์

จากที่กล่าวในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.6 เมื่อเกิดการลัดวงจร อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์จะทำงานในโหมดควบคุมกระแสไม่ให้เกิดกระแสไหลระหว่างบัสเรกติฟายเออร์ และอินเวอร์เตอร์ ซึ่งเปรียบเสมือนการเปิดวงจรสายส่งนั่นเอง โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกให้แบบจำลองในการประเมินความเชื่อถือได้ของเซมิคอนดักเตอร์ของ EEL river DC system model ดังที่แสดงในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.5 โดยมีรายการผลของอุปกรณ์ต่างๆ ของเซมิคอนดักเตอร์ที่กระทบต่อสมรรถภาพการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าแสดงในตารางที่ 8.11 และ 8.12 และมีคุณลักษณะของเซมิคอนดักเตอร์ดังตารางที่ 8.13 โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 การทดสอบคือ 1) ทดสอบผลกระทบของตำแหน่งในการติดตั้งเซมิคอนดักเตอร์ต่อความเชื่อถือได้ และ 2) ทดสอบผลกระทบของขนาดเซมิคอนดักเตอร์ต่อความเชื่อถือได้ ดังต่อไปนี้

1) ทดสอบผลกระทบของตำแหน่งในการติดตั้งเซมิคอนดักเตอร์ต่อความเชื่อถือได้

ทำการติดตั้งเซมิคอนดักเตอร์แทนที่สายส่งทุกๆ สายส่ง โดยกำหนดพิกัดของเซมิคอนดักเตอร์ตามพิกัดของสายส่งเส้นที่ถูกแทนที่ และกำหนดให้การส่งกำลังไฟฟ้าของเซมิคอนดักเตอร์มีค่าตามกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่งเส้นที่ถูกแทนที่ ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 8.14



ตารางที่ 8.11 รายการผลของอุปกรณ์ต่างๆ ของเอชวีดีซีที่กระทบต่อสมรรถภาพการส่งผ่านกำลังไฟฟ้า (ส่วนที่ 1)

Combination	Group capacity (%)
F11, F13, PH13	100
F11, PH13	100
F11, F13	100
Others	0

ตารางที่ 8.12 รายการผลของอุปกรณ์ต่างๆ ของเอชวีดีซีที่กระทบต่อสมรรถภาพการส่งผ่านกำลังไฟฟ้า (ส่วนที่ 2)

Combination	Group capacity (%)
F5,F11, F13, PH13	100
F11, F13, PH13	50
F5, PH13	18.75
F5, F11, PH13	90.625
F5, F11, F13	90.625
Others	0

ตารางที่ 8.13 คุณลักษณะของเอชวีดีซีที่ใช้ในระบบ RTS 79

Items	Rectifier	Inverter
AC Busbar	Bus No.	Bus No.
Commutation Resistance	0.0061 pu	0.0072 pu
D.C. power	-	Pdi (MW)
Minimum firing angle	7 deg	-
Minimum extinction angle	-	15 deg
Inverter d.c. voltage	-	1.02 pu
D.C. link resistance	0.0006 pu	
Maximum capacity	Limit of transmission line that replace	

ตารางที่ 8.14 ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีติดตั้งเฮลิคอปเตอร์ที่สายส่งต่างๆ

สายส่งที่ ถูกแทน ที่ด้วยเฮลิคอปเตอร์		ค่ากระแส ลัดวงจรต่ำกว่า พิกัด CB	LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occurs/ year)	LOLD (years/ occur)	LOLE (days/ year)	EENS (MWh/ year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
1	2	ไม่	0.112	29.643	31.876	0.003	40.698	10,819.77	12.029	0.001
1	3	ไม่	0.998	312.995	80.165	0.012	364.438	114,243.14	30.240	0.005
1	5	ไม่	0.376	40.238	40.864	0.009	137.240	14,686.87	15.420	0.004
2	4	ไม่	0.852	60.121	65.879	0.013	310.938	21,944.17	24.954	0.005
2	6	ไม่	0.213	40.065	38.987	0.005	77.745	14,623.73	14.712	0.002
3	9	ไม่	0.110	25.143	27.841	0.004	40.150	9,177.20	10.502	0.002
3	24	ไม่	0.339	44.456	47.842	0.007	123.735	16,226.44	18.054	0.003
4	9	ไม่	0.101	29.598	30.789	0.003	36.865	10,803.27	11.614	0.001
5	10	ไม่	0.11	29.548	30.882	0.004	40.15	10,785.02	11.654	0.001
6	10	ไม่	0.521	48.789	52.314	0.01	190.165	17,807.99	19.734	0.004
7	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	9	ไม่	0.653	51.763	54.791	0.012	238.345	18,893.50	20.668	0.005
8	10	ไม่	0.099	24.874	26.549	0.004	36.208	9,079.01	10.018	0.001
9	11	ไม่	0.098	23.299	24.242	0.004	35.77	8,504.14	9.144	0.002
9	12	ไม่	0.062	17.342	20.921	0.003	22.63	6,329.83	7.895	0.001
10	11	ไม่	0.055	15.921	20.411	0.003	20.075	5,811.17	7.699	0.001
10	12	ไม่	0.062	22.421	26.212	0.002	22.63	8,183.67	9.891	0.001
11	13	ไม่	0.1	27.146	29.996	0.003	36.5	9,908.29	11.315	0.001
11	14	ไม่	0.225	44.279	45.552	0.005	82.125	16,161.84	17.189	0.002
12	13	ไม่	0.442	46.848	49.931	0.009	161.33	17,099.52	18.835	0.003
12	23	ไม่	0.11	29.241	30.098	0.004	40.15	10,672.97	11.358	0.001
13	23	ไม่	0.425	45.878	48.884	0.009	155.125	16,745.47	18.44	0.003
14	16	ไม่	0.437	47.987	50.436	0.009	159.505	17,515.26	19.032	0.003
15	16	ใช่	0.097	23.414	25.545	0.004	35.405	8,546.11	9.636	0.001
15	21	ไม่	0.052	14.412	18.974	0.003	1.365	80.79	7.16	0.001
15	21	ไม่	0.052	14.412	18.974	0.003	1.365	80.79	7.157	0.001
15	24	ไม่	0.356	46.632	48.984	0.007	1.365	80.79	18.485	0.003
16	17	ไม่	0.424	47.245	49.492	0.009	154.76	17,244.43	18.669	0.003
16	19	ไม่	0.435	47.874	50.252	0.009	158.775	17,474.01	18.963	0.003
17	18	ไม่	0.099	23.321	25.255	0.004	35.953	8,512.17	9.527	0.002
17	22	ไม่	0.088	20.242	24.989	0.004	32.047	7,388.33	9.43	0.001
18	21	ไม่	0.142	30.01	32.415	0.004	51.83	10,953.65	12.227	0.002
18	21	ไม่	0.142	30.01	32.415	0.004	2.934	199.84	12.232	0.002
19	20	ไม่	0.101	28.873	30.101	0.003	36.865	10,538.65	11.355	0.001

