

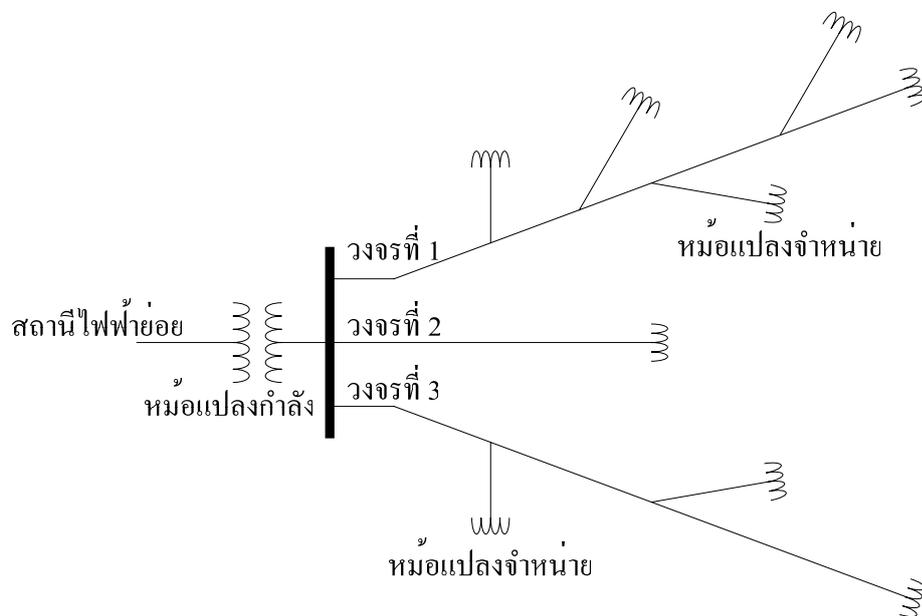
## บทที่ 2

### การจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกัน ในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล ที่มีการเชื่อมต่อของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน สามารถแบ่งออก 2 รูปแบบ ได้แก่ ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล และ ระบบจำหน่ายแบบลูป โดยแต่ละระบบก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป เช่นระบบจำหน่ายแบบเรเดียลเป็นระบบจำหน่ายที่ง่ายต่อการควบคุมดูแล แต่มีมั่นคงน้อยกว่าระบบจำหน่ายแบบลูป แต่ระบบจำหน่ายแบบลูป จะมีการควบคุมดูแลค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน เป็นต้น อย่างไรก็ตามระบบจำหน่ายที่นิยมใช้กันมากที่สุดก็คือระบบจำหน่ายแบบเรเดียล

#### 2.1 ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล

ระบบจำหน่ายแบบเรเดียลนั้นมีลักษณะเดินสายไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าย่อย ที่บริเวณชานเมืองเข้าสู่ชุมชนเมือง และบริเวณรอบๆ เมือง นอกจากนี้ยังส่งจ่ายไปตามอำเภอต่างๆ ที่อยู่ในเขตการจำหน่ายไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าย่อยนั้นๆ ดังรูป 2.1 [16]



รูป 2.1 ลักษณะของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล [16]

## 2.2 อุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายแบบเบเรเดี่ยล

อุปกรณ์ป้องกันที่ใช้ในสายจำหน่ายได้แก่ ฟิวส์แรงสูง รีโคสเซอร์ และรีเลย์กระแสเกิน

### 2.2.1 ฟิวส์แรงสูง

ฟิวส์แรงสูงในระบบไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ฟิวส์ตัดตอนแรงสูง และเพาเวอร์ฟิวส์ โดยมีพิกัดกระแสต่อเนื่อง และพิกัดกระแสขณะเกิดลัดวงจร

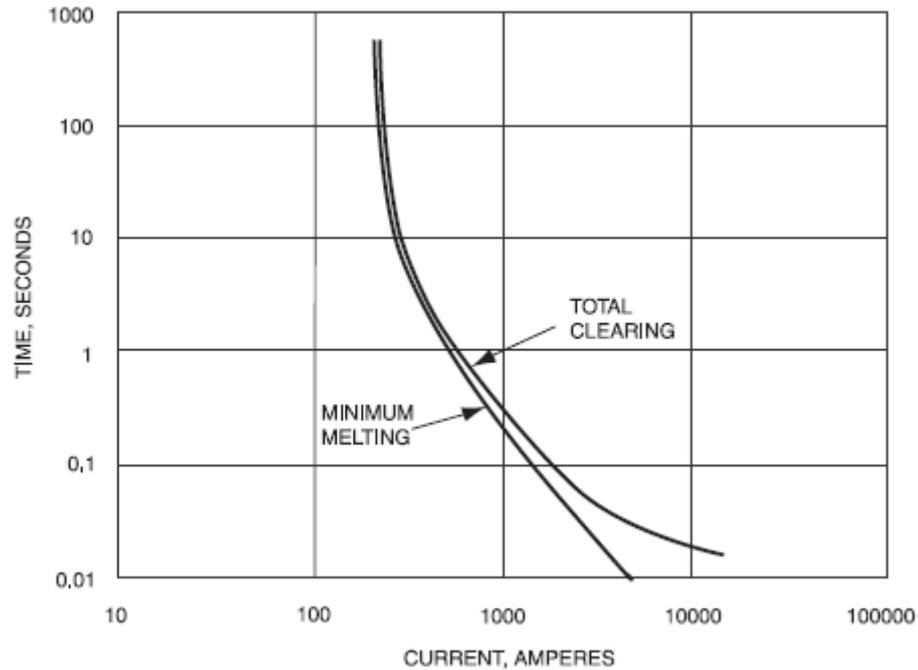
เพาเวอร์ฟิวส์ชนิด E เป็นเพาเวอร์ฟิวส์ที่นิยมใช้ชนิดหนึ่ง ฟิวส์ชนิดนี้ที่พิกัด 100 แอมป์ หรือน้อยกว่า เมื่อมีกระแสไหลผ่าน 200 - 240 % ของพิกัดฟิวส์แล้ว ฟิวส์จะเริ่มหลอมละลายที่เวลา 300 วินาที และที่พิกัดฟิวส์มากกว่า 100 แอมป์ เมื่อมีกระแสไหลผ่าน 200 - 240 % ของพิกัดฟิวส์แล้วฟิวส์จะเริ่มหลอมละลายที่เวลา 600 วินาที [17]

เส้นความสัมพันธ์ของฟิวส์ตัดตอนแรงสูงตามมาตรฐาน NEMA แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดทำงานเร็ว (Fast) และชนิดทำงานช้า (Slow) โดยใช้เครื่องหมาย K (Kwick) แทนฟิวส์ตัดตอนแรงสูงชนิดทำงานเร็ว และเครื่องหมาย T (Tardy) แทนชนิดทำงานช้า ตัวบ่งชี้ของความแตกต่างของฟิวส์ชนิด K และฟิวส์ชนิด T เรียกว่า อัตราส่วนความเร็ว (Speed Ratio) ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.1)

$$\text{อัตราส่วนความเร็ว} = \frac{\text{ค่ากระแสหลอมละลายที่เวลา 0.1 วินาที}}{\text{ค่ากระแสหลอมละลายที่เวลา 300 หรือ 600 วินาที}} \quad (2.1)$$

ซึ่งพบว่า ชนิด K นั้นจะมีค่าอัตราส่วนความเร็ว 6 ถึง 8.1 ส่วนชนิด T จะมีอัตราส่วนความเร็ว 10 ถึง 13 [17] ฟิวส์แรงสูงแต่ละขนาดจะประกอบไปด้วยเส้นกราฟ 2 ส่วนคือ ส่วนของเวลาหลอมละลายต่ำสุด (Minimum Melting Time) และเวลารวมในการตัดวงจร (Total Clearing Time) ดังรูป 2.2 [18]

