บทที่ 6

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

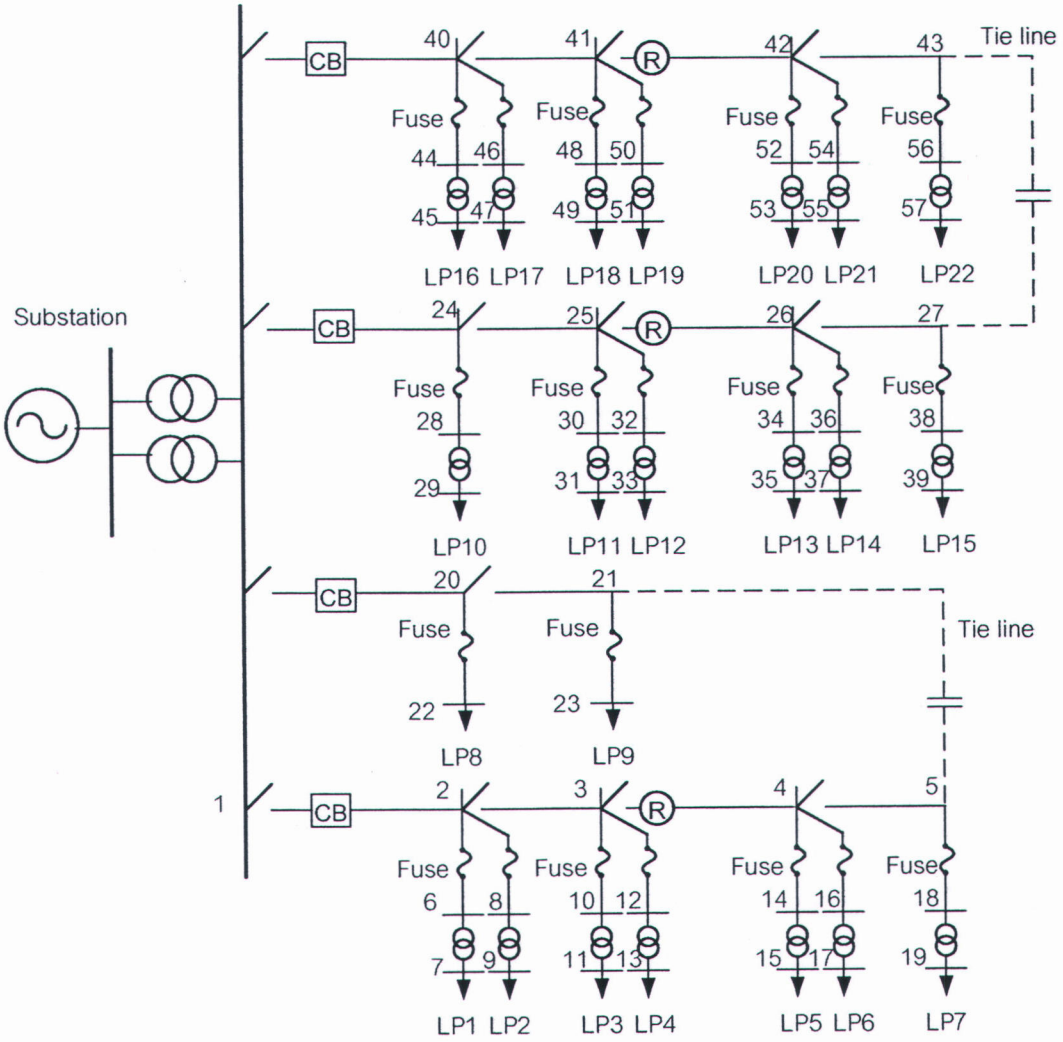
บทนี้จะเป็นการกล่าวถึงผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะใช้ระบบทดสอบ 2 ระบบทดสอบประกอบด้วย ระบบ RBTS Bus 2 [23] และ ระบบดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะมีรายละเอียดของระบบทดสอบดังแสดงไว้ในหัวข้อที่ 6.1 ส่วนขั้นตอนการทดสอบจะแสดงในหัวข้อที่ 6.2 และสุดท้ายของบทนี้คือ ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบจะแสดงในหัวข้อที่ 6.3-6.4 นอกจากนั้นได้มีการนำข้อกำหนดการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค นำมาทดสอบกับระบบทั้งสอง รวมไปถึงการนำวิธีการหาขนาดสูงสุดที่เหมาะสมไปประยุกต์ใช้อีกด้วย

6.1 ระบบทดสอบ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ทำการทดสอบผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ และความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า โดยระบบที่นำมาเพื่อทดสอบดูผลกระทบดังกล่าวมีด้วยกัน 2 ระบบ คือ ระบบ RBTS BUS 2 แสดงรายละเอียดได้ดังหัวข้อที่ 6.1.1 และ ระบบที่ดัดแปลงมาจากการระบบจริงของไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แสดงรายละเอียดได้ดังหัวข้อที่ 6.1.2

6.1.1 ระบบทดสอบ RBTS BUS 2

ระบบทดสอบ RBTS BUS 2 แสดงได้ดังรูปที่ 6.1 เป็นระบบแรงดันที่ 11 kV ประกอบด้วยสายป้อน 4 วงจร มีจุดโหลดทั้งหมด 22 จุดโหลด ค่าโหลดในแต่ละจุดโหลดจะใช้เป็นค่าเฉลี่ย ซึ่งรวมค่าโหลดทั้งหมดเท่ากับ 13.69 MVA โดยในแต่ละสายป้อนจะมีเซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นตัวป้องกันสายป้อนที่ต้นทาง รีโคลสเซอร์จะติดตั้งอยู่ที่กึ่งกลางของสายป้อน และในสายย่อยแต่ละสายจะมีฟิวส์เป็นตัวป้องกัน กำหนดให้ค่ากระแสลัดวงจรที่หลังหม้อแปลงเท่ากับ 48 MVA ที่แรงดัน 11 kV สำหรับข้อมูลค่าสถิติการทำงานของอุปกรณ์แสดงได้ดังตารางที่ 6.1 ข้อมูลประเภท จำนวน และขนาดของผู้ใช้ไฟฟ้า ณ จุดโหลดต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 6.2 และข้อมูลความยาวของแต่ละสายป้อนแสดงดังตารางที่ 6.3



รูปที่ 6.1 ระบบทดสอบ RBTS BUS 2

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลค่าสถิติการทำงานของอุปกรณ์

ชนิดของอุปกรณ์	λ (ครั้งต่อปี)	r (ชั่วโมง)	Repl(ชั่วโมง)	s (ชั่วโมง)
หม้อแปลง	0.015	200	10	1
สายเปลือย	0.065/km	5	–	1
สายเคเบิล	0.04/km	30	–	3
เบรกเกอร์	0.006/km	4	–	1
บัสบาร์	0.001	2	–	1

โดย Repl คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ (Replacement time)

λ คือ อัตราล้มเหลว (Failure rate)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

r คือ ระยะเวลาในการซ่อมแซม (Repair time)

s คือ ระยะเวลาในการตัดต่อวงจร (Swithing time)

ตารางที่ 6.2 ข้อมูลประเภท จำนวน และขนาดของผู้ใช้ไฟฟ้า ณ จุดโหลดต่างๆ

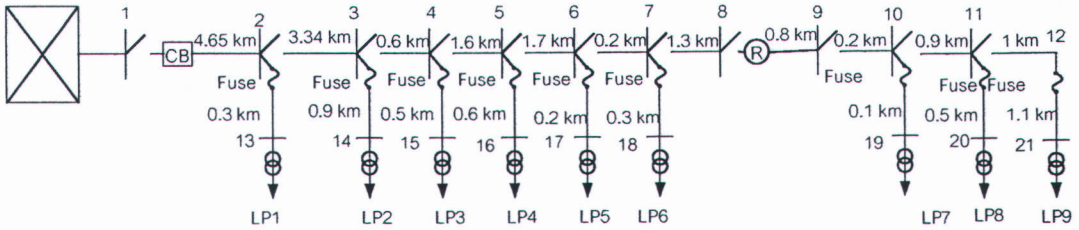
ตำแหน่งโหลด	ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	โหลดเฉลี่ย (MW)	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า
1-3,10,11	บ้านพักที่อยู่อาศัย	0.535	210
12,17-19	บ้านพักที่อยู่อาศัย	0.45	200
8	อุตสาหกรรมขนาดกลาง	1	1
9	อุตสาหกรรมขนาดกลาง	1.15	1
4,5,13,14,20,21	หน่วยงานราชการ	0.566	1
6,7,15,16,22	ธุรกิจบริการ	0.454	10

ตารางที่ 6.3 ข้อมูลความยาวของแต่ละสายป้อน

กลุ่มที่ 1	ความยาว (km)	เลขที่สายป้อน
1	0.6	2,6,10,14,17,21,25,28,30,34
2	0.75	1,4,7,9,12,16,19,22,24,27,29,32,35
3	0.8	3,5,8,11,13,15,18,20,23,26,31,33,36

6.1.2 ระบบทดสอบที่ดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ระบบทดสอบที่ดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นระบบที่สถานีพนมสารคามสายป้อนที่ 2 ที่ระดับแรงดัน 22 kV จากระบบจริงซึ่งมีสายแยกย่อยไปยังผู้ใช้ไฟจำนวนมาก ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการรวมโหลดหลายจุดโหลดให้เป็นจุดโหลดเดียวกันในแต่ละสายย่อย ซึ่งสามารถยุบรวมได้ทั้งหมด 9 จุดโหลด มีค่าโหลดทั้งหมด 4.8 MVA และกำหนดให้ค่ากระแสลัดวงจรที่หลังหม้อแปลงเท่ากับ 50 MVA ที่แรงดัน 22 kV ข้อมูลค่าสถิติการทำงานของอุปกรณ์ซึ่งแสดงไว้ดังตารางที่ 6.4 ข้อมูลประเภท จำนวน ณ จุดโหลดต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 6.5



รูปที่ 6.2 ระบบทดสอบที่ดัดแปลงจากระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ตารางที่ 6.4 ข้อมูลค่าสถิตการทำงานของอุปกรณ์ของระบบดัดแปลงจากกฟภ.

ชนิดของอุปกรณ์	λ (ครั้งต่อปี)	r (ชั่วโมง)	Repl(ชั่วโมง)	s (ชั่วโมง)
หม้อแปลง	0.015	200	10	1
สายเปลือย	0.065/km	5	–	1
สายเคเบิล	0.04/km	30	–	3
เบรกเกอร์	0.006/km	4	–	1
บัสบาร์	0.001	2	–	1

ตารางที่ 6.5 ข้อมูลประเภท จำนวน ณ จุดโหลดต่างๆของระบบ กฟภ.

ตำแหน่งโหลด	ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า
4	บ้านพักที่อยู่อาศัย	210
2,3,5,9	บ้านพักที่อยู่อาศัย	200
1,6,7,8	ธุรกิจบริการ	10

6.2 วิธีการทดสอบ

ขั้นตอนในการทดสอบ จะเริ่มต้นด้วยการแสดงผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ และความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า จากนั้นจะเป็นการนำแนวทางที่ได้นำเสนอไว้ในหัวข้อที่ 4.5 เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

การทดสอบเพื่อดูผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ จะทำการพิจารณาการลัดวงจร 2 ประเภทคือ การลัดวงจรแบบสามเฟส และการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดิน โดยแต่ละประเภทการลัดวงจรจะจะแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ไม่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

กรณีที่ 2 มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ตำแหน่งหน้ารีโคลสเซอร์ซึ่งสัมพันธ์กับรูปปัญหาแบบผลกระทบที่ 3 และ 4 จากหัวข้อที่ 4.2

กรณีที่ 3 มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ตำแหน่งหลังรีโคลสเซอร์ซึ่งสัมพันธ์รูปปัญหาแบบผลกระทบที่ 1 และ 2 จากหัวข้อที่ 4.2

สำหรับกรณีที่ 2 และ 3 จะพิจารณาติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว เพียงเครื่องเดียวเท่านั้นในแต่ละกรณี และพิจารณาการผลกระทบต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์และรีโคลสเซอร์ที่ส้ายป้อนเส้นเดียวกันเท่านั้น

6.3 ผลการทดสอบของระบบ RBTS BUS 2

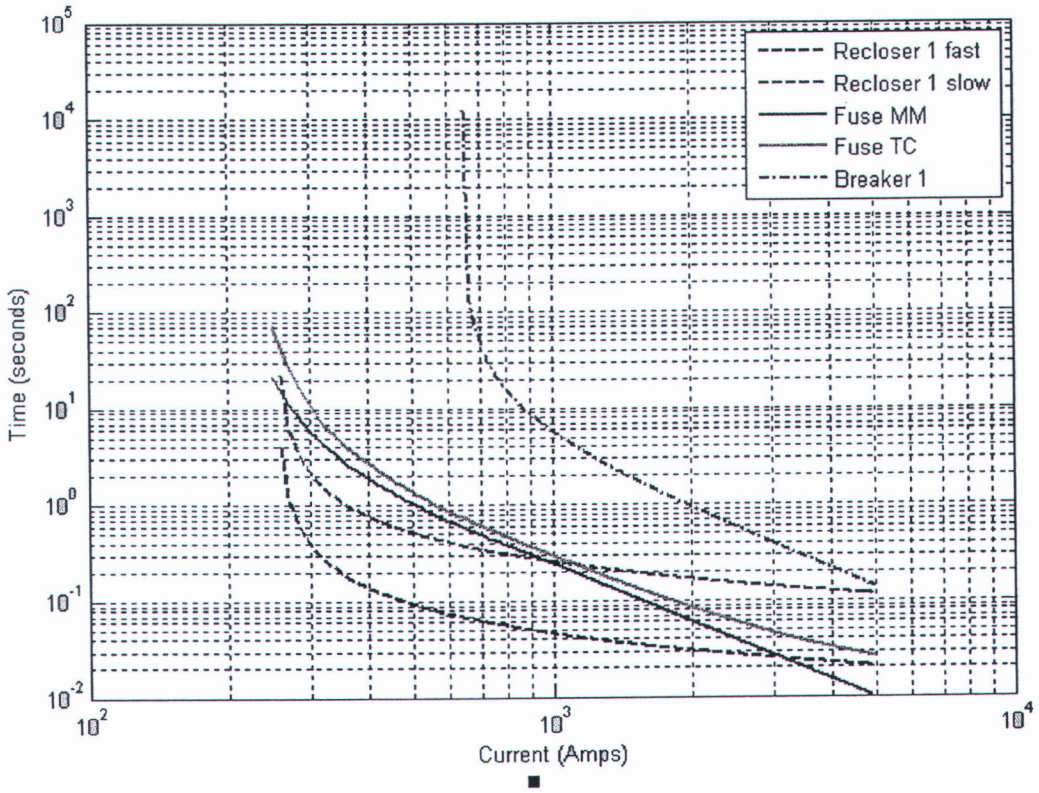
ผลการทดสอบโดยพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟสแสดงได้ดังหัวข้อที่ 6.3.1 และผลการทดสอบโดยพิจารณาการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดินแสดงได้ดังหัวข้อที่ 6.3.2

6.3.1 การพิจารณาลัดวงจรแบบสามเฟส

ผลการทดสอบผลกระทบต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์เมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟส สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 6.2 สำหรับผลการทดสอบผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว ในกรณีที่ 2 และ 3 จะเลือกขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวขนาด 6 MVA ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ (PF) เท่ากับ 0.85 และกำหนดให้ค่าอิมพีแดนซ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวช่วงซับทรานเซียน (Sub-transient) เป็นร้อยละ 20 ของช่วงสภาวะคงตัว (Steady-state) ผลการทดสอบแต่ละกรณีแสดงได้ดังนี้