ตารางที่ 8.14 ดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 กรณีติดตั้งเฮอวีดีซี แทนที่สายส่งต่างๆ (ต่อ)

สายส่งที่ ถูกแทน ที่ด้วยเฮอวีดีซี		ค่ากระแส ลัดวงจรต่ำกว่า พิกัด CB	LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occurs/ year)	LOLD (years/ occur)	LOLE (days/ year)	EENS (MWh/ year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
19	20	ไม่	0.101	28.873	30.101	0.003	1.586	179.86	11.359	0.001
20	23	ไม่	0.201	33.343	35.256	0.006	73.365	12,170.20	13.299	0.002
20	23	ไม่	0.201	33.343	35.256	0.006	2.889	419.36	13.304	0.002
21	22	ไม่	0.053	15.242	19.921	0.003	19.345	5,563.33	7.515	0.001

– หมายถึงสายส่งเส้นนั้นไม่สามารถแทนที่ด้วยเฮอวีดีซีได้เนื่องจากบัสใดบัสหนึ่งที่เชื่อมต่อกับสายส่งเป็นบัสที่แยกตัวจากระบบ

จากตารางที่ 8.14 จะเห็นได้ว่าแต่ละกรณีดัชนีความเชื่อถือได้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ติดตั้ง บางตำแหน่งความเชื่อถือได้สูงขึ้น บางตำแหน่งความเชื่อถือได้ลดลง ซึ่งสาเหตุที่ความเชื่อถือได้ลดลงนั้นเนื่องมาจากการติดตั้งเฮอวีดีซีทำให้แรงดัน ณ บัสทั้งสองที่ติดตั้งคอนเวอร์เตอร์ต่ำลง ซึ่งทำให้โอกาสที่ระบบจะเกิดการละเมิดพิกัดมากขึ้นนั่นเอง ส่วนกรณีที่ความเชื่อถือได้แย่มากๆ ดังเช่นกรณีติดตั้งแทนที่สายส่ง 1-3 เนื่องจากหลังติดตั้งเฮอวีดีซี ณ ตำแหน่งดังกล่าวทำให้แรงดันที่บัส ณ ตำแหน่งที่ติดตั้งคอนเวอร์เตอร์ลดต่ำลงต่ำกว่าค่าพิกัดของแรงดันที่บัสนั่นเอง ดังแสดงในตารางที่ 8.15 ซึ่งจะพบว่าแรงดันที่บัส 3 ซึ่งเป็น โหลดบัสมีค่าแรงดัน 0.934 pu. ซึ่งต่ำกว่าพิกัดแรงดันต่ำสุดที่ยอมรับได้ (0.95 pu.) ดังนั้นหากต้องการให้ความเชื่อถือได้ของระบบสูงขึ้น ควรติดตั้งเฮอวีดีซี ณ ตำแหน่งที่คอนเวอร์เตอร์ทั้งสองติดตั้งที่บัสที่ควบคุมแรงดันได้ (PV bus)