ตามมาตรฐาน IEEE 242-2001 [18] ได้มีการกำหนดพิกัดตัดกระแสลัดวงจรสูงสุดสำหรับฟิวส์แรงสูงที่ใช้ในระบบจำหน่ายดังตารางที่ 2.1



รูป 2.2 เส้นกราฟ เวลา – กระแส ของฟิวส์แรงสูง [18]

ตาราง 2.1 พิกัดตัดกระแสลัดวงจรสูงสุดสำหรับฟิวส์แรงสูงที่ใช้ในระบบจำหน่าย [18]

พิกัดแรงดันปกติ (kV)	ค่ากระแสลัดวงจรแบบสมมาตร (A)
4.8	12500
7.2	15000
14.4	13200
25	8000
34.5	5000

### 2.2.2 รีโคลสเซอร์

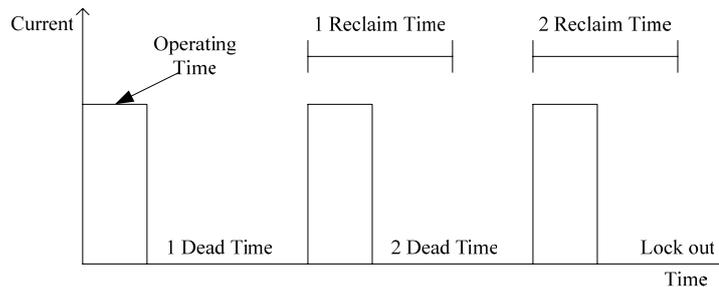
รีโคลสเซอร์มีลักษณะการทำงานเหมือนกับ เซอร์คิตเบรกเกอร์ แต่สามารถปิดกลับวงจรโดยอัตโนมัติเพื่อให้ระบบสามารถจ่ายไฟได้อีกในเวลาที่รวดเร็วหลังจากเกิดการลัดวงจรขึ้นในระบบ เมื่อรีโคลสเซอร์ทำงานครบตามจำนวนที่ตั้งไว้แล้ว การลัดวงจรยังอยู่ก็จะเกิดสถานะปิดค้าง (Lock out) นั่นคือจะไม่ปิดวงจรจนกว่าจะมีการรีเซต (Reset)

รูป 2.3 แสดงช่วงเวลาดำเนินการของรีโคลสเซอร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) เวลาทำงาน (Operating Time) คือช่วงเวลาดังแต่เริ่มเกิดลัดวงจรจนถึงเวลาที่อาร์กที่เกิดจากการเปิดวงจรถูกกำจัดจนหมด
- 2) ช่วงเวลาไม่มีไฟ (Dead time) คือช่วงเวลาหลังจากหน้าสัมผัสของรีโคลสเซอร์จากออก และอาร์กถูกกำจัดหมดไป จนถึงเวลาที่หน้าสัมผัสของรีโคลสเซอร์

ปิดกลับมาสัมผัสกันอีกครั้ง มักเรียกอีกอย่างว่าช่วงเวลาปิดกลับ (Re-closing Time)

- 3) เวลาคืนตัวสมบูรณ์ (Reclaim Time) คือช่วงเวลาหลังจากรีโคลสเซอร์สั่งปิดหน้าสัมผัสจนถึงค่าเวลาคืนตัวสมบูรณ์ พร้อมทั้งจะเริ่มต้นทำงานใหม่
- 4) สถานะการปิดค้าง คือสถานะที่รีโคลสเซอร์ทำงานจนครบจำนวนครั้งที่ตั้งไว้ ซึ่งจะเป็นการปิดค้าง จนกว่าจะมีการรีเซต



รูป 2.3 ช่วงเวลาการทำงานของรีโคลสเซอร์

ในการเลือกค่า ช่วงเวลาปิดกลับ นั้นจะต้องพิจารณาดังนี้ [19]

- 1) ความมั่นคงของระบบ กล่าวคือถ้าเลือกค่าช่วงเวลาปิดกลับ มากเกินไป อาจทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลุดจากการเกาะติดกับระบบ หรืออาจทำให้หม้อเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ ไม่สามารถหมุนต่อไปได้ เมื่อรีโคลสเซอร์ปิดกลับอีกครั้ง โดยปกติแล้วจะเลือกค่าประมาณ 0.2 - 0.3 วินาที
- 2) ค่าเวลาปิดกลับของรีโคลสเซอร์ โดยปกติแล้วจะต้องเลือกค่าเวลาปิดกลับของรีโคลสเซอร์ให้มีความมากกว่าค่าเวลารีเซตของรีเลย์ (ในกรณีที่สถานีไฟฟ้ามีรีเลย์กระแสนเป็นอุปกรณ์ป้องกัน) ด้วยเหตุที่ว่า ต้องการให้รีเลย์นั้นกลับมาอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นก่อนที่รีโคลสเซอร์จะปิดกลับอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งถ้าค่าเวลาปิดกลับของรีโคลสเซอร์มีค่าน้อยกว่าค่าเวลารีเซตของรีเลย์ จะส่งผลให้รีเลย์ทำงานไวขึ้นเมื่อรีโคลสเซอร์ปิดกลับอีกครั้ง ซึ่งอาจทำให้รีเลย์ทำงานก่อนรีโคลสเซอร์ได้

ในการเลือกค่าเวลาคืนตัวสมบูรณ์ นั้นจะต้องพิจารณาถึงค่าเวลาทำงานของรีโคลสเซอร์ กล่าวคือ ค่าเวลาคืนตัวสมบูรณ์จะต้องมีค่ามากกว่า ค่าเวลาทำงานของรีโคลสเซอร์ เพื่อให้สามารถทำงานได้ถึงสถานะการปิดค้าง ซึ่งถ้าค่าเวลาคืนตัวสมบูรณ์มีค่าน้อยกว่าเวลาทำงานของรีโคลสเซอร์ แล้วทุกครั้งที่มีการปิดกลับ รีโคลสเซอร์จะรีเซตตัวเอง ก่อนถึงเวลาทำงาน ซึ่งถ้าเป็นการลัดวงจรแบบถาวรแล้ว รีโคลสเซอร์จะปิดกลับอยู่ตลอดเวลาจนอาจทำให้รีโคลสเซอร์ระเบิดได้ [19]

ในการเลือกจำนวนครั้งในการปิดกลับนั้น จะต้องคำนึงถึงความสามารถในการเปิดและปิดวงจรของรีโกลสเซอร์ใน 1 รอบการทำงาน นอกจากนั้นแล้วยังต้องพิจารณาถึงความสามารถในการบำรุงรักษา และสภาพแวดล้อมของระบบจำหน่ายที่จะป้องกัน กล่าวคือ ถ้าระบบจำหน่ายดังกล่าวติดตั้งในบริเวณที่มีต้นไม้มาก มีโอกาสเกิดลัดวงจรแบบชั่วคราวบ่อยครั้งก็ควรเลือกให้การทำงานแบบหลายครั้ง แต่ถ้าระบบจำหน่ายติดตั้งอยู่ในบริเวณโล่งแจ้ง ก็ไม่ควรเลือกให้มีการทำงานแบบหลายครั้ง [19]

สำหรับตัวอย่างการตั้งค่าการทำงานที่นิยมใช้กันทั่วไปของรีโกลสเซอร์ผลิตภัณฑ์ Cooper รุ่น Form 4C ซึ่งเป็นรีโกลสเซอร์ที่นิยมใช้ในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ตัวอย่างการตั้งค่าการทำงานของรีโกลสเซอร์ผลิตภัณฑ์ Cooper รุ่น Form 4C [19]