กรณีที่ 1 ไม่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

กรณีที่ 1 จะกำหนดให้เป็นกรณีฐาน ก่อนที่จะประเมินถึงผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์และความเชื่อถือได้นั้น ต้องทำการตั้งค่าการทำงานของระบบทดสอบให้มีความถูกต้องก่อน สำหรับหลักการตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละตัวที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 3.2 ขั้นตอนแรกต้องทำการคำนวณหาค่ากระแสลัดวงจร เพื่อนำมาพิจารณาเลือกขนาดของอุปกรณ์ป้องกันและการตั้งค่าการทำงานร่วมกันของแต่ละอุปกรณ์ป้องกัน เนื่องจากทดสอบจะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่สายป้อนที่ 1 (สายป้อนเส้นล่าง) เพียงสายป้อนเดียว ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงขอแสดงกราฟการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์แต่ละชนิดเฉพาะในสายป้อนที่ 1 เท่านั้นโดยแสดงได้ดังรูปที่ 6.3 การตั้งค่าการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์ป้องกัน จะเริ่มจากการพิจารณาเวลาในการทำงานของฟิวส์ แล้วเลือกขนาดของฟิวส์ที่ทำงานในเวลาที่พิจารณา อีกทั้งขนาดที่เลือกต้องทนกระแสโหลดต่อเนื่องได้ด้วย เมื่อได้ขนาดของฟิวส์แล้วจะมาทำการตั้งค่าการทำงานของรีโคลสเซอร์ให้สัมพันธ์กับฟิวส์ โดยกราฟการช่วงการทำงานเร็วของรีโคลสเซอร์คูณด้วยค่าคงที่ค่าหนึ่ง ต้องอยู่ต่ำกว่ากราฟเวลาเริ่มหลอมละลายของฟิวส์ตลอดช่วงค่ากระแสลัดวงจรในสายป้อนที่ฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ตัวนั้นๆทำหน้าที่ป้องกันระบบ และกราฟช่วงการทำงานช้าของรีโคลสเซอร์ต้องอยู่เหนือกว่าค่าเวลาหลอมละลายทั้งหมดของฟิวส์ และกราฟที่อยู่บนสุดคือเซอร์กิตเบรกเกอร์ ดังแสดงในดังรูปที่ 6.3 โดยมีขอบเขตการทำงานร่วมกันอยู่ที่ประมาณ 1,000 A-3,000 A คุณลักษณะที่เลือกใช้สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์คือ แบบ Extremely Inverse (EI) และรีโคลสเซอร์จะใช้แบบ Standard Inverse (SI) ในทุกสายป้อน สำหรับฟิวส์ในสายป้อนที่ 1 ,3 และ 4 ฟิวส์ที่อยู่หน้ารีโคลสเซอร์ที่เลือกใช้คือ 65K และฟิวส์ที่อยู่หลังรีโคลสเซอร์ที่เลือกใช้คือ 100K สายป้อนที่ 2 ฟิวส์ที่เลือกใช้คือ 100K สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตั้งค่าการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์และรีโคลสเซอร์ในแต่ละสายป้อนจากสมการที่ (3.1) แสดงได้ดังตารางที่ 6.6 โดยการค่าดังกล่าวนี้เป็นการตั้งค่าสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์กับรีโคลสเซอร์ชนิดด้านเฟส



รูปที่ 6.3 การทำงานร่วมกันระหว่างเซอร์กิตเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์บนสายป้อนที่ 1

ตารางที่ 6.6 พารามิเตอร์ต่างๆของเซอร์กิตเบรกเกอร์และรีโคลสเซอร์ของระบบ RBTS

อุปกรณ์		ตัวแปร	สายป้อน 1	สายป้อน 2	สายป้อน 3	สายป้อน 4
เบรกเกอร์		A	80.000	80.000	80.000	80.000
		B	2.000	2.000	2.000	2.000
		TD	0.100	2.000	0.500	0.100
รีโคลสเซอร์	ช่วงการทำงานเร็ว	A	0.140	0.140	0.140	0.140
		B	0.020	0.020	0.020	0.020
		TD	0.009	0.009	0.004	0.004
	ช่วงการทำงานช้า	A	0.140	0.140	0.140	0.140
		B	0.020	0.020	0.020	0.020
		TD	0.050	0.300	0.070	0.070

ตารางที่ 6.7 แสดงค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย จากค่าการไหลของกระแสลัดวงจรในตารางที่ 6.7 เมื่อนำไปพิจารณาลำดับการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์จากค่าการทำงานที่ตั้งไว้ พบว่าลำดับการทำงานเป็นไปอย่างถูกต้อง ดังนั้นค่าการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ตั้งไว้มีความถูกต้อง เมื่อการตั้งค่าการทำงานในสภาวะไม่มีการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อเข้ากับระบบมีความถูกต้องแล้ว ถัดไปก็จะเป็นการทดสอบในแต่ละกรณีที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 6.2

ตารางที่ 6.7 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบ RBTS Bus 2

ตำแหน่งการลัดวงจร (บัส)	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)							
	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7
6	12	2544	4	5	5	4	4	4
8	15	6	2450	6	6	5	5	5
10	14	8	8	2219	5	5	5	5
12	11	7	7	4	2297	4	4	4
14	2031	11	11	8	8	2022	4	4
16	2047	10	10	7	8	4	2039	4
18	1954	11	11	9	9	5	5	1944

สำหรับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากรณีที่ยังไม่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวคำนวณได้ตามตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 ดัชนีความเชื่อถือได้ในกรณีที่ 1 ของระบบ RBTS

ดัชนีความเชื่อถือได้	กรณีที่ 1
SAIFI-perm. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.1809
SAIDI-perm. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	4.3176
ENS -perm. (MWh)	48.0009
SAIFI-temp. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	–
SAIDI-temp. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	–
ENS -temp. (MWh)	–
Total SAIFI (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.1809
Total SAIDI (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	4.3176
Total ENS (MWh)	48.0009

กรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ตำแหน่งหน้ารีโคลสเซอร์

กรณีที่ 2 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่หน้ารีโคลสเซอร์ที่บัส 2 กระแสลัดวงจรในแต่ละบัสจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 6.9 และค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์ป้องกันแต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย แสดงได้ดังตารางที่ 6.10 เมื่อพิจารณาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ โดยแยกพิจาณาตำแหน่งเกิดลัดวงจรที่สายย่อยออกเป็น 2 กลุ่มคือ ตำแหน่งลัดวงจรเกิดขึ้นที่สายย่อยหน้ารีโคลสเซอร์ และตำแหน่งเกิดลัดวงจรที่สายย่อยหลังรีโคลสเซอร์ โดยจะแยกย่อยการพิจารณาตำแหน่งการลัดวงจรออกเป็นอีก 2 ตำแหน่งในสายย่อย คือ ตำแหน่งหลังฟิวส์ และตำแหน่งหน้าหม้อแปลงไฟฟ้าแรงต่ำ โดยตำแหน่งหลังฟิวส์จะพิจารณาว่าฟิวส์อยู่ใกล้กับสายป้อนมากและฟิวส์มีค่าอิมพีแดนซ์น้อยมาก จึงพิจารณาบัสที่สายป้อนหลักแทน

1) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หน้ารีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 4 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 2, 3, 6, 8, 10 และ 12 จะไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาด เพราะกรณีนี้มีค่ากระแสลัดวงจรไหลผ่านรีโคลสเซอร์เล็กน้อย และน้อยกว่าค่ากระแสเริ่มต้นทำงานของรีโคลสเซอร์ทำให้เมื่อเกิดการลัดวงจรฟิวส์ที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงาน ยังทำงานได้ถูกต้องเหมือนเดิม และเมื่อพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ยังคงมีค่าเท่าเดิมกับกรณีที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

2) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หลังรีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบที่ 3 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 4, 5, 14, 16 และ 18 สำหรับกรณีนี้อุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงานก่อนคือรีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว จากตารางที่ 6.10 ค่ากระแสลัดวงจรที่ผ่านรีโคลสเซอร์ และฟิวส์ที่ 5, 6 และ 7 ยังอยู่ในช่วงขอบเขตการทำงานร่วมกัน ลำดับการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ยังไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาด ถึงแม้ว่าค่ากระแสลัดวงจรจะเพิ่มขึ้นก็ตาม และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่บัส 4 และ 5 ซึ่งมีค่ากระแสลัดวงจรเท่ากับ 2,916 A และ 2,650 A ตามลำดับ (จากตารางที่ 6.9) ค่ากระแสดังกล่าวยังอยู่ในขอบเขตการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ดังนั้นจึงไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสซอร์ที่ผิดพลาด ดังนั้นเมื่อพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า จึงยังคงมีค่าเท่าเดิมกับกรณีที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

ตารางที่ 6.9 กระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นแต่ละบัสกรณีที่ 2 ของระบบ RBTS

ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)		ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
บัส 1	3222	4116	บัส 30	2223	2612
บัส 2	2860	3831	บัส 31	205	207
บัส 3	2560	3320	บัส 32	2203	2585
บัส 4	2309	2916	บัส 33	204	207
บัส 5	2137	2650	บัส 34	2064	2394
บัส 6	2544	3303	บัส 35	203	205
บัส 7	208	214	บัส 36	2047	2371
บัส 8	2450	3151	บัส 37	203	205
บัส 9	207	213	บัส 38	1933	2219
บัส 10	2219	2780	บัส 39	202	204
บัส 11	205	211	บัส 40	2838	3508
บัส 12	2297	2902	บัส 41	2543	3065
บัส 13	205	211	บัส 42	2295	2712
บัส 14	2022	2481	บัส 43	2127	2479
บัส 15	202	208	บัส 44	2455	2942
บัส 16	2039	2505	บัส 45	207	209
บัส 17	203	208	บัส 46	2525	3044
บัส 18	1944	2366	บัส 47	207	210
บัส 19	202	208	บัส 48	2282	2694
บัส 20	2850	3530	บัส 49	205	207
บัส 21	2601	3157	บัส 50	2204	2586
บัส 22	2540	3068	บัส 51	204	207
บัส 23	2258	2664	บัส 52	2012	2323
บัส 24	2857	3538	บัส 53	202	205
บัส 25	2541	3064	บัส 54	1893	2165
บัส 26	2340	2775	บัส 55	201	203
บัส 27	2123	2474	บัส 56	1878	2146
บัส 28	2542	3069	บัส 57	201	203
บัส 29	208	210			

ตารางที่ 6.10 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบ RBTS Bus 2

ตำแหน่งการลัดวงจร (บัส)	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)							
	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7
6	13	3303	5	5	5	4	4	4
8	17	7	3150	7	7	6	6	6
10	15	10	10	2779	6	5	5	5
12	11	8	8	4	2901	4	4	4
14	2489	12	12	9	9	2480	4	4
16	2513	12	12	8	9	4	2504	4
18	2375	13	13	10	10	5	5	2365

กรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่หลังรีโคลสเซอร์

กรณีที่ 3 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ด้านหลังรีโคลสเซอร์ที่บัส 5 จะทำให้กระแสลัดวงจรในแต่ละบัสเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 6.11 และค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย แสดงได้ดังตารางที่ 6.12 โดยพิจารณาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ โดยแยกพิจาณาตำแหน่งการเกิดลัดวงจรที่สายย่อยออกเป็น 2 กลุ่มเหมือนกับกรณีที่ 2

1) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หน้ารีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 2 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 2, 3, 6, 8, 10 และ 12 สำหรับกรณีนี้ฟิวส์ต้องทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว เมื่อพิจารณาค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านรีโคลสเซอร์ ซึ่งเกินค่ากระแสเริ่มต้นทำงานของรีโคลสเซอร์ ดังนั้นรีโคลสเซอร์จึงทำงานอย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์ 1, 2, 3 และ 4 เมื่อเกิดลัดวงจรที่ บัส 6, 8, 10 และ 12 ตามลำดับค่ากระแสลัดวงจรดังกล่าวจะทำให้ฟิวส์ทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วจะทำงาน ดังนั้นจึงไม่มีการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาดไป และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่บัส 2 และ 3 ซึ่งมีค่ากระแสลัดวงจรเท่ากับ 3,733 A และ 3,498 A ตามลำดับ (จากตารางที่ 6.11) ค่ากระแสดังกล่าวจะทำให้ฟิวส์ทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วจะทำงาน ทำให้ไม่เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ ทำให้ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ยังคงมีค่าเท่าเดิมกับกรณีที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

2) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หลังรีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 1 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 4, 5, 14, 16 และ 18 สำหรับกรณีนี้อุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงานก่อน คือ รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว จากตารางที่ 6.12 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน ฟิวส์ 5, 6 และ 7 เมื่อเกิดลัดวงจรที่บัส 14, 16 และ 18 ตามลำดับ จะสังเกตเห็นว่าค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์จะมีค่ามากกว่าที่ไหลผ่านรีโคลสเซอร์ เนื่องจากกระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์จะมาจากที่สถานีไฟฟ้าย่อยรวมกับกระแสลัดวงจรที่มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว ซึ่งจากค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์มากกว่านั้นเป็นผลให้ฟิวส์ทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วจะทำงาน และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่บัส 4 และ 5 ซึ่งมีค่ากระแสลัดวงจรเท่ากับ 3,305 A และ 3,176 A ตามลำดับ (จากตารางที่ 6.11) ค่ากระแสดังกล่าวจะเกินขอบเขตการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ (3,000 A) เป็นผลให้ฟิวส์ทำงานก่อนรีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว จากความผิดพลาดเมื่อเกิดการลัดวงจรที่บัส 4, 5, 14, 16 และ 18 ถ้าการลัดวงจรที่เกิดขึ้นเป็นการลัดวงจรแบบชั่วคราว จะทำให้การลัดวงจรแบบชั่วคราวเปลี่ยนเป็นการลัดวงจรแบบถาวร ส่งผลให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในสายย่อยดังกล่าว คือ จุดโหลดที่ 5, 6 และ 7 ต้องพบกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

ตารางที่ 6.11 กระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นแต่ละบัสกรณีที่ 3 ของระบบ RBTS

ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)		ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 3		กรณีที่ 1	กรณีที่ 3
บัส 1	3222	4023	บัส 30	2223	2572
บัส 2	2860	3733	บัส 31	205	207
บัส 3	2560	3498	บัส 32	2203	2545
บัส 4	2309	3305	บัส 33	204	207
บัส 5	2137	3176	บัส 34	2064	2360
บัส 6	2544	3225	บัส 35	203	205
บัส 7	208	213	บัส 36	2047	2338
บัส 8	2450	3079	บัส 37	203	205
บัส 9	207	213	บัส 38	1933	2190
บัส 10	2219	2915	บัส 39	202	204
บัส 11	205	214	บัส 40	2838	3438
บัส 12	2297	3046	บัส 41	2543	3011
บัส 13	205	214	บัส 42	2295	2669
บัส 14	2022	2781	บัส 43	2127	2443
บัส 15	202	215	บัส 44	2455	2891
บัส 16	2039	2810	บัส 45	207	209
บัส 17	203	215	บัส 46	2525	2989
บัส 18	1944	2803	บัส 47	207	210
บัส 19	202	217	บัส 48	2282	2651
บัส 20	2850	3459	บัส 49	205	207
บัส 21	2601	3099	บัส 50	2204	2546
บัส 22	2540	3012	บัส 51	204	206
บัส 23	2258	2621	บัส 52	2012	2291
บัส 24	2857	3468	บัส 53	202	205
บัส 25	2541	3010	บัส 54	1893	2137
บัส 26	2340	2731	บัส 55	201	203
บัส 27	2123	2439	บัส 56	1878	2118
บัส 28	2542	3014	บัส 57	201	203
บัส 29	208	210			

ตารางที่ 6.12 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบ RBTS Bus 2

ตำแหน่งการลัดวงจร (บัส)	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)							
	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7
6	942	3225	5	5	6	5	5	6
8	910	6	3078	7	7	7	7	7
10	949	9	9	2913	6	5	5	6
12	981	7	7	4	3045	4	4	4
14	1784	11	11	8	8	2779	4	4
16	1805	10	10	7	7	4	2808	4
18	1744	11	11	8	8	4	4	2800