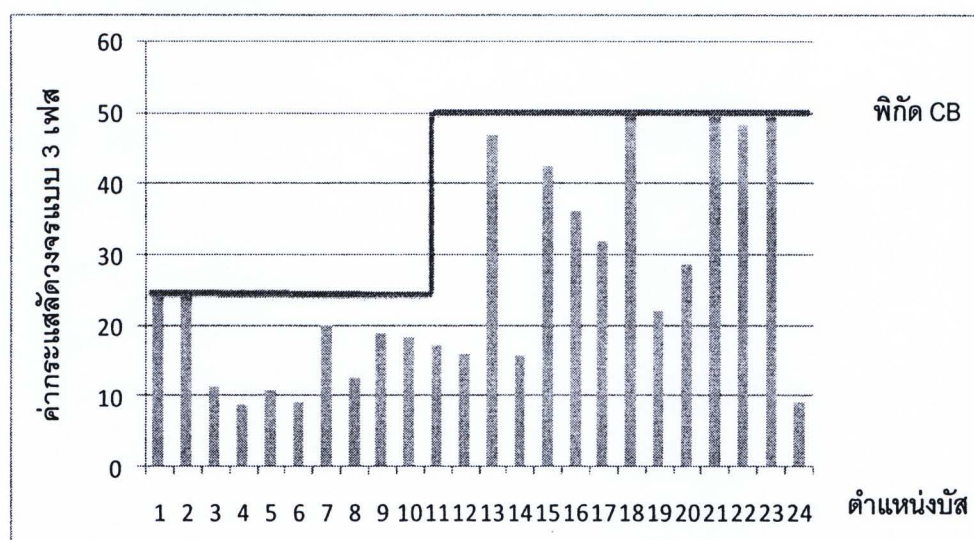
ตารางที่ 8.15 ข้อมูล Bus data หลังจากติดตั้งเฮอวีดีซีแทนที่สายส่ง 1-3

bus	type	Pd	Qd	Gs	Bs	area	Vm	Va	baseKV	zone	Vmax	Vmin
1	2	108	22	0	2.244	1	1.035	-32.072	138	1	1.05	0.95
2	2	97	20	0	0	1	1.035	-32.037	138	1	1.05	0.95
3	1	180	37	0	3.884	1	0.934	-22.414	138	1	1.05	0.95
4	1	74	15	0	0	1	0.968	-29.345	138	1	1.05	0.95
5	1	71	14	0	0	1	0.999	-30.574	138	1	1.05	0.95
6	1	136	28	0	-100	1	0.983	-30.689	138	1	1.05	0.95
7	2	125	25	0	0	1	1.025	-41.104	138	1	1.05	0.95
8	1	171	35	0	0	1	0.963	-37.462	138	1	1.05	0.95
9	1	175	36	0	0	1	0.955	-22.392	138	1	1.05	0.95
10	1	195	40	0	0	1	0.992	-25.464	138	1	1.05	0.95
11	1	0	0	0	0	1	0.970	-12.281	230	1	1.05	0.95
12	1	0	0	0	0	1	0.979	-10.769	230	1	1.05	0.95
13	3	265	54	0	0	1	1.020	0.000	230	1	1.05	0.95
14	2	194	39	0	0	1	0.980	-11.991	230	1	1.05	0.95
15	2	317	64	0	0	1	1.014	-7.637	230	1	1.05	0.95

ตารางที่ 8.15 ข้อมูล Bus data หลังจากติดตั้งเอชวีดีซีแทนที่สายส่ง 1-3 (ต่อ)

bus	type	Pd	Qd	Gs	Bs	area	Vm	Va	baseKV	zone	Vmax	Vmin
16	2	100	20	0	0	1	1.017	-7.484	230	1	1.05	0.95
17	1	0	0	0	0	1	1.040	-5.043	230	1	1.05	0.95
18	2	333	68	0	0	1	1.050	-3.991	230	1	1.05	0.95
19	1	181	37	0	0	1	1.023	-7.630	230	1	1.05	0.95
20	1	128	26	0	0	1	1.038	-5.853	230	1	1.05	0.95
21	2	0	0	0	0	1	1.050	-3.449	230	1	1.05	0.95
22	2	0	0	0	0	1	1.050	-3.006	230	1	1.05	0.95
23	2	0	0	0	0	1	1.050	-4.192	230	1	1.05	0.95
24	1	0	0	0	0	1	0.971	-12.896	230	1	1.05	0.95

จากตารางที่ 8.14 มีเพียงกรณีเดียวคือกรณีติดตั้งเอชวีดีซีแทนที่สายส่ง 15-16 ที่สามารถลดค่ากระแสลัดวงจรให้ต่ำกว่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้



รูปที่ 8.10 แสดงค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบ RTS79 กรณีติดตั้งเอชวีดีซีแทนที่สายส่ง 15-16

2) ทดสอบผลกระทบของขนาดเอชวีดีซีต่อความเชื่อถือได้

จากกรณีติดตั้งเอชวีดีซีแทนที่สายส่ง 15-16 จะทดลองทำการปรับขนาดพิกัดของเอชวีดีเพื่อดูผลกระทบต่อความเชื่อถือได้ของระบบ ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 8.16