Parameter	Value
Fast trip operation	2 times
Slow trip operation	1 times
Re-closing Time 1	0.3 seconds
Re-closing Time 2	5 seconds
Re-closing Time 3	15 seconds
Reset Time	60 seconds
Phase fast curve	Curve 101
Phase slow curve	Curve 116
Ground fast curve	Curve 102
Ground slow curve	Curve 165

สาเหตุที่นิยมเลือกเส้นโค้งกระแสเวลา (TCC: Time Current Curve) ของการทำงานแบบเร็ว (Fast curve) เป็น 101 และ 102 เพราะ เป็นกราฟที่ทำงานเร็วที่สุด ส่วน TCC ของการทำงานแบบช้า (Slow curve) นิยมเลือกเป็น 116 และ 165 เพราะ มีคุณลักษณะการทำงานคล้ายฟิวส์ ซึ่งทำให้การจัดความสัมพันธ์กับฟิวส์ทำได้โดยง่าย

เนื่องจากรีโกลสเซอร์รุ่นดังกล่าวไม่สามารถเลือก TCC ของการทำงานในแต่ละแบบ เหมือนกันได้ ดังนั้น TCC แบบเร็ว หรือ แบบช้า ของทางด้านเฟสและกราวนด์ จึงเลือกไม่เหมือนกัน

### 2.2.3 รีเลย์กระแสเกิน

รีเลย์กระแสเกินมีความสำคัญต่อการป้องกันอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าอย่างมาก รีเลย์กระแสเกินมีลักษณะการทำงานดังนี้ เมื่อมีกระแสไหลผ่านรีเลย์มากกว่าค่ากระแสปรับตั้ง รีเลย์จะสั่งให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจร โดยเวลาในการสั่งตัดวงจรมานั้น จะมีทั้งชนิดหน่วงเวลา และไม่หน่วงเวลา รีเลย์กระแสเกินแบบไม่หน่วงเวลาเรียกว่า รีเลย์ทำงานแบบฉับพลัน (Instantaneous Over current Relay) ซึ่งเวลาในการทำงานจะน้อยกว่า 2 รอบ (Cycle) รีเลย์กระแสเกินที่มีการหน่วงเวลาคงที่มีหลักการการทำงานดังนี้ เมื่อมีกระแสไหลผ่านรีเลย์มากกว่าค่ากระแสปรับตั้งแล้วจึงเริ่มหน่วงเวลาไว้จนถึงเวลาที่ตั้งไว้ จะสั่งให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ตัดวงจร รีเลย์แบบนี้จะง่ายในการออกแบบจัดความสัมพันธ์กับรีเลย์กระแสเกินตัวอื่น แต่มีข้อเสียคือ ตำแหน่งใกล้แหล่งจ่าย รีเลย์ทำงานช้าที่สุด ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวจะมีกระแสลัดวงจรมากที่สุด ส่วนมากจะใช้ในการป้องกันในระบบที่ไม่มีการต่อลงกราวด์ หรือมีค่าอิมพีแดนซ์ของกราวด์สูง รีเลย์กระแสเกินที่มีลักษณะการหน่วงเวลาของการทำงานที่เป็นสัดส่วนกลับกับค่ากระแสที่ไหลในรีเลย์เรียกว่ารีเลย์กระแสเกินแบบเวลาผกผัน รีเลย์กระแสเกินดังกล่าวจะใช้คุณลักษณะกราฟตามมาตรฐาน IEC 255-4 และ BS142-1986 ซึ่งเรียกว่า รีเลย์กระแสเกินแบบเวลาผกผันที่ต่ำสุด (Inverse Definite Minimum Time, [I.D.M.T]) เช่นรีเลย์ชนิด CO, IAC และ MCGG ในปัจจุบันมีรีเลย์กระแสเกินอยู่ 3 ชนิด คือ

- 1) รีเลย์กระแสเกินชนิด กลไฟฟ้า (Electromechanical Over current Relay) รีเลย์ชนิดนี้จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นสนามแม่เหล็กทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส ซึ่งมีทั้งแบบการเหนี่ยวนำ และแบบแรงดึงดูด โดยปกติแล้วรีเลย์แบบหน่วงเวลาจะมีลักษณะการทำงานแบบจานเหนี่ยวนำ และรีเลย์แบบทำงานฉับพลัน จะเป็นแบบแรงดึงดูด
- 2) รีเลย์ชนิดสถิต (Static Over current Relay) เป็นรีเลย์ที่ใช้อุปกรณ์ประเภทโซลิตสแตต (Solid State) ออกแบบให้มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับรีเลย์กระแสเกินชนิดกลไฟฟ้า
- 3) รีเลย์แบบดิจิทัล เป็นการพัฒนาไมโครโปรเซสเซอร์ให้มีลักษณะการทำงานเป็นรีเลย์ป้องกัน ซึ่งเพิ่มความสามารถทางด้านการป้องกันมากยิ่งขึ้น กล่าวคือเพิ่มส่วนแสดงผล ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน ทำให้ง่ายต่อการปรับตั้งค่าและที่สำคัญ สามารถรวบรวมหลายๆ ฟังก์ชันของการป้องกันไว้ในเครื่องเดียว

สำหรับคุณลักษณะของ เส้นโค้งกระแสเวลา (TCC) ของรีเลย์กระแสเกินชนิดต่างๆ สามารถอธิบายดังสมการที่ (2.2) และ (2.3) และตาราง 2.3 - 2.6 [20]

$$t_{trip}(I) = TD \left( \frac{A}{M^p - 1} + B \right) + K \quad (2.2)$$

$$t_{reset}(I) = TD \left( \frac{t_r}{1 - M^q} \right) \quad (2.3)$$

- โดย  $t_{trip}$  คือ ค่าเวลาในการทำงาน หน่วยเป็นวินาที (Operation time to trip in seconds)
- $t_{reset}$  คือ ค่าเวลารีเซต หน่วยเป็นวินาที (Reset time in seconds)
- $TD$  คือ ค่าตัวคูณทางเวลา (Time dial option)
- $M$  คือ ค่าตัวคูณกระแสเริ่มทำงาน (Multiples of pickup current)
- $p, q$  คือ เลขยกกำลัง
- $A, B, K, t_r$  คือ ค่าคงที่

ตาราง 2.3 ค่าคงที่และเลขยกกำลังของรีเลย์ชนิด CO

ชนิดของรีเลย์	A	B	K	p	q	$t_r$
CO-2	0.2663	0.03393	0.028	1.2969	2.0	0.5
CO-5	5.6143	2.18592	0.028	1.0000	2.0	15.75
CO-6	0.4797	0.21359	0.028	1.5625	2.0	0.875
CO-7	0.3022	0.12840	0.028	0.5000	2.0	1.75
CO-8	8.9341	0.17966	0.028	2.0938	2.0	9
CO-9	5.4678	0.10814	0.028	2.0469	2.0	5.5
CO-11	7.7624	0.02758	0.028	2.0938	2.0	7.75

ตาราง 2.4 ค่าคงที่และเลขยกกำลังของรีเลย์ชนิด CO ตามมาตรฐาน IEEE

ชนิดของรีเลย์	A	B	K	p	q	$t_r$
CO-7	0.0094	0.0366	0	0.02	2.0	1.08
CO-9	3.7840	0.0984	0	2.00	2.0	4.20
CO-11	5.6160	0.0260	0	2.00	2.0	5.30

ตาราง 2.5 ค่าคงที่และเลขยกกำลังของรีเลย์ชนิดสถิต ตามมาตรฐาน IEC

ชนิดของรีเลย์	A	B	K	p	q	$t_r$
Standard Inverse	0.14	0	0	0.02	2.0	13.5
Very Inverse	13.5	0	0	1	2.0	47.3
Extremely Inverse	80	0	0	2	2.0	80
Long Time Backup	120	0	0	1	1	120