จากหัวข้อที่ 5.4 ที่กล่าวถึงการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้กรณีที่เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาด ดังนั้นการคำนวณดัชนีพื้นฐานที่จะนำมาใช้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าของกรณีที่ 3 จะเพิ่มส่วนของพารามิเตอร์ที่เป็นการลัดวงจรแบบชั่วคราวด้วย โดยจะเลือกแสดงตัวอย่างการคำนวณดัชนีพื้นฐานของจุดโหลดที่ 5 ในกรณีที่ 3 เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 6.13 และค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในแต่ละกรณีแสดงดัง ตารางที่ 6.14

ตารางที่ 6.13 การคำนวณค่าดัชนีพื้นฐานการลัดวงจรสามเฟสของระบบ RBTS

	กรณีที่ 1			กรณีที่ 3					
Outage	λ	r	U	λ	r	U	λ_t	r_t	U_t
Case	(ครั้ง/ปี)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง/ปี)	(ครั้ง/ปี)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง/ปี)	(ครั้ง/ปี)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง/ปี)
Sub.Tr1	0.015	1	0.01500	0.01500	1	0.01500	0	0	0
Sub.Tr2	0.01500	1	0.01500	0.01500	1	0.01500	0	0	0
Breaker	0.00600	4	0.02400	0.00600	4	0.02400	0	0	0
Line 1-2	0.04875	5	0.24375	0.04875	5	0.24375	0	0	0
Line 2-3	0.04875	5	0.24375	0.04875	5	0.24375	0	0	0
Line 3-4	0.04875	5	0.24375	0.04875	5	0.24375	0	0	0
Line 4-5	0.03900	1	0.03900	0.03900	1	0.03900	0	0	0
Line2-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line2-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line3-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line3-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line4-14	0.032	30	0.960	0.032	30	0.960	0.96	1.00	0.96
Line4-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line5-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trans6-7	0.015	200	3.000	0.015	200	3.000	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 6.14 ดัชนีความเชื่อถือได้ในแต่ละกรณีของการลัดวงจรแบบสามเฟสในระบบ RBTS

ดัชนีความเชื่อถือได้	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
SAIFI-perm. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.1809	0.1809	0.1809
SAIDI-perm. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	4.3176	4.3176	4.3176
ENS -perm. (MWh)	48.0009	48.0009	48.0009
SAIFI-temp. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	–	0	0.01352
SAIDI-temp. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	–	0	0.01352
ENS -temp. (MWh)	–	0	1.30752
Total SAIFI (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.1809	0.1809	0.1944
Total SAIDI (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	4.3176	4.3176	4.3311
Total ENS (MWh)	48.0009	48.0009	49.3084

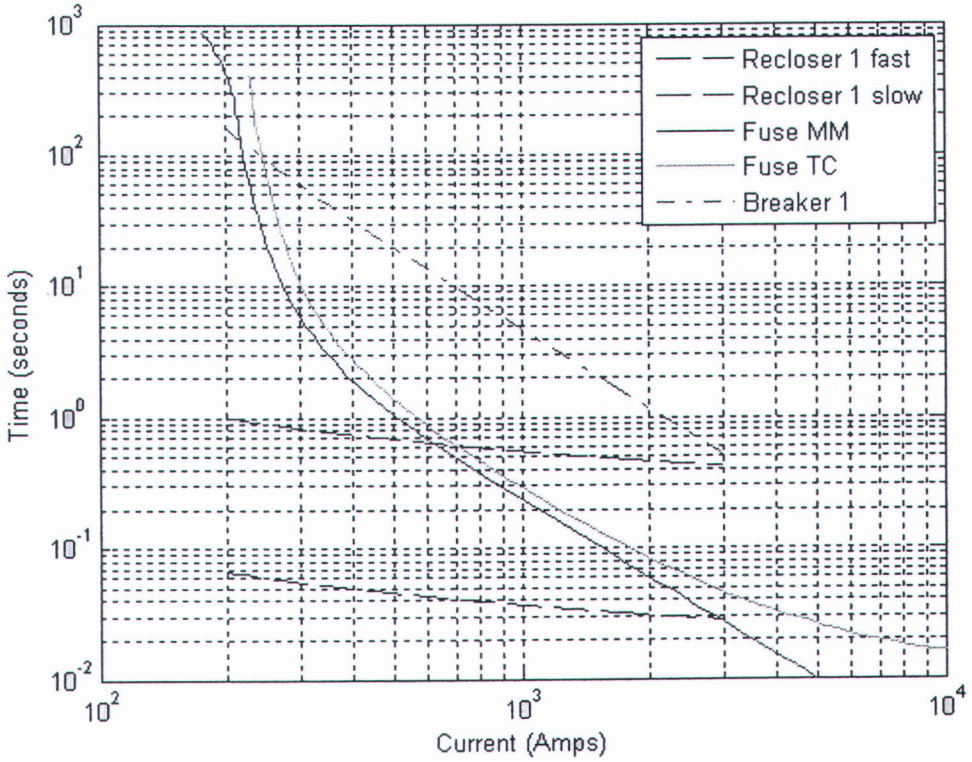
จากตารางที่ 6.13 กรณีที่ 3 ซึ่งเกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ เป็นผลให้การลัดวงจรแบบชั่วคราวเปลี่ยนเป็นการลัดวงจรแบบถาวร เมื่อพิจารณาการลัดวงจรที่ตำแหน่งหลังฟิวส์กับที่หน้าหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันต่ำ ดังนั้นในการคำนวณดัชนีพื้นฐานจึงพิจารณาอัตราขัดข้องของสาย 5-18 ดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 5.4 และระยะเวลาที่เกิดเหตุขัดข้องจะเท่ากับระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนฟิวส์ จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่งผลให้ดัชนีทั้งสามตัว มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 ซึ่งเมื่อมาพิจารณาที่ตารางที่ 6.14 จะเห็นว่าค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของกรณีที่ 3 มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 จากค่าดัชนีที่เพิ่มขึ้นนี้จะชี้ให้เห็นว่าความเชื่อถือได้ของระบบลดน้อยลง

6.3.2 การพิจารณาลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดิน

ผลการทดสอบผลกระทบต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์เมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 6.2 สำหรับผลการทดสอบผลกระทบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว ในกรณีที่ 2 และ 3 จะเลือกขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวขนาด 6 MVA ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ (PF) เท่ากับ 0.85 และกำหนดให้ค่าอิมพีแดนซ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวช่วงซับทรานเซียน (Sub-transient) เป็นร้อยละ 20 ของช่วงสภาวะคงตัว (Steady-state) ผลการทดสอบแต่ละกรณีแสดงได้ดังนี้

กรณีที่ 1 ไม่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

กรณีที่ 1 จะกำหนดให้เป็นกรณีฐาน ก่อนที่จะประเมินถึงผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์และความเชื่อถือของระบบจำหน่ายไฟฟ้านั้น ต้องทำการตั้งค่าการทำงานของระบบทดสอบให้มีความถูกต้องก่อน โดยการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดิน ตัวที่เป็นตัวตรวจจับจะเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์และรีโคลสเซอร์ด้านกราวด์ ขั้นตอนการตั้งค่าการทำงานของการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดินจะเหมือนกับการลัดวงจรแบบสามเฟส ต่างตรงที่ค่ากระแสเริ่มต้นทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งค่ากระแสเริ่มต้นทำงานของการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดินจะมีค่าน้อยกว่าการลัดวงจรแบบสามเฟส โดยกำหนดให้ค่ากระแสเริ่มต้นทำงานมีค่าประมาณ 0.3 เท่าของกระแสโหลดปกติ กราฟการทำงานร่วมกันแสดงได้ดังรูปที่ 6.4 โดยมีขอบเขตการทำงานร่วมกันอยู่ที่ประมาณ 600 A- 2,900 A คุณลักษณะที่เลือกใช้สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์คือ แบบ Extremely Inverse (EI) และรีโคลสเซอร์จะใช้แบบ Standard Inverse (SI) ในทุกสายป้อน สำหรับฟิวส์ในสายป้อนที่ 1 ,3 และ 4 ฟิวส์ที่อยู่หน้ารีโคลสเซอร์ที่เลือกใช้คือ 65K และฟิวส์ที่อยู่หลังรีโคลสเซอร์ที่เลือกใช้คือ 100K สายป้อนที่ 2 ฟิวส์ที่เลือกใช้คือ 100K ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตั้งค่าการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์และรีโคลสเซอร์ชนิดด้านกราวด์ในแต่ละสายป้อน จากสมการที่ (3.1) แสดงได้ดังตารางที่ 6.15



รูปที่ 6.4 การทำงานร่วมกันระหว่างเซอร์กิตเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์บนสายป้อนที่ 1

ตารางที่ 6.15 พารามิเตอร์ต่างๆของเซอร์กิตเบรกเกอร์และรีโคลสเซอร์ของระบบ RBTS ด้านกราวด์

อุปกรณ์		ตัวแปร	สายป้อน 1	สายป้อน 2	สายป้อน 3	สายป้อน 4
เบรกเกอร์		A	80.000	80.000	80.000	80.000
		B	2.000	2.000	2.000	2.000
		TD	5.000	4.000	4.000	3.000
รีโคลสเซอร์	ช่วงการทำงานเร็ว	A	0.140	0.140	0.140	0.140
		B	0.020	0.020	0.020	0.020
		TD	0.020	0.008	0.008	0.008
	ช่วงการทำงานช้า	A	0.140	0.140	0.140	0.140
		B	0.020	0.020	0.020	0.020
		TD	0.300	0.100	0.100	0.100

ตารางที่ 6.16 แสดงค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย จากค่าการไหลของกระแสลัดวงจรในตารางที่ 6.16 เมื่อนำไปพิจารณาลำดับการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์จากค่าการทำงานที่ตั้งไว้ พบว่าลำดับการทำงานเป็นไปอย่างถูกต้อง ดังนั้นค่าการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ตั้งไว้มีความถูกต้อง เมื่อการตั้งค่าการทำงานในสภาวะไม่มีการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อเข้ากับระบบมีความถูกต้องแล้ว ถัดไปก็จะเป็นการทดสอบในแต่ละกรณีที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 6.2

ตารางที่ 6.16 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบ RBTS Bus 2

ตำแหน่งการลัดวงจร	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)							
(บัส)	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7
6	27	2570	10	10	11	9	9	9
8	31	12	2391	12	12	10	10	10
10	28	15	15	2014	11	9	9	9
12	23	14	14	9	2141	8	8	8
14	1751	17	17	14	14	1735	8	8
16	1773	17	17	13	14	8	1758	8
18	1653	18	18	15	15	9	9	1635

สำหรับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากรณีที่ยังไม่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว สามารถหาได้ตามตารางที่ 6.17

ตารางที่ 6.17 ดัชนีความเชื่อถือได้ในแต่ละกรณีของการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดินในระบบ RBTS

ดัชนีความเชื่อถือได้	กรณีที่ 1
SAIFI-perm. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.0602
SAIDI-perm. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	1.4364
ENS -perm. (MWh)	26.3131
SAIFI-temp. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	–
SAIDI-temp. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	–
ENS -temp. (MWh)	–
Total SAIFI (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.0602
Total SAIDI (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	1.4364
Total ENS (MWh)	26.3131

กรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ตำแหน่งหน้ารีโคลสเซอร์

กรณีที่ 2 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่หน้ารีโคลสเซอร์ที่บัส 2 กระแสลัดวงจรในแต่ละบัสจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 6.18 และค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย แสดงได้ดังดังตารางที่ 6.19 เมื่อพิจารณาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ โดยแยกพิจาณาตำแหน่งลัดวงจรที่สายย่อยออกเป็น 2 กลุ่มคือ ตำแหน่งลัดวงจรเกิดขึ้นที่สายย่อยหน้ารีโคลสเซอร์ และตำแหน่งลัดวงจรที่สายย่อยหลังรีโคลสเซอร์ โดยจะพิจารณาตำแหน่งการลัดวงจร 2 ตำแหน่งในสายย่อย คือ ตำแหน่งหลังฟิวส์ และตำแหน่งหน้าหม้อแปลงไฟฟ้าแรงต่ำ

1) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หน้ารีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 4 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 2, 3, 6, 8, 10 และ 12 จะไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาด เพราะกรณีนี้มีค่ากระแสลัดวงจรไหลผ่านรีโคลสเซอร์เล็กน้อย และน้อยกว่าค่ากระแสเริ่มต้นทำงานของรีโคลสเซอร์ทำให้เมื่อเกิดการลัดวงจรฟิวส์ที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงาน ยังทำงานได้ถูกต้องเหมือนเดิม และเมื่อพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ยังคงมีค่าเท่าเดิมกับกรณีที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

2) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หลังรีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 3 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 4, 5, 14, 16 และ 18 สำหรับกรณีนี้อุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงานก่อนคือรีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว จากตารางที่ 6.19 ค่ากระแสลัดวงจรที่ผ่านรีโคลสเซอร์ และฟิวส์ที่ 5, 6 และ 7 ยังอยู่ในช่วงขอบเขตการทำงานร่วมกัน ลำดับการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ยังไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาด ถึงแม้ว่าค่ากระแสลัดวงจรจะเพิ่มขึ้นก็ตาม และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่บัส 4 และ 5 ซึ่งมีค่ากระแสลัดวงจรเท่ากับ 2,657 A และ 2,271 A ตามลำดับ (จากตารางที่ 6.18) ค่ากระแสดังกล่าวยังอยู่ในขอบเขตการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ ดังนั้นจึงไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาด ดังนั้นเมื่อพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า จึงยังคงมีค่าเท่าเดิมกับกรณีที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

ตารางที่ 6.18 กระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นแต่ละบัสกรณีที่ 2 ของระบบ RBTS

ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)		ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
บัส 1	4308	5347	บัส 30	2020	2217
บัส 2	3269	4451	บัส 31	203	204
บัส 3	2620	3342	บัส 32	1989	2180
บัส 4	2175	2657	บัส 33	202	204
บัส 5	1907	2271	บัส 34	1791	1944
บัส 6	2568	3278	บัส 35	200	202
บัส 7	207	213	บัส 36	1768	1916
บัส 8	2389	2996	บัส 37	200	201
บัส 9	206	212	บัส 38	1619	1742
บัส 10	2011	2425	บัส 39	198	199
บัส 11	202	208	บัส 40	3216	3762
บัส 12	2139	2610	บัส 41	2586	2925
บัส 13	203	209	บัส 42	2153	2381
บัส 14	1733	2033	บัส 43	1895	2068
บัส 15	199	205	บัส 44	2399	2686
บัส 16	1756	2064	บัส 45	206	208
บัส 17	199	205	บัส 46	2533	2855
บัส 18	1633	1898	บัส 47	207	209
บัส 19	198	203	บัส 48	2114	2332
บัส 20	3259	3822	บัส 49	203	205
บัส 21	2712	3090	บัส 50	1989	2180
บัส 22	2574	2909	บัส 51	202	204
บัส 23	2086	2298	บัส 52	1720	1859
บัส 24	3264	3829	บัส 53	199	201
บัส 25	2585	2924	บัส 54	1567	1682
บัส 26	2227	2473	บัส 55	197	198
บัส 27	1887	2060	บัส 56	1548	1660
บัส 28	2566	2898	บัส 57	197	198
บัส 29	207	209			

ตารางที่ 6.19 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบ RBTS Bus 2

ตำแหน่งการลัดวงจร (บัส)	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)							
	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7
6	30	3279	11	11	12	10	10	10
8	35	13	2997	14	14	12	12	12
10	30	17	17	2426	12	10	10	10
12	25	15	15	9	2611	8	8	8
14	2051	19	19	15	15	2034	9	9
16	2082	19	19	14	15	8	2065	8
18	1918	20	20	16	16	10	10	1899

กรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่หลังรีโคลสเซอร์

กรณีที่ 3 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่หลังรีโคลสเซอร์ที่บัส 5 จะทำให้กระแสลัดวงจรในแต่ละบัสเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 6.20 และค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย แสดงได้ดังตารางที่ 6.21 เมื่อพิจารณาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ โดยแยกพิจาณาตำแหน่งลัดวงจรที่สายย่อยออกเป็น 2 กลุ่มเหมือนกับกรณีที่ 2

1) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หน้ารีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 2 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 2, 3, 6, 8, 10 และ 12 สำหรับกรณีนี้ฟิวส์ต้องทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วเมื่อพิจารณาค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านรีโคลสเซอร์ ซึ่งเกินค่ากระแสเริ่มต้นทำงานของรีโคลสเซอร์ ดังนั้นรีโคลสเซอร์จึงทำงาน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์ 1, 2, 3 และ 4 เมื่อเกิดลัดวงจรที่ บัส 6, 8, 10 และ 12 ตามลำดับค่ากระแสลัดวงจรดังกล่าวจะทำให้ฟิวส์ทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วจะทำงาน ดังนั้นจึงไม่มีการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาดไป และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่บัส 2 และ 3 ซึ่งมีค่ากระแสลัดวงจรเท่ากับ 4,213 A และ 3,708 A ตามลำดับ (จากตารางที่ 6.20) ค่ากระแสลัดวงจรดังกล่าวจะทำให้ฟิวส์ทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วจะทำงาน ทำให้ไม่เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ ดังนั้นความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ยังคงมีค่าเท่าเดิมกับกรณีที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

2) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หลังรีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 1 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 4, 5, 14, 16 และ 18 สำหรับกรณีนี้อุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงานก่อน คือ รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว จากตารางที่ 6.21 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน ฟิวส์ 5, 6 และ 7 เมื่อเกิดลัดวงจรที่บัส 14, 16 และ 18 ตามลำดับ จะสังเกตเห็นว่าค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์จะมีค่ามากกว่าที่ไหลผ่านรีโคลสเซอร์เนื่องจาก กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์จะมาจากที่สถานีไฟฟ้าย่อยรวมกับกระแสลัดวงจรที่มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว อย่างไรก็ตามจากค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์มากกว่ารีโคลสเซอร์นั้น ไม่ทำให้ฟิวส์ทำงานก่อนรีโคลสเซอร์ เนื่องจากการลัดวงจรที่เกิดขึ้น รีโคลสเซอร์ทางด้านเฟสสามารถตัวตรวจจับการลัดวงจรที่เกิดขึ้นได้และมีเวลาในการทำงานน้อยกว่าเวลาในการทำงานของฟิวส์ จึงทำให้รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วทำงานก่อนฟิวส์ ดังนั้นจึงไม่เกิดการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาด ทำให้ความเชื่อถือได้ของระบบมีค่าเท่าเดิม

ตารางที่ 6.20 กระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นแต่ละบัสกรณีที่ 3 ของระบบ RBTS

ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)		ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 3		กรณีที่ 1	กรณีที่3
บัส 1	4308	5219	บัส 30	2020	2194
บัส 2	3269	4191	บัส 31	203	204
บัส 3	2620	3685	บัส 32	1989	2157
บัส 4	2175	3453	บัส 33	202	204
บัส 5	1907	3398	บัส 34	1791	1926
บัส 6	2568	3119	บัส 35	200	201
บัส 7	207	212	บัส 36	1768	1899
บัส 8	2389	2861	บัส 37	200	201
บัส 9	206	212	บัส 38	1619	1728
บัส 10	2011	2617	บัส 39	198	199
บัส 11	202	212	บัส 40	3216	3697
บัส 12	2139	2830	บัส 41	2586	2885
บัส 13	203	213	บัส 42	2153	2355
บัส 14	1733	2509	บัส 43	1895	2048
บัส 15	199	213	บัส 44	2399	2651
บัส 16	1756	2555	บัส 45	206	208
บัส 17	199	213	บัส 46	2533	2817
บัส 18	1633	2684	บัส 47	207	209
บัส 19	198	216	บัส 48	2114	2306
บัส 20	3259	3755	บัส 49	203	205
บัส 21	2712	3045	บัส 50	1989	2157
บัส 22	2574	2868	บัส 51	202	204
บัส 23	2086	2273	บัส 52	1720	1843
บัส 24	3264	3762	บัส 53	199	200
บัส 25	2585	2884	บัส 54	1567	1669
บัส 26	2227	2444	บัส 55	197	198
บัส 27	1887	2040	บัส 56	1548	1647
บัส 28	2566	2858	บัส 57	197	198
บัส 29	207	209			

ตารางที่ 6.21 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบ RBTS Bus 2

ตำแหน่งการลัดวงจร (บัส)	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)							
	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7
6	876	3121	11	12	13	12	12	12
8	823	13	2862	14	15	13	13	14
10	943	16	16	2618	12	11	11	12
12	1002	14	14	9	2831	10	10	11
14	1416	18	18	14	14	2509	9	10
16	1446	17	17	14	14	8	2555	10
18	1392	17	17	14	14	9	9	2684

6.3.3 การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

6.3.3.1 การหาขนาดกำลังผลิตสูงสุดที่เหมาะสม

จากผลการทดสอบติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ตำแหน่งต่างๆ และพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟสและการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดิน จะพบปัญหาเมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟส และการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ด้านหลังรีโคลสเซอร์ โดยตำแหน่งลัดวงจรอยู่หลังรีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 1 ในหัวข้อ 4.2) ขนาดกำลังผลิตสูงสุดที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟสแสดงได้ดังตารางที่ 6.22 และเพื่อให้เป็นการครอบคลุมทุกตำแหน่งลัดวงจรในสายย่อยจึงทำการพิจารณาตำแหน่งเกิดการลัดวงจรที่หลังฟิวส์ คือบัส 4 และ บัส 5 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกิดค่ากระแสลัดวงจรที่สูงสุดในแต่ละสายย่อย

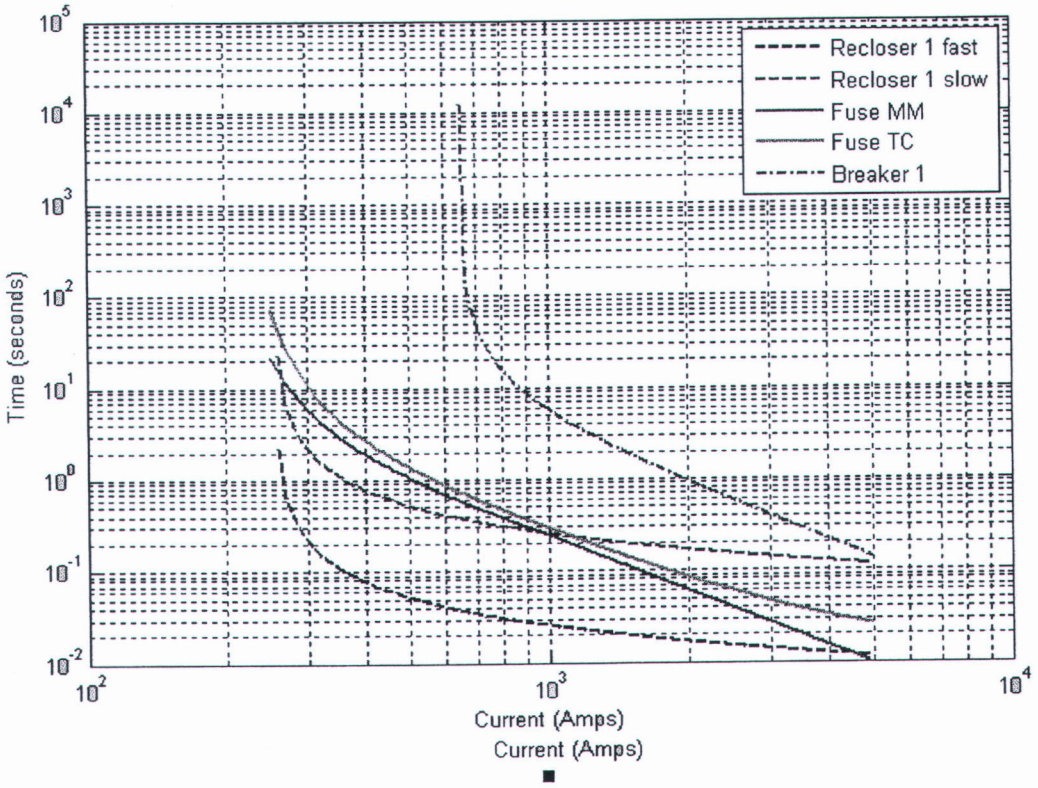
ตารางที่ 6.22 ขนาดกำลังการผลิตสูงสุดที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟส

ติด DG ที่บัส 5	
ตำแหน่งลัดวงจร	ขนาด (MVA)
บัส 4	2.593
บัส 5	3.208
ขนาดสูงสุดเมื่อติดตั้ง DG ที่ บัส 5 (MVA)	
2.593	

ค่าขนาดกำลังผลิตสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 5 โดยพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟสควรเลือกขนาดกำลังผลิตสูงสุดที่น้อยที่สุดที่ได้จากตำแหน่งลัดวงจรที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อครอบคลุมปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ไม่ว่าจะเกิดการลัดวงจรที่บัสไหนในย่อย ซึ่งคือ บัสที่ 4 ดังนั้นขนาดกำลังการผลิตสูงสุดที่เหมาะสมเมื่อต้องการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 5 มีค่าเท่ากับ 2.593 MVA

6.3.3.2 การปรับเปลี่ยนระบบป้องกัน

จากปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการที่ฟิวส์และรีโคลสเซอร์เห็นกระแสลัดวงจรที่ไม่เท่านั้นและค่ากระแสลัดวงจรที่เพิ่มขึ้นซึ่งเกินขอบเขตการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ ดังนั้นการปรับเปลี่ยนการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันทำโดยการปรับเปลี่ยนให้รีโคลสเซอร์ให้มีความไวในการทำงานมากขึ้น โดยจากเดิมค่า TMS = 0.009 เปลี่ยนเป็น 0.005 กราฟการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์เมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟสหลังการปรับเปลี่ยนการทำงานของรีโคลสเซอร์แสดงได้ดังรูปที่ 6.5 และค่าเวลาในการทำงานของรีโคลสเซอร์และฟิวส์ก่อนและหลังทำการปรับปรุงการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์แสดงดังตารางที่ 6.23



รูปที่ 6.5 การทำงานร่วมกันระหว่างเซอร์กิตเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์หลังทำการปรับเปลี่ยนการทำงานของรีโคลสซอร์ โดยพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟส

ตารางที่ 6.23 เวลาในการทำงานของฟิวส์และรีโคลสเซอร์ก่อนและหลังปรับเปลี่ยนการทำงาน

ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	ก่อนทำการปรับเปลี่ยน		หลังทำการปรับเปลี่ยน	
	เวลาในการทำงาน		เวลาในการทำงาน	
	ฟิวส์ (s)	รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว (s)	ฟิวส์ (s)	รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว (s)
บัส 4	0.0221	0.0318	0.0221	0.0177
บัส 5	0.0241	0.0322	0.0241	0.0179
บัส 14	0.0314	0.0318	0.0314	0.0177
บัส 16	0.0308	0.0316	0.0308	0.0176
บัส 18	0.0310	0.0322	0.0310	0.0179

จากตารางที่ 6.23 จะสังเกตเห็นว่า ก่อนทำการปรับเปลี่ยนเวลาในการทำงานของฟิวส์จะเร็วกว่าการทำงานของรีโคลสเซอร์ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการปรับเปลี่ยนให้การทำงานของรีโคลสเซอร์มีความไวมากขึ้น เวลาในการทำงานของรีโคลสเซอร์จะน้อยลงเมื่อเทียบกับก่อนการปรับเปลี่ยน และค่าเวลาในการทำงานของฟิวส์จะมีค่าเท่าเดิม จากค่าเวลาในการทำงานของฟิวส์ที่น้อยลงนั้น จะทำให้รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วทำงานก่อนฟิวส์ซึ่งเป็นลำดับการทำงานที่ถูกต้อง

6.4 ผลการทดสอบระบบที่ดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

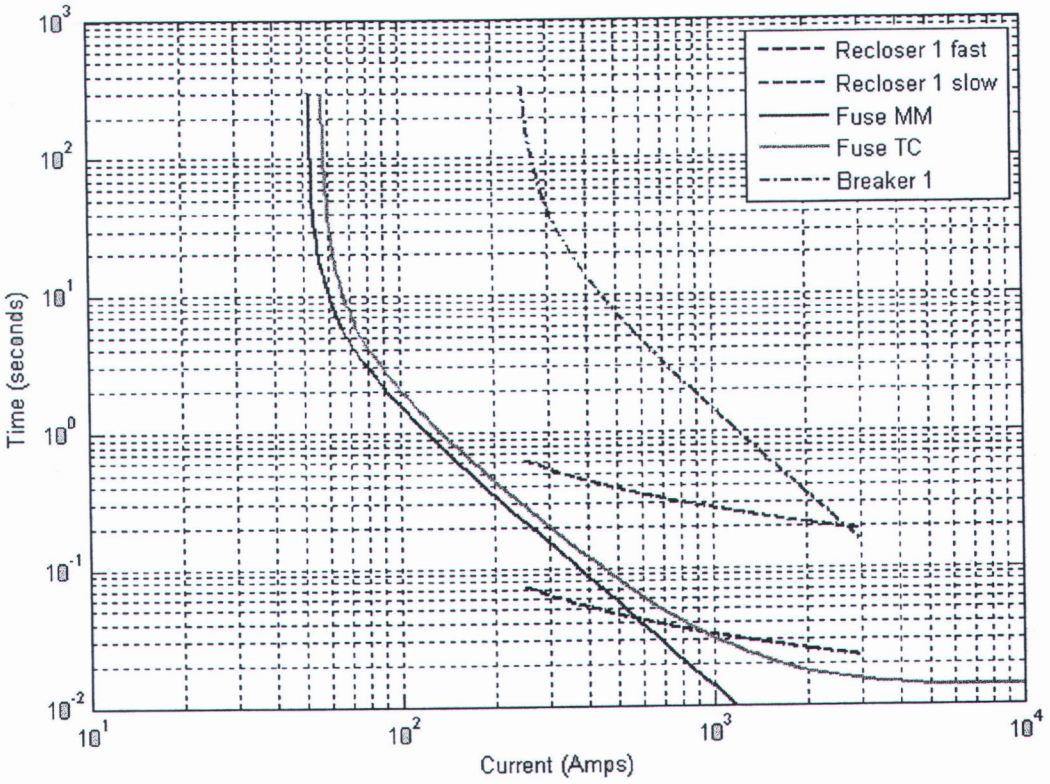
ผลการทดสอบโดยพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟสแสดงได้ดังหัวข้อที่ 6.4.1 และผลการทดสอบโดยพิจารณาการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดินแสดงได้ดังหัวข้อที่ 6.4.2

6.4.1 การพิจารณาลัดวงจรแบบสามเฟส

ผลการทดสอบผลกระทบต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์เมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟส สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 6.2 สำหรับผลการทดสอบผลกระทบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว ในกรณีที่ 2 และ 3 จะเลือกขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวขนาด 4 MVA ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ (PF) เท่ากับ 0.85 และกำหนดให้ค่าอิมพิแดนซ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวช่วงซับทรานเซียน (Sub-transient) เป็นร้อยละ 20 ของช่วงสภาวะคงตัว (Steady-state) ผลการทดสอบแต่ละกรณีแสดงได้ดังนี้

กรณีที่ 1 ไม่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

กรณีที่ 1 จะกำหนดให้เป็นกรณีฐาน ก่อนที่จะประเมินถึงผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์และความเชื่อถือได้นั้น ต้องทำการตั้งค่าการทำงานของระบบทดสอบให้มีความถูกต้องก่อน สำหรับหลักการตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละตัวที่จะใช้หลักการเดียวกับระบบทดสอบ RBTS BUS 2 สำหรับกราฟการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์แต่ละตัวแสดงดังรูปที่ 6.6 โดยมีขอบเขตการทำงานร่วมกันอยู่ที่ประมาณ 280 A- 590 A คุณลักษณะที่เลือกใช้สำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์คือ แบบ Extremely Inverse (EI) และรีโคลสเซอร์จะใช้แบบ Standard Inverse (SI) ในทุกสายป้อน สำหรับฟิวส์ที่เลือกใช้คือ 25K ทุกสายย่อย ยกเว้นสายย่อยที่ 4 เลือกใช้ขนาด 40K สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตั้งค่าการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์และรีโคลสเซอร์ จากสมการที่ (3.1) แสดงได้ดังตารางที่ 6.24 โดยการค่าดังกล่าวนี้เป็นการตั้งค่าสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์กับรีโคลสเซอร์ชนิดด้านเฟส



รูปที่ 6.6 การทำงานร่วมกันระหว่างเซอร์กิตเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์

ตารางที่ 6.24 พารามิเตอร์ต่างๆของเซอร์กิตเบรกเกอร์และรีโคลสเซอร์ ของระบบดัดแปลงจากกฟภ.