ตารางที่ 8.16 ผลกระทบของขนาดเอชวีดีซีต่อความเชื่อถือได้

พิกัดของ เอชวีดีซี (MW)	LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occurs/ year)	LOLD (years/ occur)	LOLE (days/ year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
1,000	0.085	18.532	22.101	0.004	31.025	162,340.32	8.309	0.001
900	0.085	18.532	22.101	0.004	31.025	162,340.32	8.309	0.001
800	0.085	18.532	22.101	0.004	31.025	162,340.32	8.309	0.001
700	0.089	19.876	22.231	0.004	32.485	174,113.76	8.358	0.001
600	0.091	20.392	23.830	0.004	33.215	178,633.92	9.006	0.001
500 (ดั้งเดิม)	0.097	23.414	25.545	0.004	35.405	8,546.11	9.636	0.001
400	0.112	25.627	27.842	0.004	40.880	224,492.52	10.514	0.001
300	0.131	29.963	31.626	0.004	47.815	262,475.88	11.943	0.001
200	0.138	32.252	35.156	0.004	50.370	282,527.52	13.276	0.001
100	0.145	33.989	40.507	0.004	52.925	297,743.64	14.947	0.001

จากตารางที่ 8.16 เมื่อเพิ่มพิกัดของเอชวีดีซีจากเดิม 500 MW จนถึง 800 MW จะเห็นได้ว่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มพิกัดของเอชวีดีซีจาก 800 MW - 1,000 MW ผลปรากฏว่าค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบคงที่ แสดงให้เห็นว่าหากเพิ่มพิกัดของเอชวีดีซีจะส่งผลให้ความเชื่อถือได้ของระบบดีขึ้น จนถึงจุดๆ หนึ่งที่แม้ว่าจะเพิ่มพิกัดของเอชวีดีซีต่อไปความเชื่อถือได้ของระบบก็ไม่เปลี่ยนแปลง และเมื่อพิจารณากรณีลดพิกัดของเอชวีดีซีจากเดิม 500 MW ลดลงจนถึง 100 MW ผลปรากฏว่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบสูงขึ้นเรื่อยๆ แสดงให้เห็นว่าหากลดพิกัดของเอชวีดีซีจะส่งผลให้ความเชื่อถือได้ของระบบลดลงนั่นเอง

จากวิธีการลดกระแสลัดวงจรดังที่กล่าวมา หากนำแต่ละวิธีที่ให้ผลค่าดัชนีความเชื่อถือได้ที่สูงสุดของแต่ละวิธีมาเปรียบเทียบกับกันจะได้ผลดังตารางที่ 8.17

ตารางที่ 8.17 เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบ RTS 79 แต่ละวิธีที่ใช้ลดกระแสลัดวงจร

กรณี	LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/ year)	LOLD (years/ occ)	LOLE (days/ year)	EENS (MWh/ year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
ฐาน	0.112	29.679	31.849	0.004	40.725	259,989.38	13.547	0.001
แบ่งแยกบัส 15	0.136	33.876	38.798	0.0035	49.6400	296,753.76	14.8651	0.0013
เปิดวงจร สายส่ง 15-16	0.145	33.989	40.507	0.004	52.925	297,743.64	14.947	0.001
ติดตั้งเซพวีลิตี แทนสายส่ง 15-16	0.097	23.414	25.545	0.004	35.405	8,546.11	9.636	0.001

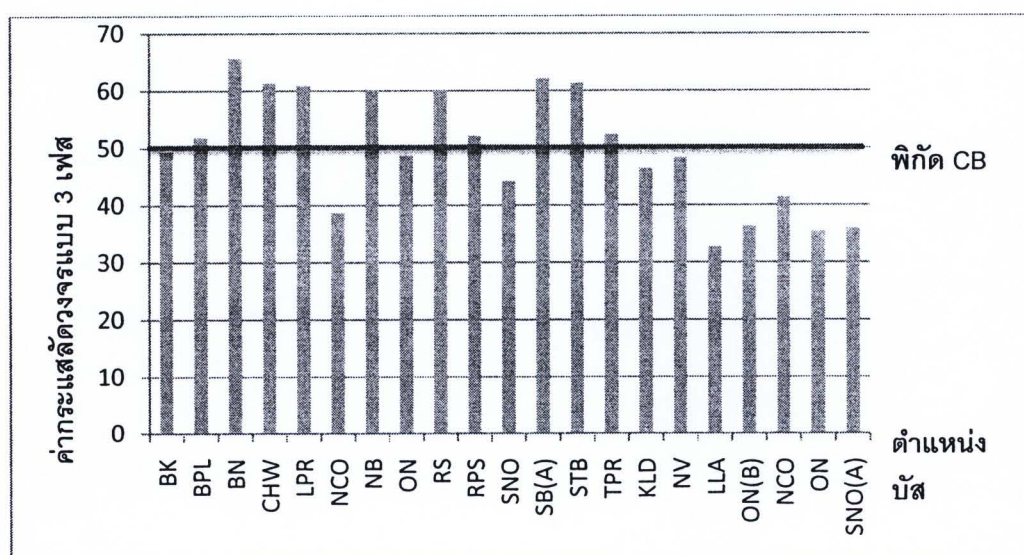
8.2 การทดสอบกับระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทย

เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาค่ากระแสลัดวงจรที่ระดับแรงดัน 230 kV และ 500 kV ภายในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลเท่านั้น และเนื่องจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทยมีลักษณะการเชื่อมต่อกันที่เป็นโครงข่ายขนาดใหญ่ทั่วทั้งประเทศ ดังนั้นเพื่อให้สะดวกในการวิเคราะห์จึงทำการยุบวงจรส่วนอื่นๆ นอกเหนือจากเขตที่สนใจ เมื่อทำการยุบวงจรแล้วปรากฏว่าระบบที่ใช้ในกาวิเคราะห์จะประกอบไปด้วย จำนวนบัสทั้งหมด 254 บัส จำนวนสายส่งทั้งหมด 215 เส้น หม้อแปลงไฟฟ้า 214 เครื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 108 เครื่อง กำลังการผลิตรวม 25,547.7 MW (รวมกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกยุบจากบริเวณอื่นๆ ด้วย) โหลดสูงสุดในระบบรวม 17,519.6 MW โดยรายละเอียดของระบบที่ใช้ในการทดสอบจะแสดงในภาคผนวก ข. โดยในส่วนของคุณค่า λ และ μ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั้นยังไม่มีข้อมูลจริงจึงได้กำหนดค่า λ และ μ ตามขนาดของกำลังการผลิต โดยอ้างอิงจากหนังสือ Reliability evaluation of power systems ของ R. Billinton โดยรายละเอียดของระบบจะแสดงในภาคผนวก ข.

โดยจะแบ่งการทดสอบทั้งหมด 4 กรณีดังนี้

- 1) กรณีฐาน (ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ กับระบบ)
- 2) กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีแบ่งแยกบัส (วิธีที่ กฟผ. ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน)
- 3) กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีแบ่งแยกบัส (วิธีที่ได้จากผลการ Optimization)
- 4) กรณีติดตั้งอุปกรณ์เฝ้าระวัง

8.2.1 กรณีฐานไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ กับระบบ

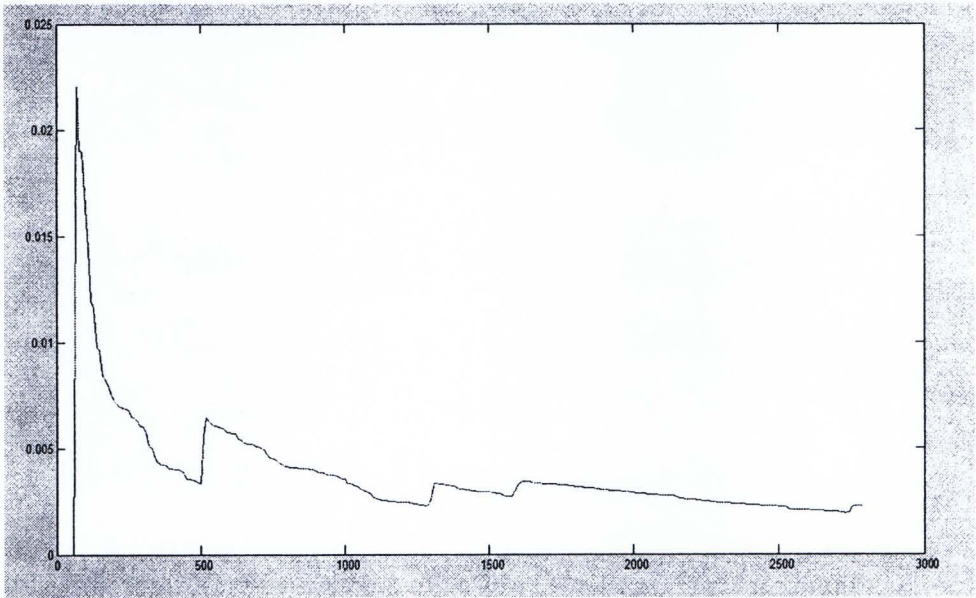


รูปที่ 8.11 แสดงค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีฐาน

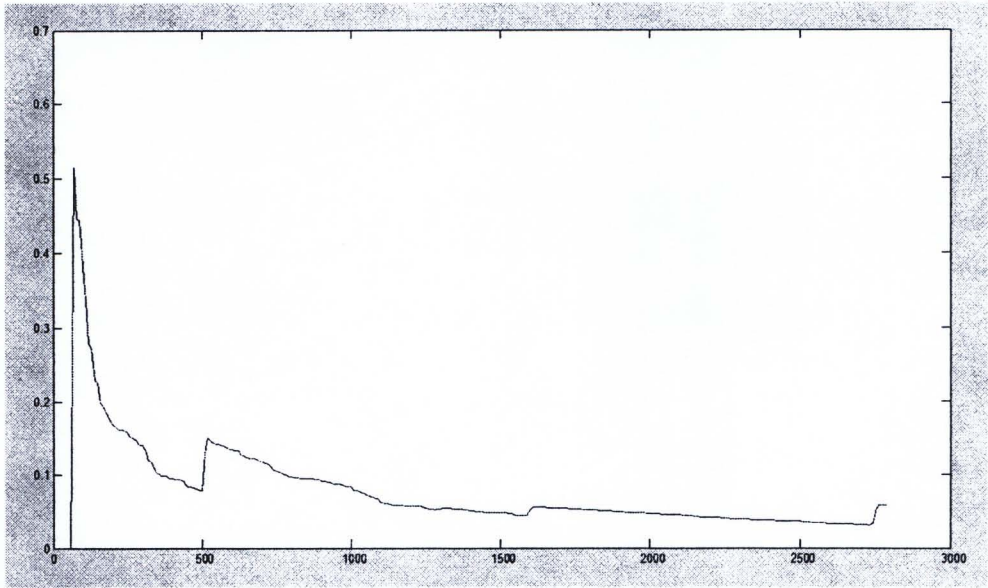
จากรูปที่ 8.11 ค่ากระแสลัดวงจรที่บัสของ BPL, BN, CHW, LPR, NB, RS, RPS, SB (A), STB, TPR มีค่ากระแสลัดวงจรสูงเกินกว่าค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และเมื่อทำการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบโดยวิธีการที่นำเสนอจะได้ค่าดัชนีของระบบดังแสดงในตารางที่ 8.18