ตาราง 2.6 ค่าคงที่และเลขยกกำลังของรีเลย์ชนิดสถิต ตามมาตรฐาน IEEE

ชนิดของรีเลย์	$A$	$B$	$K$	$p$	$q$	$t_r$
Inverse	0.0103	0.0228	0	0.02	2.0	0.97
Very Inverse	3.922	0.0982	0	2	2.0	4.32
Extremely Inverse	5.64	0.02434	0	2	2.0	5.82

### 2.3 การตั้งค่ากระแสเริ่มทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน

ในการตั้งค่ากระแสเริ่มทำงานของอุปกรณ์ป้องกันมีหลักการดังนี้คือ

- 1) อุปกรณ์ป้องกันจะต้องตรวจพบกระแสลัดวงจรต่ำสุด ในพื้นที่ป้องกันของอุปกรณ์นั้น
- 2) อุปกรณ์ป้องกันจะต้องไม่ทำงานที่กระแสโหลดสูงสุด

โดยทั่วไปการตั้งค่ากระแสเริ่มทำงานทางด้านเฟสมักจะตั้งตามขนาดกระแสโหลดสูงสุดคูณด้วย ค่าแฟคเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์ป้องกันแต่ละชนิด ก็มีค่าแฟคเตอร์ดังกล่าวแตกต่างกันไป สำหรับค่าแฟคเตอร์ ที่นิยมใช้นั้นเป็นดังตาราง 2.7 ส่วนการตั้งค่ากระแสเริ่มทำงานทางด้านกราวนด์ของรีเลย์กระแสเกิน และรีโคลสเซอร์ จะตั้งตามค่ากระแสเริ่มทำงานทางด้านเฟส คูณด้วย 0.25

ตาราง 2.7 แฟคเตอร์ตัวคูณสำหรับใช้ตั้งค่ากระแสเริ่มทำงานทางด้านเฟสของอุปกรณ์ป้องกัน [19]

ชนิดของอุปกรณ์ป้องกัน	แฟคเตอร์ตัวคูณสำหรับใช้ตั้งค่ากระแสเริ่มทำงาน
รีเลย์กระแสเกิน	2.0
รีโคลสเซอร์	2.0
ฟิวส์	1.25

### 2.4 การจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายแบบเรเดียล

จุดประสงค์หลักในการจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบไฟฟ้าก็เพื่อที่จะตรวจจับ และกำจัดกระแสลัดวงจรอย่างรวดเร็วเพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในระบบ ภายใต้เงื่อนไขของการจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันดังนี้ [21]

- 1) ค่าใช้จ่ายต่ำ
- 2) ระบบป้องกันมีความน่าเชื่อถือ
- 3) มีการทำงานที่เร็วในการกำจัดกระแสลัดวงจร
- 4) อุปกรณ์ป้องกันต้องไม่ซับซ้อน
- 5) มีความไวในการตรวจจับกระแสลัดวงจร
- 6) จะต้องไม่ทำงานขณะกระแสโหลดปกติ
- 7) ระบบจะต้องถูกปลดออกน้อยที่สุดขณะลัดวงจร

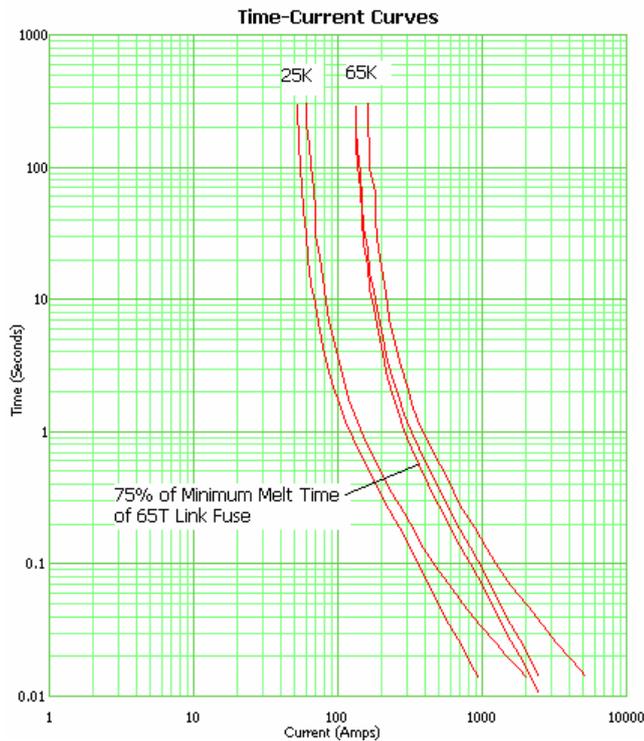
**2.4.1 การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างฟิวส์กับฟิวส์**

ในการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างฟิวส์กับฟิวส์นั้น จะพิจารณาระหว่าง เส้นโค้งเวลารวมตัดวงจร ของฟิวส์ ในตำแหน่งป้องกันหลัก กับ เส้นโค้งเวลาต่ำสุดเริ่มหลอมละลายของฟิวส์ในตำแหน่งป้องกันสำรอง แต่ในความเป็นจริงแล้วจะต้องพิจารณาถึงกระแสที่ไหลผ่านฟิวส์ก่อนเกิดลัดวงจร และผลของอุณหภูมิรอบข้างฟิวส์ ดังนั้นในการจัดการความสัมพันธ์จึงพิจารณาระหว่างเส้นกราฟเวลารวมตัดวงจรของฟิวส์ในตำแหน่งป้องกันหลัก กับเส้นกราฟที่ 75 % ของเวลาฟิวส์เริ่มหลอมละลายในตำแหน่งป้องกันสำรอง [17]

ผังรูป 2.4



ก) ไดอะแกรมเส้นเดียว



ข) กราฟ เวลา - กระแส

รูป 2.4 กราฟการจัดการความสัมพันธ์ระหว่าง ฟิวส์ ขนาด 25K กับ ฟิวส์ ขนาด 65 K

## 2.4.2 การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีโกลสเซอร์กับรีโกลสเซอร์

การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีโกลสเซอร์กับรีโกลสเซอร์สามารถแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