อุปกรณ์		ตัวแปร	สายป้อน 1
เบรกเกอร์		A	80.000
		B	2.000
		TD	0.300
รีโคลสเซอร์	ช่วงการทำงานเร็ว	A	0.140
		B	0.020
		TD	0.012
	ช่วงการทำงานช้า	A	0.140
		B	0.020
		TD	0.100

ตารางที่ 6.25 แสดงค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย จากค่าการไหลของกระแสลัดวงจรในตารางที่ 6.25 เมื่อนำไปพิจารณาลำดับการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์จากค่าการทำงานที่ตั้งไว้ พบว่าลำดับการทำงานเป็นไปอย่างถูกต้อง ดังนั้นค่าการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ตั้งไว้มีความถูกต้อง เมื่อการตั้งค่าการทำงานในสภาวะไม่มีการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อเข้ากับระบบมีความถูกต้องแล้ว ถัดไปก็จะเป็นการทดสอบในแต่ละกรณีที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 6.2

ตารางที่ 6.25 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ตำแหน่งการลัดวงจร (บัส)	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)									
	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7	ฟิวส์ 8	ฟิวส์ 9
13	1	788	1	1	2	1	0	0	0	1
14	3	1	567	2	3	1	1	1	0	2
15	2	1	1	568	2	1	0	0	0	1
16	2	2	3	4	506	1	0	0	0	1
17	1	2	4	5	4	467	0	0	0	0
18	1	2	4	6	5	1	458	0	0	0
19	407	2	5	8	8	2	1	407	0	0
20	381	2	6	9	10	3	1	1	380	0
21	346	3	7	10	12	4	2	1	0	344

สำหรับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากรณีที่ยังไม่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว สามารถหาได้ตามตารางที่ 6.26

ตารางที่ 6.26 ดัชนีความเชื่อถือได้ในกรณีที่ 1ของระบบดัดแปลงจากกฟภ.

ดัชนีความเชื่อถือได้	กรณีที่ 1
SAIFI-perm. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.9826
SAIDI-perm. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	7.5827
ENS -perm. (MWh)	26.3430
SAIFI-temp. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	–
SAIDI-temp. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	–
ENS -temp. (MWh)	–
Total SAIFI (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.9826
Total SAIDI (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	7.5827
Total ENS (MWh)	26.3430

กรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ตำแหน่งหน้ารีโคลสเซอร์

กรณีที่ 2 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่หน้ารีโคลสเซอร์ที่บัส 3 กระแสลัดวงจรในแต่ละบัสจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 6.27 และค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย แสดงได้ดังตารางที่ 6.28 เมื่อพิจารณาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ โดยแยกพิจาณาตำแหน่งลัดวงจรที่สายย่อยออกเป็น 2 กลุ่มคือ ตำแหน่งลัดวงจรเกิดขึ้นที่สายย่อยหน้ารีโคลสเซอร์ และตำแหน่งลัดวงจรเกิดขึ้นที่สายย่อยหลังรีโคลสเซอร์ โดยจะแยกพิจารณาตำแหน่งการลัดวงจรอีก 2 ตำแหน่งในสายย่อย คือ ตำแหน่งหลังฟิวส์ และตำแหน่งหน้าหม้อแปลงไฟฟ้าแรงต่ำ

1) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หน้ารีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 4 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 2-8 และบัส 13-18 จะไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาด เพราะกรณีนี้มีค่ากระแสลัดวงจรไหลผ่านรีโคลสเซอร์เล็กน้อย และน้อยกว่าค่ากระแสเริ่มต้นทำงานของรีโคลสเซอร์ทำให้เมื่อเกิดการลัดวงจร ฟิวส์ที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงานยังทำงานได้ถูกต้องเหมือนเดิม และเมื่อพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ยังคงมีค่าเท่าเดิมกับกรณีที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

2) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หลังรีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 3 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 10-12 และ บัส 19-21 สำหรับกรณีนี้อุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงานก่อนคือรีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว จากตารางที่ 6.28 ค่ากระแสลัดวงจรที่ผ่านรีโคลสเซอร์ และฟิวส์ที่ 7, 8 และ 9 ยังอยู่ในช่วงขอบเขตการทำงานร่วมกัน ลำดับการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์จึงไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาด ถึงแม้ว่าค่ากระแสลัดวงจรจะเพิ่มขึ้นก็ตาม และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่บัส 10-12 ซึ่งมีค่ากระแสลัดวงจรเท่ากับ 574 A, 540 A และ 507 A ตามลำดับ (จากตารางที่ 6.27) ค่ากระแสดังกล่าวยังอยู่ในขอบเขตการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ดังนั้นจึงไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดขึ้น และเมื่อพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า จึงยังคงมีค่าเท่าเดิมกับกรณีที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

ตารางที่ 6.27 กระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นแต่ละบัสกรณีที่ 2 ของระบบดัดแปลงจากกฟภ.

ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)		ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
บัส 1	1426	1641	บัส 12	371	507
บัส 2	820	1118	บัส 13	788	1065
บัส 3	622	977	บัส 14	567	867
บัส 4	598	925	บัส 15	568	866
บัส 5	533	795	บัส 16	506	744
บัส 6	476	687	บัส 17	467	672
บัส 7	470	676	บัส 18	458	655
บัส 8	433	612	บัส 19	407	567
บัส 9	414	578	บัส 20	380	522
บัส 10	411	574	บัส 21	344	466
บัส 11	391	540			

ตารางที่ 6.28 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ตำแหน่งการลัดวงจร	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)									
(บัส)	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7	ฟิวส์ 8	ฟิวส์ 9
13	2	1064	1	2	3	1	1	1	0	1
14	4	1	864	3	5	2	1	1	0	3
15	5	1	2	862	6	3	1	1	1	3
16	5	1	1	1	737	3	1	1	1	3
17	7	2	2	2	3	669	2	2	1	4
18	7	2	2	2	2	3	654	2	1	4
19	561	2	4	5	3	1	1	565	1	4
20	517	2	4	6	5	0	0	1	521	4
21	461	2	5	8	8	2	1	1	0	461

กรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่หลังรีโคลสเซอร์

กรณีที่ 3 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่หลังรีโคลสเซอร์ที่บัส 9 จะทำให้กระแสลัดวงจรในแต่ละบัสเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 6.29 และค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย แสดงได้ดังตารางที่ 6.30 เมื่อพิจารณาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ โดยแยกพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่สายย่อยออกเป็น 2 กลุ่มเหมือนกับกรณีที่ 2

1) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หน้ารีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผบกระทบที่ 2 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 2-8 และ บัส 13-18 สำหรับกรณีนี้ฟิวส์ต้องทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว เมื่อพิจารณาการลัดวงจรที่บัส 13-18 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านรีโคลสเซอร์ ซึ่งเกินค่ากระแสเริ่มต้นทำงานของรีโคลสเซอร์ ดังนั้นรีโคลสเซอร์จึงทำงาน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์ 1-6 ค่ากระแสลัดวงจรดังกล่าวจะทำให้ฟิวส์ทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วจะทำงาน ดังนั้นจึงเกิดการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาดขึ้น และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่บัส 2-8 ซึ่งมีค่ากระแสลัดวงจรตามตารางที่ 6.29 ค่ากระแสดังกล่าวจะทำให้ฟิวส์ทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วจะทำงาน ทำให้ไม่เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์เช่นกัน ดังนั้นความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ยังคงมีค่าเท่าเดิมกับกรณีที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

2) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หลังรีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 1 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 10-12 และ บัส 19-21 สำหรับกรณีนี้อุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงานก่อนคือรีโคลสเซอร์ช่วง

การทำงานเร็ว เมื่อพิจารณาการลัดวงจรที่บัส 19-21 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน ฟิวส์ 7, 8 และ 9 จากตารางที่ 6.30 จะสังเกตเห็นว่าค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์จะมีค่ามากกว่าที่ไหลผ่านรีโคลสเซอร์ เนื่องจากกระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์จะมาจากที่สถานีไฟฟ้าย่อยรวมกับกระแสลัดวงจรที่มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว ซึ่งจากค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์มากกว่านั้นเป็นผลให้ฟิวส์ทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วจะทำงานเมื่อเกิดการลัดวงจรที่บัส 19-21 และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่10-11 ซึ่งมีค่ากระแสลัดวงจรตามตารางที่ 6.29 ค่ากระแสลัดวงจรดังกล่าวจะเกินขอบเขตการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ (700 A) เป็นผลให้ฟิวส์ทำงานก่อนรีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดการลัดวงจรที่ บัส 12 ค่ากระแสลัดวงจรถึงจะไม่เกินขอบเขตการทำงาน อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่ากระแสลัดวงจรที่บัส 12 กับเวลาที่รีโคลสเซอร์ทำงานจะพบว่า ค่ากระแสดังกล่าวนี้ทำให้ฟิวส์ทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว ดังนั้นสำหรับกรณีที่ 3 จะเกิดการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาดเมื่อเกิดการลัดวงจรที่บัส 10-12 และ บัส 19-21 ถ้าการลัดวงจรที่เกิดขึ้นเป็นการลัดวงจรแบบชั่วคราว จะทำให้การลัดวงจรแบบชั่วคราวเปลี่ยนเป็นการลัดวงจรแบบถาวร ส่งผลให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในสายย่อยดังกล่าว คือ จุดโหลดที่ 7, 8 และ 9 ต้องพบกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

ตารางที่ 6.29 กระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นแต่ละบัสกรณีที่ 3 ของระบบดัดแปลงจากกฟภ.

ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)		ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 3		กรณีที่ 1	กรณีที่ 3
บัส 1	1426	1605	บัส 12	371	666
บัส 2	820	1070	บัส 13	788	1021
บัส 3	622	917	บัส 14	567	818
บัส 4	598	900	บัส 15	568	844
บัส 5	533	856	บัส 16	506	799
บัส 6	476	818	บัส 17	467	798
บัส 7	470	814	บัส 18	458	786
บัส 8	433	793	บัส 19	407	764
บัส 9	414	782	บัส 20	380	690
บัส 10	411	776	บัส 21	344	602
บัส 11	391	720			

ตารางที่ 6.30 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ตำแหน่งการลัดวงจร (บัส)	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)									
	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7	ฟิวส์ 8	ฟิวส์ 9
13	264	1021	1	2	2	1	0	1	0	1
14	276	1	815	3	4	2	1	1	0	2
15	291	1	2	839	6	2	1	1	0	2
16	304	1	1	2	791	3	1	1	1	3
17	332	1	1	1	6	794	2	2	1	5
18	332	1	1	1	5	4	785	2	1	5
19	405	2	2	2	2	3	1	762	1	7
20	359	2	3	4	2	1	1	2	689	6
21	300	2	4	6	6	1	1	1	1	596

จากหัวข้อที่ 5.4 ที่กล่าวถึงการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้กรณีที่เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาด ดังนั้นการคำนวณดัชนีพื้นฐานที่จะนำมาใช้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ของกรณีที่ 3 จะเพิ่มส่วนของพารามิเตอร์ที่เป็นการลัดวงจรแบบชั่วคราวด้วย การคำนวณดัชนีพื้นฐานของจุดโหลดที่ 7 ในกรณีที่ 3 เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 6.31 และค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในแต่ละกรณีแสดงดังตารางที่ 6.32

ตารางที่ 6.31 การคำนวณค่าดัชนีพื้นฐานการลัดวงจรแบบสามเฟสของระบบดัดแปลงจากกฟภ.

	กรณีที่ 1			กรณีที่ 3					
Outage	λ	r	U	λ	r	U	λ_t	r_t	U_t
Case	(ครั้ง/ปี)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง/ปี)	(ครั้ง/ปี)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง/ปี)	(ครั้ง/ปี)	(ชั่วโมง)	(ชั่วโมง/ปี)
Sub.Tr1	0.015	1	0.01500	0.015	1	0.01500	0	0	0
Sub.Tr2	0.01500	1	0.01500	0.01500	1	0.01500	0	0	0
Breaker	0.00600	4	0.02400	0.00600	4	0.02400	0	0	0
Line 1-2	0.30225	5	1.51125	0.30225	5	1.51125	0	0	0
Line 2-3	0.21710	5	1.08550	0.21710	5	1.08550	0	0	0
Line 3-4	0.03523	5	0.17615	0.03523	5	0.17615	0	0	0
Line 4-5	0.10530	5	0.52650	0.10530	5	0.52650	0	0	0
Line5-6	0.11115	5	0.55575	0.11115	5	0.55575	0	0	0
Line6-7	0.01242	5	0.06208	0.01242	5	0.06208	0	0	0
Line7-8	0.08450	5	0.42250	0.08450	5	0.42250	0	0	0
Line8-9	0.05246	5	0.26228	0.05246	5	0.26228	0	0	0
Line9-10	0.00605	5	0.03023	0.00605	5	0.03023	0	0	0
Line10-11	0.05754	1	0.05754	0.05754	1	0.05754	0	0	0
Line11-12	0.06410	1	0.06410	0.06410	1	0.06410	0	0	0
Line2-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line3-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line4-15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line5-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line6-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line7-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line10-19	0.0057	30	0.17	0.0057	30	0.17	0.1716	1	0.1716
Line11-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Line12-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trans	0.015	200	3	0.015	200	3	0	0	0

ตารางที่ 6.32 ดัชนีความเชื่อถือได้ในแต่ละกรณีของการลัดวงจรสามเฟสในระบบดัดแปลงจากกฟภ.