ตารางที่ 8.18 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีฐาน

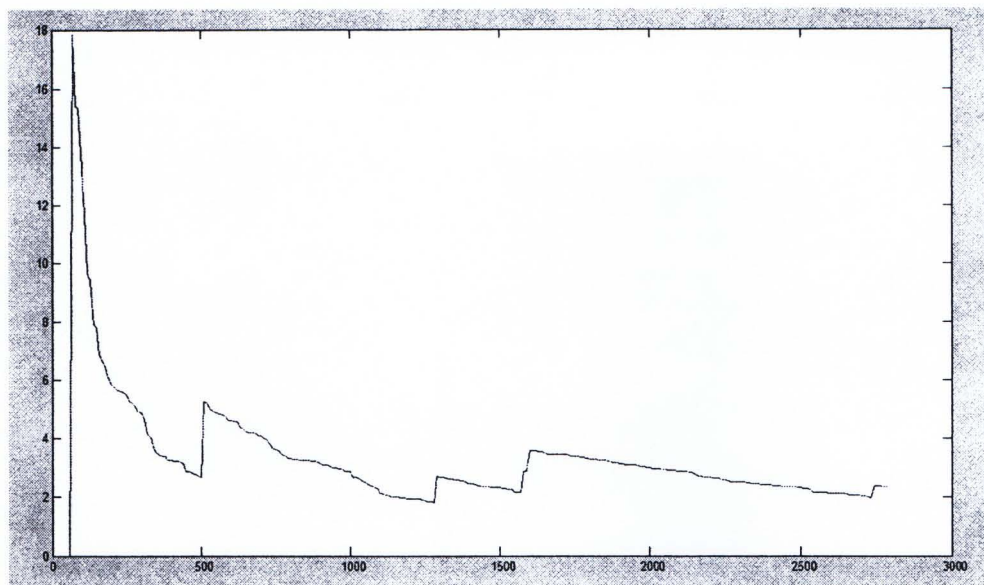
LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)	LOLE (days/year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
0.0022	0.0576	2.3497	9.490E-05	0.8139	504.9977	0.0468	3.735E-06



รูปที่ 8.12 การลู่เข้าของดัชนี LOLP ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีฐาน



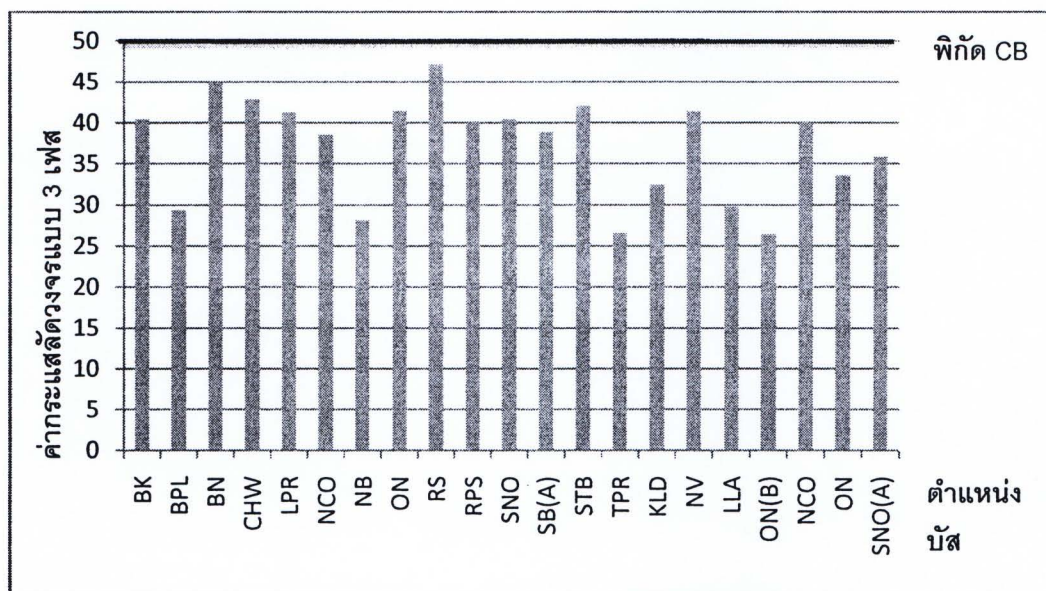
รูปที่ 8.13 การลู่เข้าของดัชนี EPNS ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีฐาน



รูปที่ 8.14 การลู่เข้าของดัชนี LOLF ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีฐาน

8.2.2 กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีแบ่งแยกบัส (วิธีที่ กฟผ. ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน)

ปัจจุบัน กฟผ. ใช้วิธีการแบ่งแยกบัส NB และ SB ในการลดค่ากระแสลัดวงจรโดยผล
ค่ากระแสลัดวงจรแสดงดังรูปที่ 8.15



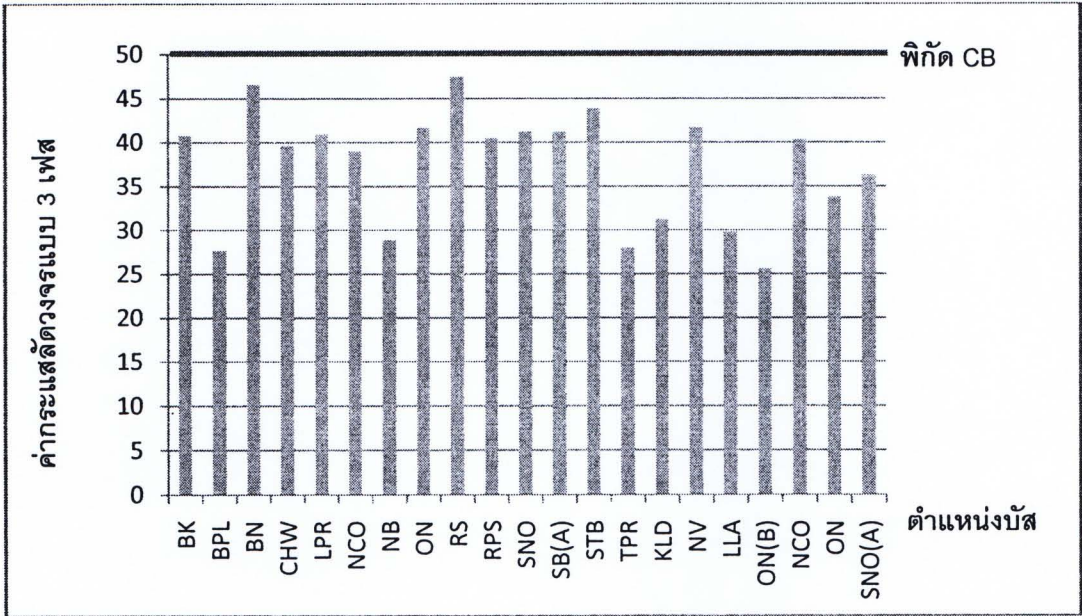
รูปที่ 8.15 แสดงค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีแบ่งแยก
บัส NB และ SB

จากรูปที่ 8.15 ค่ากระแสลัดวงจรทุกบัส ต่ำกว่าค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และเมื่อทำ
การประเมินความเชื่อถือได้ของระบบโดยวิธีการที่นำเสนอจะได้ค่าดัชนีของระบบดังแสดงใน
ตารางที่ 8.19

ตารางที่ 8.19 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีแบ่งแยกบัส NB และ SB

LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)	LOLE (days/year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
0.0071	0.0651	1.5902	0.0004	2.5941	570.6969	0.0324	4.49E-06

8.2.3 กรณีปรับเปลี่ยนโครงข่ายโดยวิธีแบ่งแยกบัส (วิธีที่ได้จากผลการ Optimization)
คำตอบจากวิธีการ Optimization โดยใช้วิธีการหาคำตอบแบบตามเอกสราอ้างอิง [5]
ผลคือการแบ่งแยกบัส SB และ TPR โดยค่ากระแสลัดวงจรแสดงดังรูปที่ 8.16



รูปที่ 8.16 แสดงค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีแบ่งแยกบัส SB และ TPR

จากรูปที่ 8.16 ค่ากระแสลัดวงจรทุกบัส ต่ำกว่าค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และเมื่อทำการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบโดยวิธีการที่น่าเสนอจะได้ค่าดัชนีของระบบดังแสดงในตารางที่ 8.20

ตารางที่ 8.20 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีแบ่งแยกบัล SB และ TPR