### 2.4.2.1 กรณีที่รีโกลสเซอร์ตำแหน่งป้องกันสำรอง ไม่ได้ตั้งค่าซีเควนโคออดิเนชัน

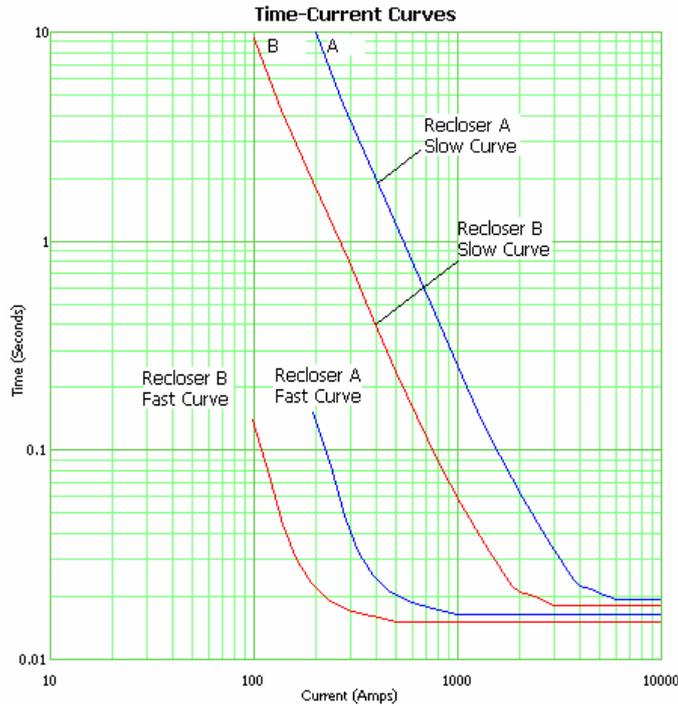
อธิบายการจัดการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ จากรูป 2.5 ก) เมื่อกำหนดให้รีโกลสเซอร์ A และ B มีการทำงานแบบเร็ว 1 ครั้ง และแบบช้า 1 ครั้ง เมื่อเกิดลัดวงจรแบบถาวร ที่จุด F รีโกลสเซอร์ B จะทำงานแบบเร็ว แล้วปิดกลับ หลังจากนั้น รีโกลสเซอร์ A จะทำงานแบบเร็ว แล้วปิดกลับ ซึ่งปรากฏว่ายังมีกระแสลัดวงจรอยู่ ดังนั้น รีโกลสเซอร์ B จะทำงานแบบช้า ถ้ายังมีกระแสลัดวงจร รีโกลสเซอร์ B จะปิดค้าง แต่ถ้า รีโกลสเซอร์ B ไม่สามารถทำงานแบบช้าได้ รีโกลสเซอร์ A ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันสำรอง จะทำงานแบบช้าแทน

### 2.4.2.2 กรณีที่รีโกลสเซอร์ตำแหน่งป้องกันสำรอง มีการตั้งค่าซีเควนโคออดิเนชัน

อธิบายการจัดการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ จากรูป 2.5 ก) เมื่อกำหนดให้รีโกลสเซอร์ A และ B มีการทำงานแบบเร็ว 1 ครั้ง และแบบช้า 1 ครั้ง เมื่อเกิดลัดวงจรแบบถาวร ที่จุด F รีโกลสเซอร์ B จะทำงานแบบเร็ว ซึ่งขณะที่รีโกลสเซอร์ B ทำงานแบบเร็วนี้ รีโกลสเซอร์ A ซึ่งตั้งค่าซีเควนโคออดิเนชันไว้ จะมองเห็นและนับว่ารีโกลสเซอร์ B ได้ทำงานแบบเร็วไปแล้ว และเมื่อรีโกลสเซอร์ B ปิดกลับวงจรเข้าไป ปรากฏว่ายังมีกระแสลัดวงจรอยู่ รีโกลสเซอร์ A จะไม่ทำงานแบบเร็ว แต่จะรอให้ รีโกลสเซอร์ B ทำงานแบบช้า และถ้ายังมีกระแสลัดวงจร รีโกลสเซอร์ B จะปิดค้าง โดยที่ รีโกลสเซอร์ A ไม่ได้ทำงานเลย ซึ่งกรณีนี้จะช่วยลดการไฟดับให้กับผู้ใช้ไฟบริเวณที่อยู่ระหว่าง รีโกลสเซอร์ A กับ รีโกลสเซอร์ B ได้



ก) โดอะแกรมเส้นเดียว



ข) กราฟ เวลา - กระแส

รูป 2.5 กราฟการจับความสัมพันธ์ระหว่าง รีโคลสเซอร์ กับ รีโคลสเซอร์

**2.4.3 การจับความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กระแสเกินกับรีเลย์กระแสเกิน**

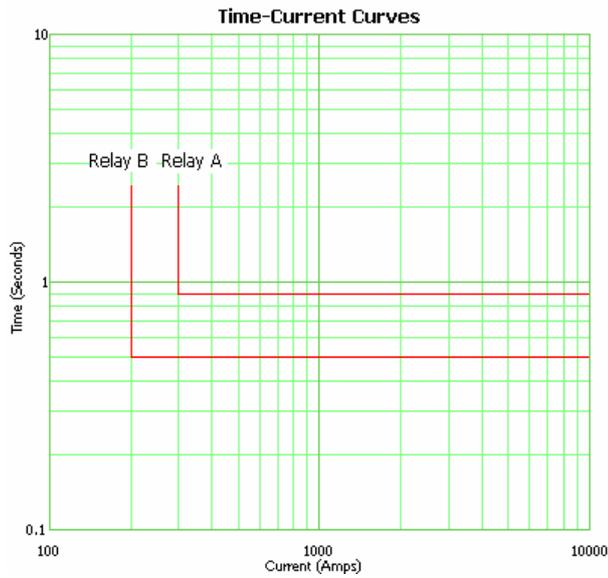
การจับความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กระแสเกินกับรีเลย์กระแสเกินมีด้วยกัน 3 วิธีดังนี้

**2.4.3.1 การจับความสัมพันธ์โดยใช้ค่าเวลา**

วิธีการนี้จะทำการกำหนดให้รีเลย์ที่อยู่ปลายสายทำงานเร็วที่สุด และรีเลย์ที่อยู่ใกล้แหล่งจ่ายไฟมากที่สุดจะทำงานช้าที่สุด เวลาทำงานของรีเลย์จะมีค่าคงที่ตามที่ปรับตั้งไว้โดยไม่คำนึงถึงระดับของกระแสลัดวงจร ดังรูป 2.6 ก) ถ้ากำหนดให้ช่วงเวลานอง (Grading Margin) มีค่าเท่ากับ 0.4 วินาที และปรับตั้งให้รีเลย์ B ทำงานที่เวลา 0.5 วินาที รีเลย์ A จะทำงานที่เวลา  $0.5 + 0.4 = 0.9$  วินาที ดังรูป 2.6 ข)



ก) โดอะแกรมเส้นเดียว



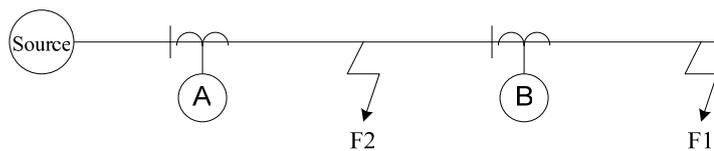
ข) กราฟ เวลา - กระแส

รูป 2.6 กราฟการจัดความสัมพันธ์โดยใช้ค่าเวลาระหว่าง รีเลย์กระแสเกิน กับ รีเลย์กระแสเกิน

วิธีการแบบนี้จะมีข้อเสียคือ ตำแหน่งที่ใกล้กับแหล่งจ่ายไฟมากที่สุดซึ่งมีค่ากระแสลัดวงจรสูงที่สุด แต่ปรับตั้งให้รีเลย์ทำงานช้าที่สุด ซึ่งอาจทำให้อุปกรณ์ชำรุดได้

### 2.4.3.2 การจัดความสัมพันธ์โดยใช้กระแส

วิธีการนี้จะปรับตั้งกระแสให้รีเลย์ทำงานตามค่ากระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นให้เหมาะสมตามตำแหน่งที่ป้องกัน กล่าวคือ รีเลย์ตำแหน่งป้องกันหลักจะต้องทำงานก่อน ดังรูป 2.7 รีเลย์ B จะถูกปรับตั้งค่ากระแสให้ตรวจจับความผิดปกติที่จุด F1 และรีเลย์ A จะถูกปรับตั้งให้ตรวจจับความผิดปกติที่จุด F2



รูป 2.7 โดอะแกรมเส้นเดียวของการจัดความสัมพันธ์โดยใช้ค่ากระแสระหว่างรีเลย์กระแสเกินกับรีเลย์กระแสเกิน

วิธีการแบบนี้จะมีข้อเสียคือ ถ้ากระแสลัดวงจรที่จุด F1 และ F2 มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเกิดลัดวงจรที่จุด F1 รีเลย์ A อาจจะทำมาก่อนรีเลย์ B ซึ่งเป็นการทำงานเกินหน้าที่ ทำให้เกิดไฟดับเป็นบริเวณกว้าง