ดัชนีความเชื่อถือได้	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
SAIFI-perm. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.9826	0.9826	0.9826
SAIDI-perm. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	7.5827	7.5827	7.5827
ENS -perm. (MWh)	26.3430	26.3430	26.3430
SAIFI-temp. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	–	0	0.406629
SAIDI-temp. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	–	0	0.406629
ENS -temp. (MWh)	–	0	0.247104
Total SAIFI (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.9826	0.9826	1.3892
Total SAIDI (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	7.5827	7.5827	7.9893
Total ENS (MWh)	26.3430	26.3430	26.5901

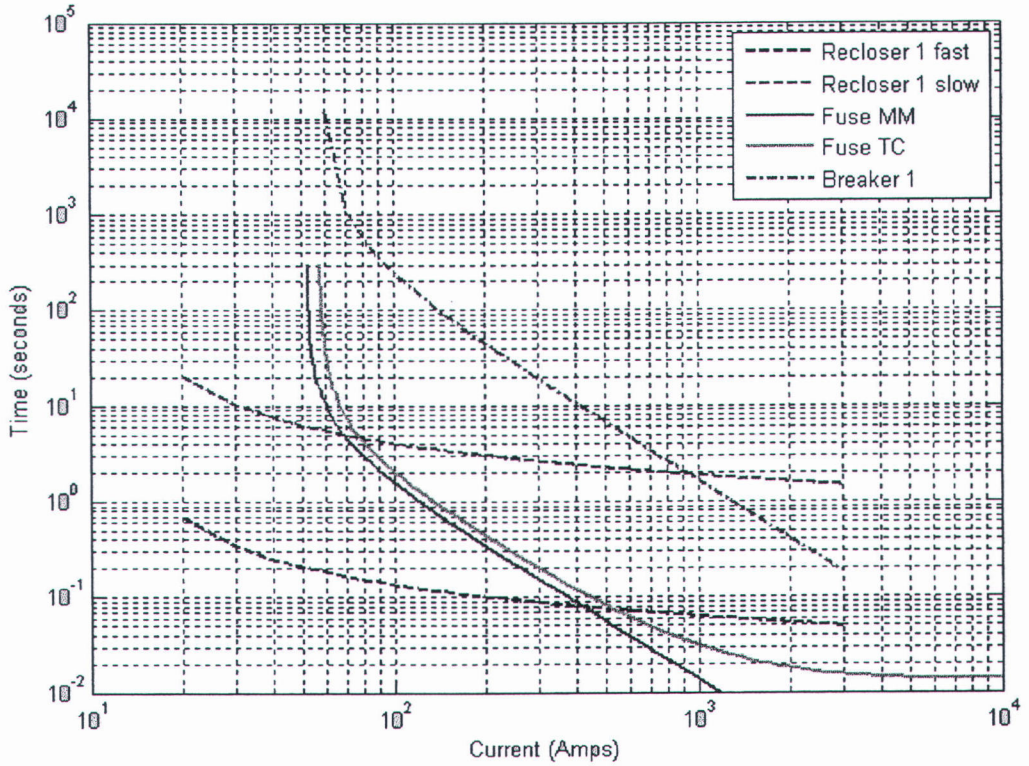
จากตารางที่ 6.31 กรณีที่ 3 ซึ่งเกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ เป็นผลให้การลัดวงจรแบบชั่วคราวเปลี่ยนเป็นการลัดวงจรแบบถาวร เมื่อพิจารณาการลัดวงจรที่ตำแหน่งหลังฟิวส์กับที่หน้าหม้อแปลงแรงดันต่ำ ดังนั้นในการคำนวณดัชนีพื้นฐานจึงต้องพิจารณาอัตราขัดข้องของสาย 10-19 ดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 5.4 และระยะเวลาที่เกิดเหตุขัดข้องจะเท่ากับระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนฟิวส์ จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่งผลให้ดัชนีทั้งสามตัว มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 ซึ่งเมื่อมาพิจารณาตารางที่ 6.32 จะเห็นว่าค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของกรณีที่ 3 มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 จากค่าดัชนีที่เพิ่มขึ้นนี้จะชี้ให้เห็นว่าความเชื่อถือได้ของระบบลดน้อยลง

6.4.2 การพิจารณาลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดิน

ผลการทดสอบผลกระทบต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์เมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 6.2 สำหรับผลการทดสอบผลกระทบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว ในกรณีที่ 2 และ 3 จะเลือกขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวขนาด 4 MVA ค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ (PF) เท่ากับ 0.85 และกำหนดให้ค่าอิมพิแดนซ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวช่วงซับทรานเซียน (Sub-transient) เป็นร้อยละ 20 ของช่วงสภาวะคงตัว (Steady-state) ผลการทดสอบแต่ละกรณีแสดงได้ดังนี้

กรณีที่ 1 ไม่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

กรณีที่ 1 จะกำหนดให้เป็นกรณีฐาน ก่อนที่จะประเมินถึงผลกระทบของการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์และความเชื่อถือได้นั้น จะทำการตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันแต่ละตัว โดยกราฟการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์แต่ละตัวแสดงได้ดังรูปที่ 6.7 โดยมีขอบเขตการทำงานร่วมกันอยู่ที่ประมาณ 200 A- 430 A สำหรับกราฟคุณลักษณะของเซอร์กิตเบรกเกอร์และรีโคลสเซอร์ที่เลือกใช้จะเหมือนกับการพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟส รวมถึงฟิวส์ที่เลือกใช้ด้วย สำหรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตั้งค่าการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์และรีโคลสเซอร์ในแต่ละสายป้อนจากสมการที่ (3.1) แสดงได้ดังตารางที่ 6.33



รูปที่ 6.7 การทำงานร่วมกันระหว่างเซอร์กิตเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์บนสายป้อนที่ 1

ตารางที่ 6.33 พารามิเตอร์ต่างๆของเซอร์กิตเบรกเกอร์และรีโคลสเซอร์ของระบบดัดแปลงจากกฟภ.

อุปกรณ์		ตัวแปร	สายป้อน 1
เบรกเกอร์		A	80.000
		B	2.000
		TD	6.000
รีโคลสเซอร์	ช่วงการทำงานเร็ว	A	0.140
		B	0.020
		TD	0.040
	ช่วงการทำงานช้า	A	0.140
		B	0.020
		TD	1.200

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ตารางที่ 6.34 แสดงค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย จากค่าการไหลของกระแสลัดวงจรในตารางที่ 6.34 เมื่อนำไปพิจารณาลำดับการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์จากค่าการทำงานที่ตั้งไว้ พบว่าลำดับการทำงานเป็นไปอย่างถูกต้อง ดังนั้นค่าการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ตั้งไว้มีความถูกต้อง เมื่อการตั้งค่าการทำงานในสภาวะไม่มีการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวต่อเข้ากับระบบมีความถูกต้องแล้ว ถัดไปก็จะเป็นการทดสอบในแต่ละกรณีที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 6.2

ตารางที่ 6.34 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ตำแหน่งการลัดวงจร (บัส)	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)									
	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7	ฟิวส์ 8	ฟิวส์ 9
13	8	585	3	4	8	4	2	2	1	5
14	8	2	396	5	8	4	2	2	1	5
15	7	2	3	396	7	3	1	2	1	4
16	7	2	5	6	349	3	1	2	1	4
17	6	2	6	8	9	313	1	1	1	4
18	6	2	6	8	10	3	305	1	1	4
19	267	3	7	10	13	5	2	263	1	3
20	246	3	8	11	14	5	2	2	241	4
21	224	3	8	12	16	6	3	2	1	221

สำหรับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากรณีที่ยังไม่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว สามารถหาได้ตามตารางที่ 6.35

ตารางที่ 6.35 ดัชนีความเชื่อถือได้ในกรณีที่ 1ของระบบดัดแปลงจาก กฟภ.

ดัชนีความเชื่อถือได้	กรณีที่ 1
SAIFI-perm. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.3275
SAIDI-perm. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	2.5279
ENS -perm. (MWh)	26.3430
SAIFI-temp. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	–
SAIDI-temp. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	–
ENS -temp. (MWh)	–
Total SAIFI (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.3275
Total SAIDI (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	2.5279
Total ENS (MWh)	26.3430

กรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ตำแหน่งหน้ารีโคลสเซอร์

กรณีที่ 2 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่หน้ารีโคลสเซอร์ที่บัส 3 กระแสลัดวงจรในแต่ละบัสจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 6.36 และค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย แสดงได้ดังตารางที่ 6.37 เมื่อพิจารณาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ โดยแยกพิจาณาจุดเกิดลัดวงจรที่สายย่อยออกเป็น 2 กลุ่มคือ จุดลัดวงจรเกิดขึ้นที่สายย่อยหน้ารีโคลสเซอร์ และจุดเกิดลัดวงจรที่สายย่อยหลังรีโคลสเซอร์ โดยจะพิจารณาตำแหน่งการลัดวงจร 2 ตำแหน่งในสายย่อย คือ ตำแหน่งหลังฟิวส์ และตำแหน่งหน้าหม้อแปลงไฟฟ้าแรงต่ำ

1) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หน้ารีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 4 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 2-8และ บัส 13-18 จะไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาด เพราะกรณีนี้มีค่ากระแสลัดวงจรไหลผ่านรีโคลสเซอร์เล็กน้อย และน้อยกว่าค่ากระแสเริ่มต้นทำงานของรีโคลสเซอร์ทำให้เมื่อเกิดการลัดวงจรฟิวส์ที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงาน ยังทำงานได้ถูกต้องเหมือนเดิม และเมื่อพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ยังคงมีค่าเท่าเดิมกับกรณีที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

2) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หลังรีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 3 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 10-12 และ บัส 19-21 สำหรับกรณีนี้อุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงานก่อน คือ รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว จากตารางที่ 6.37 ค่ากระแสลัดวงจรที่ผ่านรีโคลสเซอร์ และฟิวส์ที่ 7, 8 และ 9 ยังอยู่ในช่วงขอบเขตการทำงานร่วมกัน ลำดับการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์จึงไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาด ถึงแม้ว่าค่ากระแสลัดวงจรจะเพิ่มขึ้นก็ตาม และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่บัส 10-12 ซึ่งมีค่ากระแสลัดวงจรเท่ากับ 411 A, 377 A และ 345 A ตามลำดับ (จากตารางที่ 6.36) ค่ากระแสดังกล่าวยังอยู่ในขอบเขตการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ จึงไม่เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาด และเมื่อพิจารณาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า จึงยังคงมีค่าเท่าเดิมกับกรณีที่ยังไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

ตารางที่ 6.36 กระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นแต่ละบัสกรณีที่ 2 ของระบบดัดแปลงจากกฟภ.

ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)		ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
บัส 1	1719	1934	บัส 12	234	345
บัส 2	615	950	บัส 13	585	881
บัส 3	435	1050	บัส 14	395	843
บัส 4	416	929	บัส 15	394	827
บัส 5	363	690	บัส 16	345	624
บัส 6	317	539	บัส 17	311	523
บัส 7	312	526	บัส 18	304	504
บัส 8	282	451	บัส 19	262	404
บัส 9	267	414	บัส 20	241	359
บัส 10	265	411	บัส 21	219	313
บัส 11	250	377			

ตารางที่ 6.37 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ตำแหน่งการลัดวงจร	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)									
(บัส)	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7	ฟิวส์ 8	ฟิวส์ 9
13	10	880	4	7	11	5	2	3	1	6
14	5	1	842	3	5	2	1	1	1	3
15	3	2	2	825	2	1	1	1	0	2
16	2	2	5	6	623	1	0	1	0	2
17	1	2	6	8	6	523	0	0	0	0
18	1	3	6	9	7	0	504	0	0	1
19	404	3	8	11	11	3	1	404	0	0
20	360	3	8	12	13	4	2	1	359	1
21	314	3	9	13	15	5	2	1	0	313

กรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่หลังรีโคลสเซอร์

กรณีที่ 3 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่หลังรีโคลสเซอร์ที่บัส 9 จะทำให้กระแสลัดวงจรในแต่ละบัสเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 6.38 และค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อย แสดงได้ดังตารางที่ 6.39 เมื่อพิจารณาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ โดยแยกพิจาณตำแหน่งลัดวงจรที่สายย่อยออกเป็น 2 กลุ่มเหมือนกับกรณีที่ 2

1) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หน้ารีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 2 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 2-8 และ บัส 13-18 สำหรับกรณีนี้ฟิวส์ต้องทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว เมื่อพิจารณาการลัดวงจรที่บัส 13-18 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านรีโคลสเซอร์ ซึ่งเกินค่ากระแสเริ่มต้นทำงานของรีโคลสเซอร์ดังนั้นรีโคลสเซอร์จะทำงาน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์ 1-3, 5-6 ค่ากระแสดังกล่าวจะทำให้ฟิวส์ตัดก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วจะทำงาน ดังนั้นจึงไม่มีการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาดไป อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์ 4 ค่ากระแสดังกล่าวจะทำให้ฟิวส์ทำงานช้ากว่ารีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่บัส 2-4 และ6-8 ซึ่งมีค่ากระแสลัดวงจรตามตารางที่ 6.38 ค่ากระแสดังกล่าวจะทำให้ฟิวส์ทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วจะทำงาน ทำให้ไม่เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่บัส 5 ค่ากระแสลัดวงจรดังกล่าวจะทำให้ฟิวส์ทำงานช้ากว่ารีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้นที่บัส 5 และบัส16 จะทำให้การทำงาน

ร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ผิดพลาดไปเป็นผลให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จุดโหลดที่ 4 พบกับระยะเวลาเหตุการณ์ไฟฟ้าดับนานมากขึ้น

2) ตำแหน่งลัดวงจรอยู่หลังรีโคลสเซอร์ (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 1 ในหัวข้อ 4.2) คือ บัส 10-12 และ บัส 19-21 สำหรับกรณีนี้อุปกรณ์ป้องกันที่ต้องทำงานก่อน คือ รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว เมื่อพิจารณาการลัดวงจรที่บัส 19-21 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน ฟิวส์ 7, 8 และ 9 จากตารางที่ 6.39 จะสังเกตเห็นว่าค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์จะมีค่ามากกว่าที่ไหลผ่านรีโคลสเซอร์เนื่องจาก กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์จะมาจากที่สถานีไฟฟ้าย่อยรวมกับกระแสลัดวงจรที่มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว ซึ่งจากค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์มากกว่านั้นเป็นผลให้ฟิวส์ทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วจะทำงาน เมื่อเกิดการลัดวงจรที่บัส 19-21 และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที10-12 มีค่ากระแสลัดวงจรตามตารางที่ 6.38 ซึ่งค่ากระแสดังกล่าวจะเกินขอบเขตการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ (600 A) เป็นผลให้ฟิวส์ทำงานก่อนรีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว ดังนั้นสำหรับกรณีที่ 3 จะเกิดความผิดพลาดเมื่อเกิดการลัดวงจรทีบัส 10-12 และ บัส 19-21 ถ้าการลัดวงจรที่เกิดขึ้นเป็นการลัดวงจรแบบชั่วคราว จะทำให้การลัดวงจรแบบชั่วคราวเปลี่ยนเป็นการลัดวงจรแบบถาวร ส่งผลให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในสายย่อยดังกล่าว คือ จุดโหลดที่ 7, 8 และ 9 ต้องพบกับเหตุการณ์ไฟฟ้าดับในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

ตารางที่ 6.38 กระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นแต่ละบัสกรณีที่ 3 ของระบบดัดแปลงจาก กฟภ.

ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)		ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	กระแสลัดวงจร (A)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 3		กรณีที่ 1	กรณีที่ 3
บัส 1	1719	1887	บัส 12	234	624
บัส 2	615	811	บัส 13	585	760
บัส 3	435	712	บัส 14	395	610
บัส 4	416	710	บัส 15	394	649
บัส 5	363	718	บัส 16	345	649
บัส 6	317	755	บัส 17	311	725
บัส 7	312	762	บัส 18	304	718
บัส 8	282	824	บัส 19	262	841
บัส 9	267	885	บัส 20	241	670
บัส 10	265	868	บัส 21	219	530
บัส 11	250	732			

ตารางที่ 6.39 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวเมื่อเกิดการลัดวงจรแต่ละบัสในสายย่อยของระบบดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ตำแหน่งการลัดวงจร	กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ (A)									
(บัส)	รีโคลสเซอร์	ฟิวส์ 1	ฟิวส์ 2	ฟิวส์ 3	ฟิวส์ 4	ฟิวส์ 5	ฟิวส์ 6	ฟิวส์ 7	ฟิวส์ 8	ฟิวส์ 9
13	235	759	3	5	9	5	2	3	1	8
14	264	1	610	2	6	4	2	3	1	7
15	288	1	1	648	4	3	1	3	1	6
16	322	2	2	3	647	2	1	2	1	5
17	399	2	3	4	2	724	0	1	0	3
18	401	2	3	4	3	1	718	1	0	3
19	312	2	4	6	5	1	0	840	0	2
20	237	2	6	8	10	3	1	1	670	1
21	173	3	7	11	14	5	2	2	0	528

จากหัวข้อที่ 5.4 ที่กล่าวถึงการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้กรณีที่เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาด ดังนั้นการคำนวณดัชนีพื้นฐานที่จะนำมาใช้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ของกรณีที่ 3 จะเพิ่มส่วนของพารามิเตอร์ที่เป็นการลัดวงจรแบบชั่วคราวด้วย สำหรับการคำนวณดัชนีพื้นฐานในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเลือกแสดงของจุดโหลดที่ 7 การคำนวณดัชนีพื้นฐานของจุดโหลดที่ 7 ในกรณีที่ 3 เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 จะมีค่าเท่ากับการลัดวงจรแบบสามเฟส แสดงได้ตารางที่ 6.31 อย่างไรก็ดีสำหรับค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในกรณีที่ 3 จะแตกต่างจากการลัดวงจรแบบสามเฟส เนื่องมาจากจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ถูกผลกระทบจะมีจำนวนต่างกัน โดยจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้รับผลกระทบเมื่อเกิดการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาดจะกำหนดให้ฟิวส์ที่ทำงานตัดวงจรออกเพียงเฟสเดียวเท่านั้น ดังนั้นจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ถูกผลกระทบจะเป็นจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในเฟสนั้นๆ โดยจำนวนผู้ใช้ไฟที่ถูกผลกระทบจะกำหนดให้มีค่าเท่ากันทุกเฟส ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ในแต่ละกรณีแสดงดังตารางที่ 6.40

ตารางที่ 6.40 ดัชนีความเชื่อถือได้ในแต่ละกรณีของการลัดวงจรหนึ่งเฟสในระบบดัดแปลงจาก กฟภ.