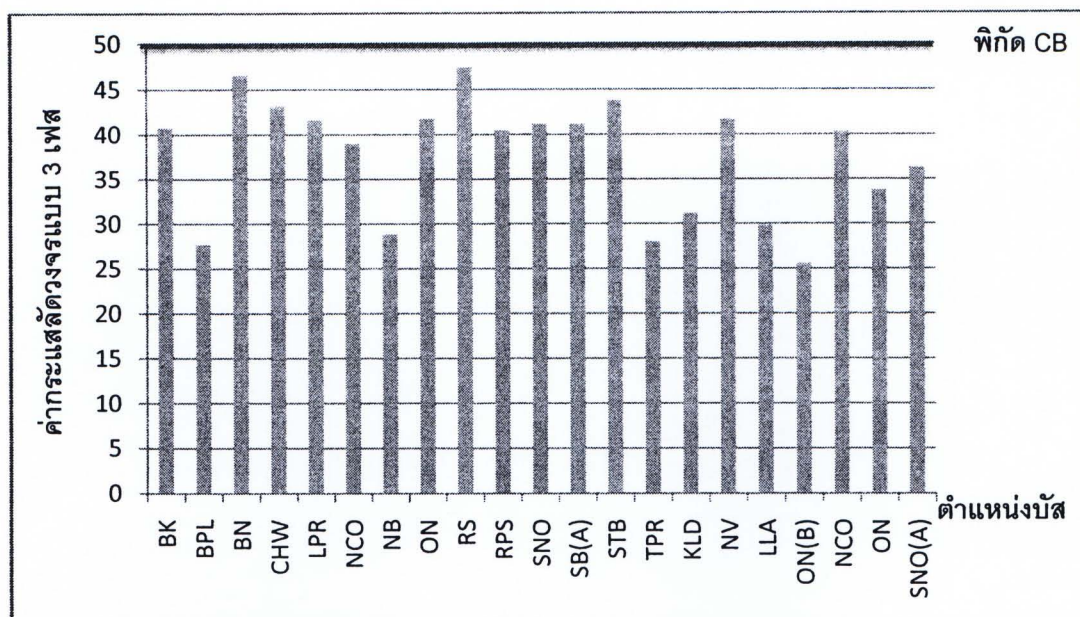
LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)	LOLE (days/year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
0.0037	0.0884	0.3737	0.0010	1.3524	774.2771	0.0076	9.971E-06

8.2.4 กรณีติดตั้งอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์

ในกรณีติดตั้งอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์นั้นได้ใช้รายการผลของอุปกรณ์ต่างๆ ของเซมิคอนดักเตอร์ที่กระทบต่อสมรรถภาพการส่งผ่านกำลังไฟฟ้า ดังเช่นกรณีทดสอบกับระบบ IEEE RTS 79 ตารางที่ 8.11 และ 8.12 พบว่าสายส่งที่แทนที่ด้วยเซมิคอนดักเตอร์แล้วสามารถลดค่ากระแสลัดวงจรให้ต่ำกว่าค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้คือสายส่ง NCO-ON 500 kV 2 วงจร โดยกำหนดให้กำลังไฟฟ้าที่ไหลในสายส่งกระแสตรงเท่ากับค่ากำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านสายส่ง NCO-ON ทั้ง 2 วงจรรวมกัน และค่าพิกัดการส่งกำลังไฟฟ้าของเซมิคอนดักเตอร์กำหนดให้เท่ากับค่าพิกัดของสายส่ง NCO-ON ทั้ง 2 วงจรรวมกัน ซึ่งคุณลักษณะของเซมิคอนดักเตอร์แสดงในตารางที่ 8.21

ตารางที่ 8.21 คุณลักษณะของเซมิคอนดักเตอร์ที่ใช้ทดสอบในระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทย

Items	Rectifier	Inverter
AC Busbar	NCO	ON
Commutation Resistance	0.0061 pu	0.0072 pu
D.C. power	-	3,033.3 MW
Minimum firing angle	7 deg	-
Minimum extinction angle	-	15 deg
Inverter d.c. voltage	-	1.02 pu
D.C. link resistance	0.0006 pu	
Maximum capacity	6,300 MW	



รูปที่ 8.17 แสดงค่ากระแสลัดวงจรแบบ 3 เฟสของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีติดตั้งเฮชวีดีซีแทนที่สายส่ง NCO-ON 2 วงจร

จากรูปที่ 8.17 ค่ากระแสลัดวงจรทุกบัส ต่ำกว่าค่าพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และเมื่อทำการประเมินความเชื่อถือได้ของระบบโดยวิธีการที่นำเสนอจะได้ค่าดัชนีของระบบดังแสดงในตารางที่ 8.22

ตารางที่ 8.22 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยกรณีติดตั้งเฮชวีดีซีแทนที่สายส่ง NCO-ON 2 วงจร

LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/year)	LOLD (years/occ)	LOLE (days/year)	EENS (MWh/year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
0.0015	0.0240	1.3498	0.0011	0.5329	210.2400	0.0431	1.364E-05

จากวิธีการลดกระแสลัดวงจรดังที่กล่าว สามารถนำมาเปรียบเทียบค่าความเชื่อถือได้ดังตารางที่ 8.23

ตารางที่ 8.23 เปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจริงของประเทศไทยแต่ละวิธีที่ใช้

ลดกระแสลัดวงจร

กรณี	LOLP	EPNS (MW)	LOLF (occs/ year)	LOLD (years/ occ)	LOLE (days/ year)	EENS (MWh/ year)	SAIFI (occs/load point yr.)	SAIDI (yrs/load point occ)
ฐาน	0.0022	0.0576	2.3497	9.50E-05	0.8139	504.9977	0.0468	3.735E-06
แบ่งแยกบัลด์ NB และ SB	0.0071	0.0651	1.5902	0.0004	2.5941	570.6969	0.0324	4.49E-06
แบ่งแยกบัลด์ SB และ TPR	0.0037	0.0884	0.3737	0.0010	1.3524	774.2771	0.0076	9.971E-06
ติดตั้งเซมิคอนดักเตอร์ สายส่ง NCO-ON 2 วงจร	0.0015	0.0240	1.3498	0.0011	0.5329	210.2400	0.0431	1.364E-05