#### 2.4.3.3 การจัดการความสัมพันธ์โดยใช้ทั้งเวลาและกระแส

วิธีการนี้จะปรับตั้งค่าเวลาและกระแส เป็นการแก้ไขข้อเสียของทั้ง 2 วิธีที่ผ่านมา โดยได้มีการพัฒนาคุณสมบัติของรีเลย์กระแสเกินให้มีลักษณะการทำงานแบบเวลาผกผัน กล่าวคือ ถ้ากระแสมีค่าน้อยรีเลย์จะทำงานช้า แต่ถ้ากระแสมีค่ามาก รีเลย์จะทำงานเร็ว เส้นกราฟของรีเลย์แบบเวลาผกผันกับกระแส มีด้วยกันหลายชนิด ดังนี้

##### 1) แบบเวลาผกผันมาตรฐาน (Standard Inverse Time)

เส้นกราฟแบบนี้จะตรงตามมาตรฐาน BS3/10 กล่าวคือ ที่ค่ากระแสลัดวงจรมีค่าเท่ากับ 10 เท่าของค่ากระแสปรับตั้ง รีเลย์จะทำงานที่เวลา 3 วินาที เมื่อปรับตั้ง Time Dial = 1 ซึ่งเส้นกราฟแบบนี้เหมาะกับการป้องกันระบบจำหน่ายที่มีระดับกระแสลัดวงจรแตกต่างกันมาก และไม่เหมาะกับการจัดการความสัมพันธ์กับฟิวส์

##### 2) แบบเวลาผกผันมาก (Very Inverse Time)

เส้นกราฟแบบนี้เหมาะสำหรับระบบป้องกันที่ต้องการช่วงเวลากำหนดล่าช้ากว้างๆ แต่ระดับการลัดวงจรแต่ละตำแหน่งมีค่าใกล้เคียงกัน

##### 3) แบบเวลาผกผันอย่างยิ่ง (Extremely Inverse Time)

เส้นกราฟแบบนี้จะมีความชันมาก และมีลักษณะคล้ายกับเส้นกราฟของฟิวส์ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับระบบป้องกันที่ต้องจัดลำดับกับฟิวส์

สรุปได้ว่าเส้นกราฟของรีเลย์กระแสเกินแบบเวลาผกผันมีด้วยกันหลายชนิด การปรับตั้งกระแส เป็นการเลื่อนกราฟไปทางซ้ายและขวา และการปรับตั้ง Time Dial เป็นการเลื่อนกราฟขึ้นและลง ซึ่งทำให้ง่ายต่อการจัดการความสัมพันธ์กับอุปกรณ์ป้องกันตัวอื่น

## 2.4.4 การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีโกลสเซอร์กับฟิวส์

การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีโกลสเซอร์กับฟิวส์แบ่งออกได้เป็น 2 กรณีคือ

### 2.4.4.1 กรณี Fuse saving scheme

กรณีมักใช้กับระบบจำหน่ายที่ใช้สายเปลือย ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาไฟฟ้าดับในกรณีที่เกิดการลัดวงจรแบบชั่วคราวได้ถึง 70 – 80 % [17]

การจัดการความสัมพันธ์ในกรณีนี้ (พิจารณารูป 2.8 ประกอบ) จะให้รีโกลสเซอร์เปิดวงจรด้วยกราฟการทำงานแบบเร็ว ก่อนที่ฟิวส์จะหลอมละลาย โดยเวลาในการทำงานแบบเร็วของรีโกลสเซอร์คูณด้วย 1.25 ต้องไม่เกินเวลาเริ่มหลอมละลายของฟิวส์ [22] เพื่อให้ระบบนั้นกลับมาใช้งานได้ปกติอย่างรวดเร็วในกรณีลัดวงจรแบบชั่วคราว แต่ถ้าเกิดลัดวงจรแบบถาวรฟิวส์ต้องขาดก่อนที่รีโกลสเซอร์จะทำงานแบบช้า

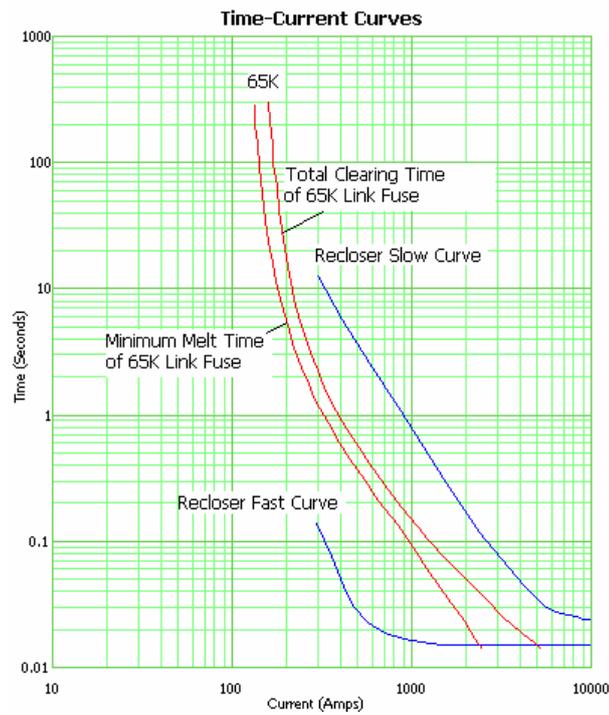
### 2.4.4.2 กรณี Fuse blowing scheme

กรณีมักใช้กับระบบจำหน่ายที่ใช้สายหุ้มฉนวน ซึ่งเป็นระบบจำหน่ายที่มีโอกาสเกิดการลัดวงจรแบบชั่วคราวน้อย ดังนั้นเมื่อเกิดลัดวงจรขึ้นในระบบจำหน่ายดังกล่าวนี้ จึงมักเป็นการลัดวงจรแบบถาวร ซึ่งทำให้การทำงานแบบเร็วของรีโกลสเซอร์นั้นไม่มีประโยชน์

ในกรณีนี้รีโกลสเซอร์จะทำการ Off-fast operation และให้ฟิวส์ขาดก่อนที่รีโกลสเซอร์จะทำงานแบบช้า ดังนั้นการจัดการความสัมพันธ์ในกรณีนี้จะพิจารณาเฉพาะเส้นโค้งเวลารวมตัดวงจร ของฟิวส์ กับ กราฟการทำงานแบบช้าของรีโกลสเซอร์ เท่านั้น



ก) ไดอะแกรมเส้นเดียว



ข) กราฟ เวลา - กระแส

รูป 2.8 กราฟการจัดการความสัมพันธ์ระหว่าง รีโคลสเซอร์ กับ ฟิวส์

**2.4.5 การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กระแสเกินกับฟิวส์**

การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กระแสเกินกับฟิวส์ แบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้ (พิจารณารูป 2.9 ก) ประกอบ)

**2.4.5.1 เมื่อเกิดลัดวงจรที่จุด F ฟิวส์จะต้องขาดก่อนที่ รีเลย์จะเริ่มทำงาน**

วิธีนี้มีกนิยมใช้กับระบบจำหน่ายแบบเรเดียลที่มีระยะทางไกล ซึ่งมี รีโคลสเซอร์ เป็นอุปกรณ์ป้องกันในระบบด้วย เช่นระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำหรับลักษณะการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กับฟิวส์ในกรณีนี้เป็น ดังรูป 2.9 ข)