ดัชนีความเชื่อถือได้	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	กรณีที่ 3
SAIFI-perm. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.3275	0.3275	0.3275
SAIDI-perm. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	2.5279	2.5279	2.5279
ENS -perm. (MWh)	26.3430	26.3430	26.3430
SAIFI-temp. (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	–	0	0.18101
SAIDI-temp. (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	–	0	0.18101
ENS -temp. (MWh)	–	0	1.34761
Total SAIFI (ครั้ง/ผู้ใช้ไฟ)	0.3275	0.3275	0.5085
Total SAIDI (ชั่วโมง/ผู้ใช้ไฟ)	2.5279	2.5279	2.7089
Total ENS (MWh)	26.3430	26.3430	27.6906

จากตารางที่ 6.31 กรณีที่ 3 ซึ่งเกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ เป็นผลให้การลัดวงจรแบบชั่วคราวเปลี่ยนเป็นการลัดวงจรแบบถาวร เมื่อพิจารณาการลัดวงจรที่ตำแหน่งหลังฟิวส์กับที่หน้าหม้อแปลงแรงดันต่ำ ดังนั้นในการคำนวณดัชนีพื้นฐานจึงต้องพิจารณาอัตราขัดข้องของสาย 10-19 คล้ายกับการลัดวงจรแบบสามเฟสต่างกันตรงที่จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่ถูกผลกระทบ ดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 5.4 และระยะเวลาที่เกิดเหตุขัดข้องจะเท่ากับระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนฟิวส์ จากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่งผลให้ดัชนีทั้งสามตัว มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 ซึ่งเมื่อมาพิจารณาตารางที่ 6.40 จะเห็นว่าค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของกรณีที่ 3 มีค่ามากขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 จากค่าดัชนีที่เพิ่มขึ้นนี้จะชี้ให้เห็นว่าความเชื่อถือได้ของระบบลดน้อยลง และเมื่อพิจารณาเทียบกับตารางที่ 6.32 จะสังเกตเห็นว่าค่าดัชนีความเชื่อถือได้ทั้งสามตัวกรณีที่เป็นการลัดวงจรแบบชั่วคราวของกรณีการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดินจะมีค่าน้อยกว่ากรณีการลัดวงจรแบบสามเฟส ทั้งนี้เนื่องจากว่ากรณีการลัดวงจรแบบสามหนึ่งเฟสลงดินจะมีจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าถูกผลกระทบน้อยกว่าการลัดวงจรแบบสามเฟสนั้นเอง

6.4.3 การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

6.4.3.1 การหาขนาดกำลังผลิตสูงสุดที่เหมาะสม

จากผลการทดสอบติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ตำแหน่งต่างๆ และพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟสและการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดิน จะพบปัญหาเมื่อมีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ด้านหลังรีโคลสเซอร์ และเกิดตำแหน่งลัดวงจรที่หลังรี

โคลส (สัมพันธ์กับรูปแบบผลกระทบที่ 1 ในหัวข้อ 4.2) และเพื่อให้เป็นการครอบคลุมทุกตำแหน่งลัดวงจรในสายย่อยจึงทำการพิจารณาตำแหน่งเกิดการลัดวงจรที่หลังฟิวส์ คือบัส 9-12 ขนาดกำลังผลิตสูงสุดที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟสและการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดินแสดงได้ดังตารางที่ 6.41 และ ตารางที่ 6.42 ตามลำดับ

ตารางที่ 6.41 ขนาดกำลังการผลิตสูงสุดที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟส

ติด DG ที่บัส 9	
ตำแหน่งลัดวงจร	ขนาด (MVA)
บัส 10	1.384
บัส 11	1.613
บัส 12	2.612
ขนาดสูงสุดเมื่อติดตั้ง DG ที่ บัส 9 (MVA)	
1.384	

ค่าขนาดกำลังผลิตสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 9 โดยพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟสควรเลือกขนาดกำลังผลิตสูงสุดที่น้อยที่สุดที่ได้จากตำแหน่งลัดวงจรที่ตำแหน่งต่างๆ นั้นคือ บัสที่ 10 ดังนั้นขนาดกำลังการผลิตสูงสุดที่เหมาะสมเมื่อต้องการติดตั้งที่บัส 9 มีค่าเท่ากับ 1.384 MVA

ตารางที่ 6.42 ขนาดกำลังการผลิตสูงสุดที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดิน

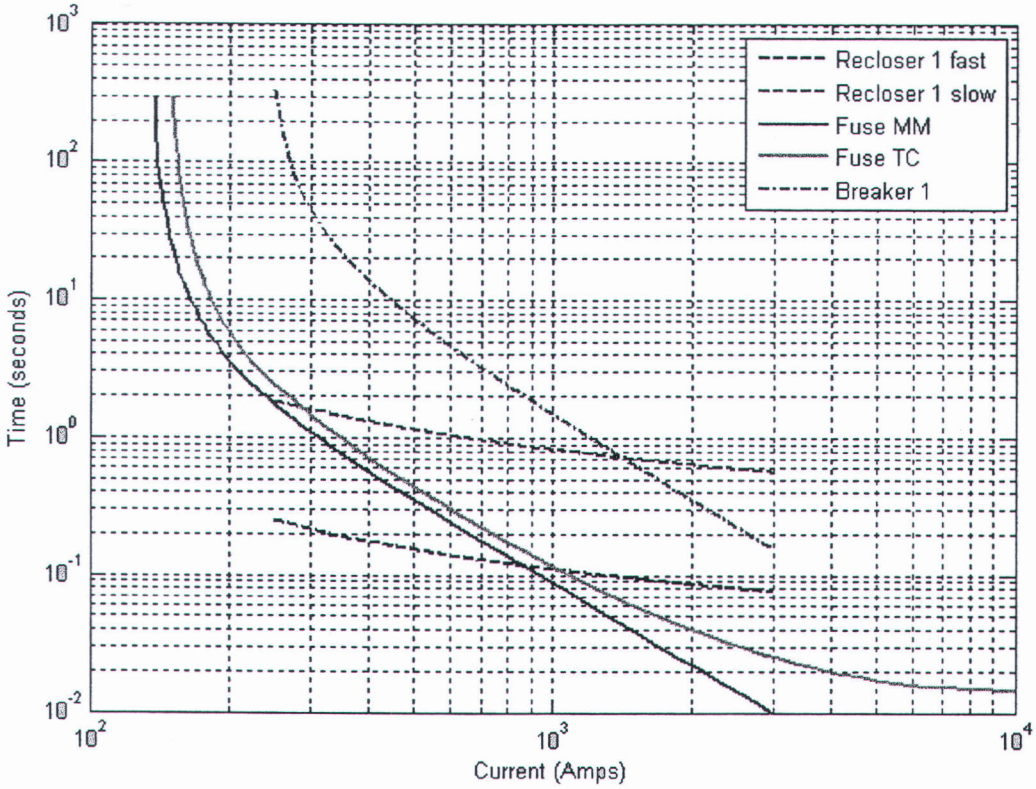
ติด DG ที่บัส 9	
ตำแหน่งลัดวงจร	ขนาด (MVA)
บัส 5	2.879
บัส 10	2.879
บัส 11	2.879
บัส 12	2.879
ขนาดสูงสุดเมื่อติดตั้ง DG ที่ บัส 9 (MVA)	
2.879	

ค่าขนาดกำลังผลิตสูงสุดเมื่อทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 9 จะมีขนาดเท่ากันไม่ว่าจะพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่ตำแหน่งไหน ทั้งนี้เนื่องมากจากการติดขอบจำกัดเงื่อนไขของแรงดัน สังเกตเห็นได้ว่าขนาดสูงสุดที่ได้เมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดินจะได้ขนาดสูงสุดที่มากกว่าการลัดวงจรแบบสามเฟส เนื่องมาจาก $I_{fuse\ margin}$ จากหัวข้อ 4.3.1มีค่ามากกว่าดังนั้นขนาดของกำลังการผลิตจึงมีค่ามากกว่าตามไปด้วย

จากตารางที่ 6.41 และตารางที่ 6.42 เมื่อต้องการป้องการปัญหาที่เกิดขึ้น ทั้งกรณีที่เกิดการลัดวงจรแบบสามเฟสและการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดินควรที่จะเพื่อขนาดกำลังผลิตสูงสุดที่เหมาะสมที่พิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟส

6.4.3.2 การปรับเปลี่ยนระบบป้องกัน

จากปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการที่ฟิวส์และรีโคลสเซอร์เห็นกระแสลัดวงจรที่ไม่เท่านั้นและค่ากระแสลัดวงจรที่เพิ่มขึ้นซึ่งเกินขอบเขตการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ ดังนั้นการปรับเปลี่ยนการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันทำโดยการปรับเปลี่ยนให้รีโคลสเซอร์มีความไวในการทำงานมากขึ้น อย่างไรก็ดีเมื่อทำการปรับให้รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วมีความไวมากขึ้นจะส่งผลกระทบให้เมื่อเกิดการลัดวงจรที่บัสหน้ารีโคลสเซอร์จะทำให้รีโคลสเซอร์ทำงานก่อนฟิวส์ซึ่งเป็นลำดับการทำงานที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้นจึงต้องทำการเปลี่ยนขนาดของฟิวส์ร่วมด้วย โดยเปลี่ยนฟิวส์ที่ด้านหลังรีโคลสเซอร์จาก 25K เป็น 65K และปรับค่า TD จาก 0.012 เปลี่ยนเป็น 0.03 กราฟการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์เมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟสหลังการปรับเปลี่ยนระบบป้องกันแสดงได้ดังรูปที่ 6.8 และค่าเวลาในการทำงานของรีโคลสเซอร์และฟิวส์ก่อนและหลังทำการปรับปรุงการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์แสดงดังตารางที่ 6.43



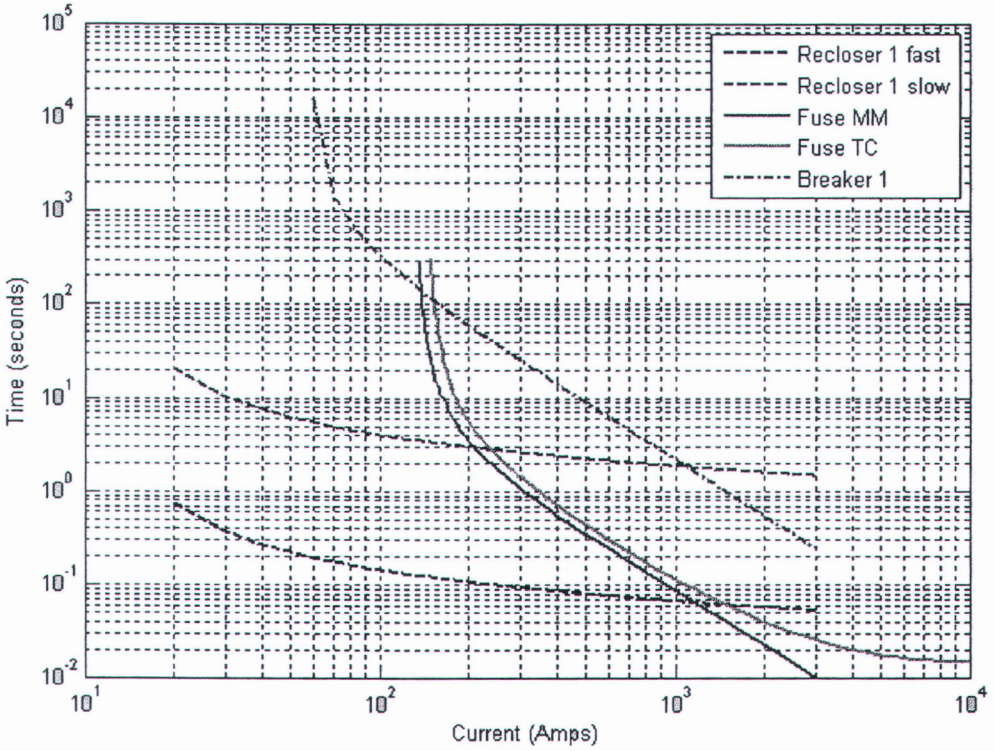
รูปที่ 6.8 การทำงานร่วมกันระหว่างเซอร์กิตเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์หลังทำการปรับเปลี่ยนการทำงานของรีโคลสซอร์ โดยพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟส

ตารางที่ 6.43 เวลาในการทำงานของฟิวส์และรีโคลสเซอร์ก่อนและหลังปรับเปลี่ยนการทำงาน

ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	ก่อนทำการปรับเปลี่ยน		หลังทำการปรับเปลี่ยน	
	เวลาในการทำงาน		เวลาในการทำงาน	
	ฟิวส์ (s)	รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว (s)	ฟิวส์ (s)	รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว (s)
บัส 10	0.0222	0.0427	0.1411	0.1280
บัส 11	0.0228	0.0453	0.1446	0.1358
บัส 12	0.0231	0.0483	0.1466	0.1449
บัส 19	0.0239	0.0432	0.1520	0.1296
บัส 20	0.0293	0.0468	0.1858	0.1405
บัส 21	0.0391	0.0533	0.2477	0.1600

สำหรับการพิจารณาการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดิน จากปัญหาที่เกิดขึ้นจะเหมือนกับการลัดวงจรแบบสามเฟส อีกทั้งเมื่อมีการปรับรีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็วให้มีความไวมากขึ้นจะส่งผลกระทบต่อการเกิดการลัดวงจรที่ตำแหน่งอื่น ดังนั้นจึงใช้วิธีแก้ปัญหาเดียวกันกับสามเฟสคือ การเปลี่ยนฟิวส์ที่ด้านหลังรีโคลสเซอร์จาก 25K เป็น 65K และปรับค่า TD จาก 0.04 เปลี่ยนเป็น

0.043 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการปรับเปลี่ยนฟิวส์จะช่วยในการแก้ปัญหาทั้งกรณีที่พิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟสและแบบหนึ่งเฟสลงดิน กราฟการทำงานร่วมกันหลังทำการปรับเปลี่ยนระบบป้องกันเมื่อพิจารณาการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดินแสดงได้ดังรูปที่ 6.9 และค่าเวลาในการทำงานของรีโคลสเซอร์และฟิวส์ก่อนและหลังทำการปรับปรุงการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์แสดงดังตารางที่ 6.44



รูปที่ 6.9 การทำงานร่วมกันระหว่างเซอร์กิตเบรกเกอร์ รีโคลสเซอร์ และฟิวส์หลังทำการปรับเปลี่ยนการทำงานของรีโคลสซอร์ โดยพิจารณาการลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดิน