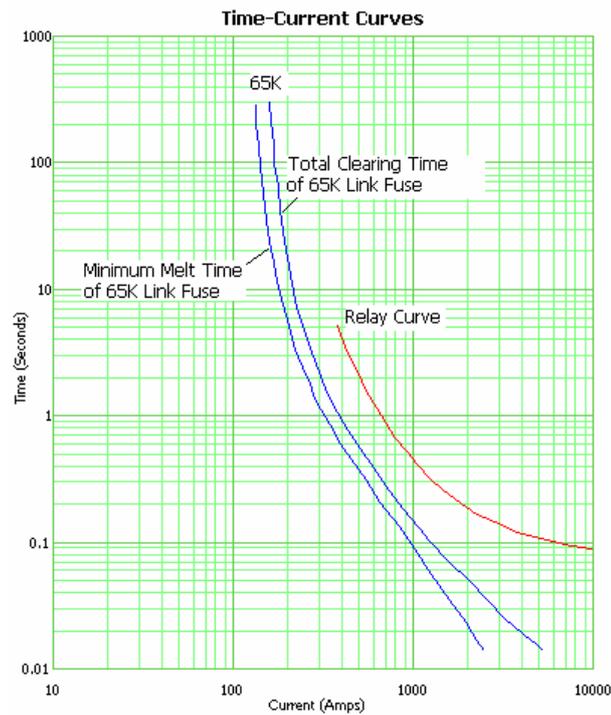
### 2.4.5.2 เมื่อเกิดลัดวงจรที่จุด F รีเลย์จะต้องทำงานแบบทันทีทันใด

#### (Instantaneous Trip) ก่อนฟิวส์จะเริ่มหลอมละลาย

วิธีนี้มีกนิยมาใช้กับระบบจำหน่ายนิยมใช้กับระบบจำหน่ายที่มีระยะสั้น ซึ่งไม่มีรีโคลสเซอร์เป็นอุปกรณ์ป้องกันในระบบ เช่นระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวง เป็นต้น แต่ในปัจจุบันวิธีนี้ไม่ค่อยนิยมใช้ เนื่องจาก การใช้ไฟฟ้าของพื้นที่ในเมืองต้องการคุณภาพไฟฟ้าสูง ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ จะส่งผลให้เกิดไฟฟ้าดับชั่วคราวเป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นจึงนิยมใช้วิธีตามข้อ 2.4.5.1 มากกว่า



ก) ไดอะแกรมเส้นเดียว



ข) กราฟ เวลา - กระแส

รูป 2.9 กราฟการจัดความสัมพันธ์ระหว่าง รีเลย์กระแสเกิน กับ ฟิวส์

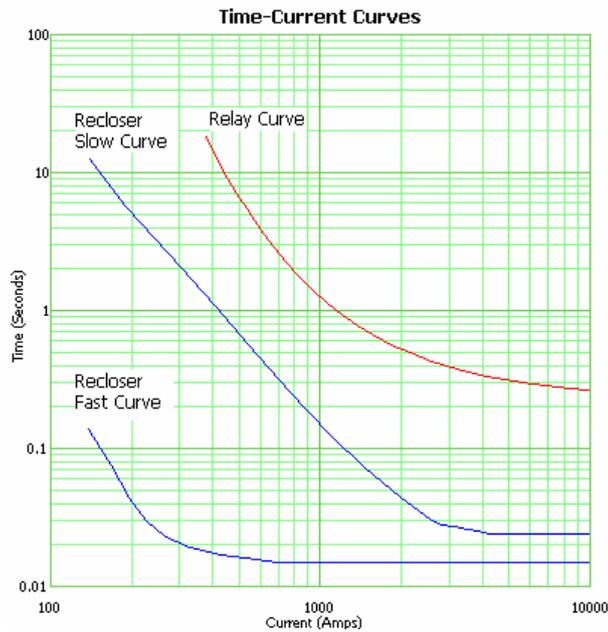
**2.4.6 การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กระแสเกินกับรีโคลสเซอร์**

ในการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กระแสเกินกับรีโคลสเซอร์ สิ่งหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือค่าเวลารีเซตของรีเลย์ และค่าช่วงเวลาปิดกลับของรีโคลสเซอร์ จากรูป 2.10 เมื่อเกิดลัดวงจรที่จุด F ก่อนที่รีโคลสเซอร์จะเปิดวงจรด้วยการทำงานแบบเร็ว ในขณะนั้นงานเหนี่ยวนำของรีเลย์ได้หมุนได้ระยะหนึ่ง และเมื่อรีโคลสเซอร์เปิดวงจร งานเหนี่ยวนำของรีเลย์จะหมุนกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งขณะนั้นรีโคลสเซอร์จะหน่วงเวลาเท่ากับค่า ช่วงเวลาปิดกลับ ซึ่งถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าเวลารีเซตของรีเลย์แล้ว เมื่อรีโคลสเซอร์ปิดกลับอีกครั้ง รีเลย์จะทำงานก่อนที่รีโคลสเซอร์จะปิดค้ำ ซึ่งผิดวัตถุประสงค์ของการจัดการความสัมพันธ์

ในการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีโคลสเซอร์กับรีเลย์นั้น จะใช้กราฟการทำงานแบบช้า ของรีโคลสเซอร์ ในการจัดการความสัมพันธ์กับรีเลย์ ดังรูป 2.10



ก) โค้ดอะแกรมเส้นเดียว



ข) กราฟ เวลา - กระแส

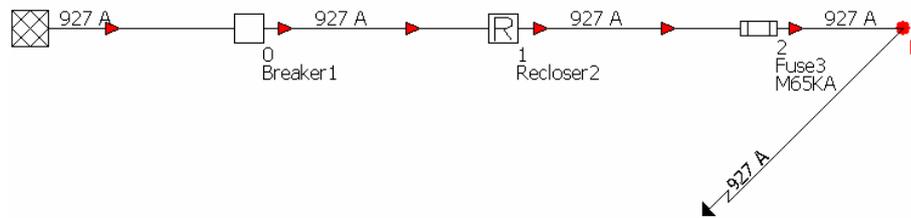
รูป 2.10 กราฟการจัดการความสัมพันธ์ระหว่าง รีเลย์กระแสเกิน กับ รีโคลสเซอร์

**2.5 ผลกระทบจากการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเข้ากับระบบจำหน่ายแบบเรเดียล**  
 ในการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก (Distributed Generation: DG) เข้ากับระบบจำหน่าย ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบจำหน่ายดังนี้ [2-3]

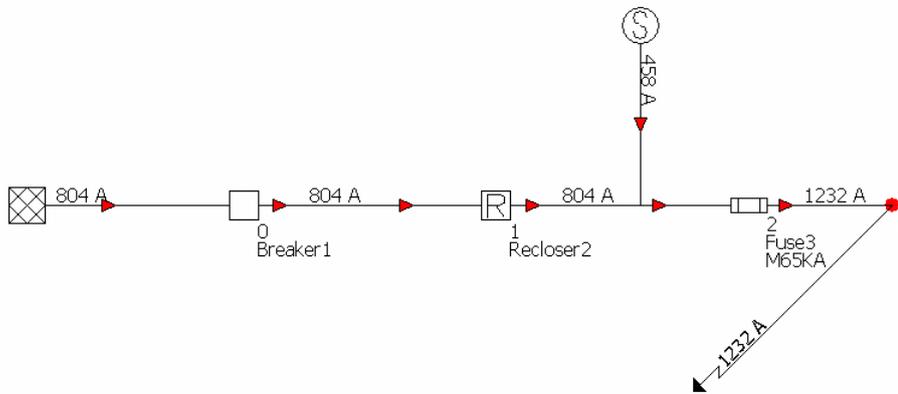
- 1) ทำให้ค่ากระแสลัดวงจรในสายที่มีการเชื่อมต่อกับ DG เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ ต้องเพิ่มขนาดของฟิวส์ตัดกระแสลัดวงจรของอุปกรณ์ป้องกัน
- 2) ในกรณีสายป้อนที่มี DG เชื่อมต่ออยู่ มีโวลตจน้อยกว่ากำลังการผลิตของ DG จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดความสูญเสียในสายไฟฟ้า (Loss)
- 3) มีผลต่อการจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่าย ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าด้วย