ตารางที่ 6.44 เวลาในการทำงานของฟิวส์และรีโคลสเซอร์ก่อนและหลังปรับเปลี่ยนการทำงาน

ตำแหน่งเกิดการลัดวงจร	ก่อนทำการปรับเปลี่ยน		หลังทำการปรับเปลี่ยน	
	เวลาในการทำงาน		เวลาในการทำงาน	
	ฟิวส์ (s)	รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว (s)	ฟิวส์ (s)	รีโคลสเซอร์ช่วงการทำงานเร็ว (s)
บัส 5	0.0730	0.0715	0.0730	0.0894
บัส 10	0.0184	0.0849	0.1182	0.0913
บัส 11	0.0257	0.0910	0.1650	0.0978
บัส 12	0.0357	0.0977	0.2269	0.1051
บัส 16	0.0864	0.0594	0.0864	0.0915
บัส 19	0.0195	0.0507	0.1253	0.0925
บัส 20	0.0308	0.0637	0.1968	0.1016
บัส 21	0.0500	0.0902	0.3158	0.1145

6.5 การทดสอบข้อกำหนดการเชื่อมต่อของการไฟฟ้ากับระบบทดสอบทั้งสองระบบ

ในปัจจุบันมีผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็กและรายเล็กมากได้มีการเสนอขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นจำนวนมาก จากที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทนำเมื่อมีการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเชื่อมต่อเข้ามาในระบบจะส่งผลกระทบต่อระบบหลายด้าน ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาผลต่อกระแสลัดวงจร ซึ่งในเกณฑ์ที่การไฟฟ้ากำหนดที่เกี่ยวข้องกับกระแสลัดวงจร จะประกอบไปด้วย ค่ากระแสลัดวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวต้องไม่ทำให้ค่ากระแสลัดวงจรในระบบเกิดร้อยละ 85 ของค่าวิสัยสามารถตัดกระแสลัดวงจร (Short circuit interrupting capacity) ของอุปกรณ์ตัดการเชื่อมต่อ และต้องไม่จ่ายกระแสลัดวงจรเกินร้อยละ 25 ของกระแสลัดวงจรสูงสุดที่จุดเชื่อมต่อที่มาจากระบบโครงข่ายไฟฟ้าก่อนการเชื่อมต่อ [20] จากเกณฑ์ดังกล่าวในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเลือกเงื่อนไขที่ว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวต้องจ่ายค่ากระแสลัดวงจรไม่เกินร้อยละ 25 เพื่อนำไปทดสอบกับระบบทดสอบ 2 ระบบ เพื่อทำการวิเคราะห์ว่าเมื่อนำค่าเกณฑ์ดังกล่าวกับระบบทดสอบผลจะเป็นอย่างไร โดยระบบ RBTS Bus 2 จะแสดงไว้ในหัวข้อที่ 6.5.1 และระบบที่ดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะแสดงไว้ในหัวข้อที่ 6.5.2

6.5.1 ระบบ RBTS Bus 2

ในการทดสอบจะทดสอบเกณฑ์เงื่อนไขที่ร้อยละ 35 ร้อยละ 25 และร้อยละ 15 เพื่อพิจารณาดูว่าเมื่อใช้เกณฑ์เงื่อนไขตามร้อยละต่างๆ ส่งผลให้เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของ

ฟิวส์กับรีโคลสเซอร์หรือไม่ ทั้งนี้จากผลการทดสอบจากหัวข้อที่ 6.3 จะพบว่ากรณีที่ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่หน้ารีโคลสเซอร์จะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ อย่างไรก็ดีเมื่อทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่หลังรีโคลสเซอร์จะทำให้เกิดปัญหา ดังนั้นในการวิเคราะห์ค่าเงื่อนไขร้อยละของกระแสลัดวงจรจะพิจารณาการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ตำแหน่งหลังรีโคลสเซอร์เท่านั้นและพิจารณาการลัดวงจรแบบสามเฟส

6.5.1.1 ร้อยละ 35

การพิจารณาการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์จะพิจารณาตำแหน่งเกิดการลัดวงจรสองตำแหน่ง คือ ตำแหน่งหลังฟิวส์กับหน้าหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันต่ำ จากผลการทดสอบปรากฏว่า เมื่อเกิดการลัดวงจรที่ตำแหน่งหลังฟิวส์ กำหนดให้เป็นบัส 4 และ 5 จะทำให้เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตำแหน่งลัดวงจรที่บัสหน้าหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันต่ำ ปรากฏว่าไม่เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาด

6.5.1.2 ร้อยละ 25

ร้อยละ 25 นี้เป็นร้อยละที่การไฟฟ้ากำหนด จะพิจารณาตำแหน่งเกิดการลัดวงจรเช่นเดียวกับร้อยละ 35 เมื่อพิจารณาตำแหน่งหลังฟิวส์ กำหนดให้เป็นบัส 4 แล 5 ปรากฏว่าจะเกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดเมื่อพิจารณาการลัดวงจรที่บัส 4 และเมื่อมาพิจารณาตำแหน่งการลัดวงจรทีบัส 14, 16 และ 18 ค่าร้อยละ 25 จะไม่ส่งผลให้เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์

6.5.1.3 ร้อยละ 15

ร้อยละ 15 จะน้อยกว่าเกณฑ์ที่การไฟฟ้ากำหนดไว้ ผลการทดสอบเมื่อพิจารณาตำแหน่งเกิดการลัดวงจรทั้งสองตำแหน่งจะไม่ก่อให้เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาด

จากค่าร้อยละแต่ละค่าที่พิจารณาจะสรุปได้ว่าค่าร้อยละ 15 ซึ่งน้อยกว่าค่าเกณฑ์ที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดไว้จะไม่ส่งผลให้เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์เมื่อมีการเชื่อมต่อการผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้ามาในระบบ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการพิจารณาหาค่าร้อยละสูงสุดที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ของระบบ RBTS Bus 2 นั้นจะอยู่ที่ ร้อยละ 20 เมื่อติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 4 และ ร้อยละ 21 เมื่อติดตั้งที่บัส 5 ซึ่งสามารถสรุปผลต่างๆ ได้ตามตารางที่ 6.45

ตารางที่ 6.45 สรุปผลการทดสอบค่าร้อยละต่างๆ ของระบบ RBTS Bus 2

ตำแหน่งติดตั้ง DG	ร้อยละ 35	ร้อยละ 25 (ตามเกณฑ์ของกฟภ.)	ร้อยละ 15	ร้อยละสูงสุด
บัส 4	เกิด	เกิด	ไม่เกิด	20
บัส 5	เกิด	เกิด	ไม่เกิด	21

** หมายเหตุ ค่าร้อยละดังกล่าวเกิดจากการพิจารณาภายใต้เงื่อนไขสมมุติฐานที่ใช้ในการศึกษา อาทิเช่น การตั้งค่าการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ ค่ากระแสลัดวงจรที่สถานีไฟฟ้า และค่าอิมพีแดนซ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว เป็นต้น

6.5.2 ระบบดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ค่าร้อยละที่พิจารณาจะเหมือนกับที่ใช้ทดสอบกับระบบ RBTS Bus 2 ซึ่งสามารถสรุปการเกิดหรือไม่เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ตำแหน่งบัสต่างๆ และค่าแต่ละร้อยละ ได้ดังตารางที่ 6.46

ตารางที่ 6.46 สรุปผลการทดสอบค่าร้อยละต่างๆ ของระบบดัดแปลงจากระบบกฟภ.

ตำแหน่งติดตั้ง DG	ร้อยละ 35	ร้อยละ 25 (ตามเกณฑ์ของกฟภ.)	ร้อยละ 15	ร้อยละที่เหมาะสม
บัส 9	เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด	28
บัส 10	เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด	28
บัส 11	เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด	29
บัส 12	เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด	31

** หมายเหตุ ค่าร้อยละดังกล่าวเกิดจากการพิจารณาภายใต้เงื่อนไขสมมุติฐานที่ใช้ในการศึกษา อาทิเช่น การตั้งค่าการทำงานของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ ค่ากระแสลัดวงจรที่สถานีไฟฟ้า และค่าอิมพีแดนซ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว เป็นต้น

จากตารางที่ 6.46 การทดสอบค่าร้อยละต่างๆ จะไม่ส่งผลให้เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์เมื่อพิจารณา ร้อยละ 25 กับร้อยละ 15 และจะเกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์เมื่อพิจารณาที่ร้อยละ 35 จากผลการทำสอบเมื่อมาพิจารณาค่าร้อยละสูงสุดของระบบดัดแปลงจากระบบกฟภ. ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 12 จะมีค่าร้อยละที่มากที่สุด

จากตารางที่ 6.45 และ ตารางที่ 6.46 จะสังเกตเห็นได้ว่าระบบ RBTS จะมีค่าร้อยละของกระแสลัดวงจรที่น้อยกว่า ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าส่วนเผื่อเวลา (Margin) เวลาการทำงานของฟิวส์

กับรีโคลสเซอร์เมื่อเกิดการลัดวงจรที่บัสต่างๆ พบว่าค่าส่วนเผื่อเวลาของระบบ RBTS Bus 2 จะมีค่าส่วนเผื่อเวลาที่น้อยกว่าระบบที่ดัดแปลงจากระบบจริงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งระบบที่ดัดแปลงจากระบบจริงของกฟภ. เป็นระบบที่ใหญ่กว่าซึ่งการทำงานของรีโคลสเซอร์จะต้องทำงานร่วมกับฟิวส์จำนวนมากกว่า ดังนั้นจึงต้องมีค่าส่วนเผื่อเวลาที่มากกว่าเพื่อที่ต้องครอบคลุมฟิวส์ทุกตัว อีกข้อสักเกตุหนึ่ง คือ ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวยิ่งอยู่ไกลจากสถานีไฟฟ้ามากเท่าไรค่าร้อยละของกระแสลัดวงจรจะมีค่ามากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากยิ่งอยู่ไกลจากสถานีไฟฟ้าค่ากระแสลัดวงจรที่มาจากสถานีไฟฟ้าก่อนที่ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวจะมีค่าน้อย ทำให้ค่าร้อยละของกระแสลัดวงจรจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่จ่ายเข้ามาในระบบจะมีค่ามากกว่า

จากการทดสอบกับระบบทั้งสองระบบค่าร้อยละของกระแสลัดวงจรจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว ขึ้นอยู่กับความยืดหยุ่นของระบบป้องกัน ซึ่งหมายถึงส่วนเผื่อเวลาในการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ ซึ่งถ้าค่าดังกล่าวมีค่ามากค่ากระแสลัดวงจรจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่จ่ายเข้ากับระบบแล้วยังคงรักษาการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์จะมีค่ามากตามไปด้วย และตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวรวมถึงค่ากระแสลัดวงจรที่สถานีไฟฟ้าย่อยก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลค่าร้อยละของกระแสลัดวงจร

6.6 การประยุกต์ใช้วิธีการหาขนาดกำลังผลิตสูงสุดที่เหมาะสม

จากหัวข้อที่ 4.5.1 เป็นการกล่าวถึงวิธีการหาขนาดสูงสุดที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ ในหัวข้อนี้จะเป็นการนำวิธีดังกล่าวเพื่อมาใช้บ่งเตือนว่าถ้าระบบที่ต้องการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว จะติดตั้งที่บัสไหนและด้วยขนาดเท่าไรถึงจะไม่ก่อให้เกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาด อย่างไรก็ดีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวหน้ารีโคลสเซอร์มีโอกาสที่จะก่อให้เกิดผลกระทบน้อยมาก ดังนั้นจึงทำการพิจารณาเฉพาะตำแหน่งหลังรีโคลสเซอร์เท่านั้น เมื่อทำการพิจารณาระบบทดสอบ RBTS ขนาดและตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวแสดงได้ดังตารางที่ 6.47

ตารางที่ 6.47 ขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสม ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบ RBTS

ติด DG ที่บัส 4		ติด DG ที่บัส 5	
ตำแหน่งลัดวงจร	ขนาด (MVA)	ตำแหน่งลัดวงจร	ขนาด (MVA)
บัส 4	2.563	บัส 4	2.593
บัส 5	3.667	บัส 5	3.208
ขนาดสูงสุดเมื่อติดตั้ง DG ที่ บัส 4 (MVA)		ขนาดสูงสุดเมื่อติดตั้ง DG ที่ บัส 5 (MVA)	
2.563		2.593	

จากตารางที่ 6.47 ถ้าต้องการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 4 ขนาดที่ติดตั้งแล้วไม่ก่อให้เกิดปัญหาการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดนั้นมีขนาดประมาณ 2.563 MVA และถ้าต้องการที่จะติดตั้งที่บัส 5 นั้นขนาดที่สามารถติดตั้งได้ อยู่ที่ประมาณ 2.593 MVA ถ้าเกินจากขนาดดังกล่าวแล้วจะมีโอกาสที่จะเกิดการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ที่ผิดพลาดขึ้นได้ ซึ่งเมื่อสังเกตขนาดที่ได้เมื่อพิจารณาติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 4 และ 5 มีขนาดไม่ต่างกันมาก เนื่องจากว่าค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์จะค่าที่ไม่ต่างกันมากนั้น

ถัดมาเมื่อพิจารณาระบบทดสอบที่ดัดแปลงจากระบบจริงของกฟภ. ขนาดและตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวแสดงได้ดังตารางที่ 6.48

ตารางที่ 6.48 ขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสม ณ ตำแหน่งต่างๆ ของระบบดัดแปลงจากกฟภ.

ติด DG ที่บัส 9		ติด DG ที่บัส 10		ติด DG ที่บัส 11		ติด DG ที่บัส 12	
ตำแหน่งลัดวงจร	ขนาด (MVA)	ตำแหน่งลัดวงจร	ขนาด (MVA)	ตำแหน่งลัดวงจร	ขนาด (MVA)	ตำแหน่งลัดวงจร	ขนาด (MVA)
บัส 10	1.384	บัส 10	1.361	บัส 10	1.376	บัส 10	1.391
บัส 11	1.613	บัส 11	1.588	บัส 11	1.479	บัส 11	1.497
บัส 12	2.612	บัส 12	2.587	บัส 12	2.478	บัส 12	2.366
ขนาดสูงสุดเมื่อติดตั้ง DG ที่ บัส 9 (MVA)		ขนาดสูงสุดเมื่อติดตั้ง DG ที่ บัส 10 (MVA)		ขนาดสูงสุดเมื่อติดตั้ง DG ที่ บัส 11 (MVA)		ขนาดสูงสุดเมื่อติดตั้ง DG ที่ บัส 12 (MVA)	
1.384		1.361		1.376		1.391	

จากตารางที่ 6.48 ถ้าต้องการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 9 นั้น ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่สามารถติดตั้งได้โดยไม่ก่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์ผิดพลาดอยู่ที่ประมาณ 1.348 MVA และขนาด 1.361 MVA 1.376 MVA 1.391 MVA เมื่อต้องการติดตั้งที่บัส 10 11 และ 12 ตามลำดับ จะสังเกตเห็นว่าขนาดของเครื่อง

กำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่ได้จะมีขนาดใกล้เคียงกัน ทั้งนี้กระแสลัดวงจรที่ตำแหน่งต่างๆ ที่พิจารณามีค่าไม่ต่างกันมากนัก

สำหรับการประยุกต์ใช้วิธีการหาขนาดสูงสุดที่เหมาะสมนี้ สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นตัวบ่งบอกหรือเตือนให้กับทางการไฟฟ้าได้รับรู้ว่า ถ้ามีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายเข้ามาในระบบ ณ ตำแหน่งต่างๆ ด้วยขนาดเท่าไร จะมีโอกาสเกิดการทำงานร่วมกันที่ผิดพลาดของฟิวส์กับรีโคลสเซอร์หรือไม่