จากผลกระทบข้างต้นนี้เอง ทำให้การจัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายมีความยุ่งยากซับซ้อนมากยิ่งขึ้น จากเดิมที่เป็นระบบเรเดียล (Radial) ธรรมดา ที่มีการไหลของกระแสทิศทางเดียว ก็จะต้องพิจารณาถึงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าด้วย

จากรูป 2.11 เป็นตัวอย่างผลกระทบที่เกิดขึ้นในกรณีที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้าไปในระบบ ซึ่งรูปดังกล่าว แสดงค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลในสาย ขณะเกิดลัดวงจรที่จุด F โดยรูป ก) เป็นกรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ ส่วนรูป ข) เป็นกรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ



ก) กรณีไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ



ข) กรณีมี DG เชื่อมต่อกับระบบ

รูป 2.11 ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านแต่ละอุปกรณ์ป้องกันขณะเกิดลัดวงจรที่จุด F

จากรูป 2.11 จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน Recloser2 กับ Fuse3 นั้นมีค่าเท่ากันคือ 927 A ส่วนในกรณีมี DG เชื่อมต่อกับระบบ ค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน Recloser2 กับ Fuse3 จะมีค่าไม่เท่ากัน โดยค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน Fuse3 จะมีค่ามากกว่า ซึ่งกระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน Fuse3 ส่วนที่เพิ่มเข้ามานี้เป็นกระแสลัดวงจรที่จ่ายมาจาก DG นั่นเอง ส่วนกระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน Recloser2 เป็นกระแสลัดวงจรที่จ่ายมาจากสถานีไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

ดังนั้นการจัดความสัมพันธ์ระหว่าง Recloser2 กับ Fuse3 ในกรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบจำเป็นต้องพิจารณาทั้ง 2 กรณี โดยยังคงหลักการตามข้อ 2.4 ไว้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) กรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ (พิจารณารูป 2.12 ก) ประกอบ)

เมื่อเกิดลัดวงจรที่ตำแหน่ง F ทำให้มีกระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน Recloser2 กับ Fuse3 มีค่าเท่ากันคือ 927 A

ในกรณีที่เป็นการลัดวงจรแบบชั่วคราว พบว่า รีโกลสเซอร์ทำงานแบบเร็วที่เวลา 0.01627 วินาที ส่วนฟิวส์เริ่มหลอมละลายที่เวลา 0.11116 วินาที ซึ่งมีส่วนต่างของเวลาเท่ากับ 0.09489 วินาที

ในกรณีที่เป็นการลัดวงจรแบบถาวร พบว่า ฟิวส์ขาดที่เวลา 0.17362 วินาที ส่วน รีโกลสเซอร์ทำงานแบบช้าที่เวลา 0.72032 วินาที ซึ่งมีส่วนต่างของเวลา 0.54958 วินาที

2) กรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ (พิจารณารูป 2.12 ข) ประกอบ)

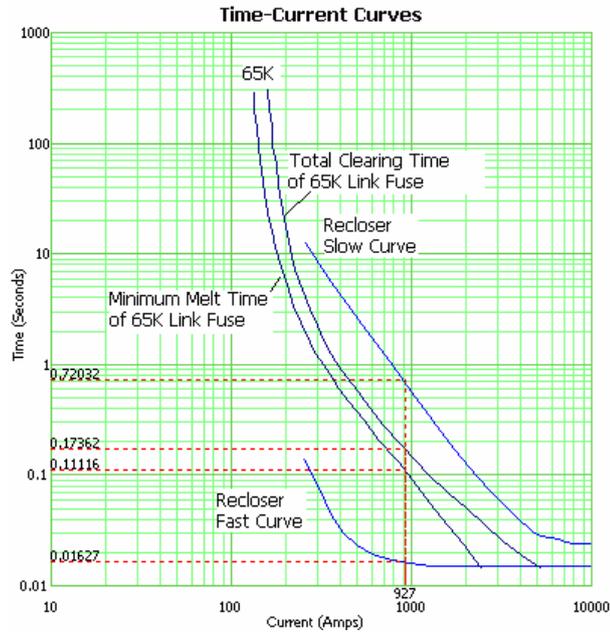
เมื่อเกิดลัดวงจรที่ตำแหน่ง F ทำให้มีกระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน Recloser2 เท่ากับ 824 A และไหลผ่าน Fuse3 เท่ากับ 1232 A

ในกรณีที่เป็นการลัดวงจรแบบชั่วคราว พบว่า รีโกลสเซอร์ทำงานแบบเร็วที่เวลา 0.01689 วินาที ส่วนฟิวส์เริ่มหลอมละลายที่เวลา 0.06007 วินาที ซึ่งมีส่วนต่างของเวลาเท่ากับ 0.04318 วินาที

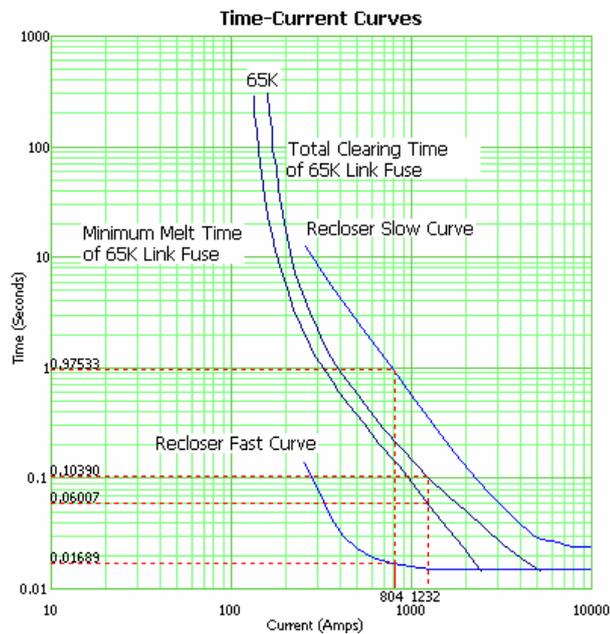
ในกรณีที่เป็นการลัดวงจรแบบถาวร พบว่า ฟิวส์ขาดที่เวลา 0.10390 A ส่วนรีโกลสเซอร์ทำงานแบบช้าที่เวลา 0.97533 วินาที ซึ่งมีส่วนต่างของเวลาเท่ากับ 0.87143 วินาที

จากการเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 2 กรณีข้างต้น พบว่าในกรณีที่เกิดลัดวงจรแบบชั่วคราว ส่วนต่างของเวลาในกรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ จะมีค่าน้อยกว่า ส่วนต่างของเวลาในกรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ ซึ่งในกรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ อาจส่งผลให้ Fuse saving scheme ไม่ประสบผลสำเร็จได้ ส่วนในกรณีที่เกิดลัดวงจรแบบถาวร ส่วนต่างของเวลาในกรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ มีค่ามากกว่า ส่วนต่างของเวลาในกรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ ซึ่งส่งผลให้

ในกรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ รีโคลสเซอร์ ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันสำรอง จะทำงานช้ากว่ากรณี  
ที่ไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ เมื่อเปรียบเทียบในเชิงส่วนต่างของเวลาหลังจากฟิวส์ขาด



ก) กรณีไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ



ข) กรณีมี DG เชื่อมต่อกับระบบ

รูป 2.12 การจัดความสัมพันธ์ระหว่าง Recloser2 กับ Fuse3  
ในกรณีที่มี DG และไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ

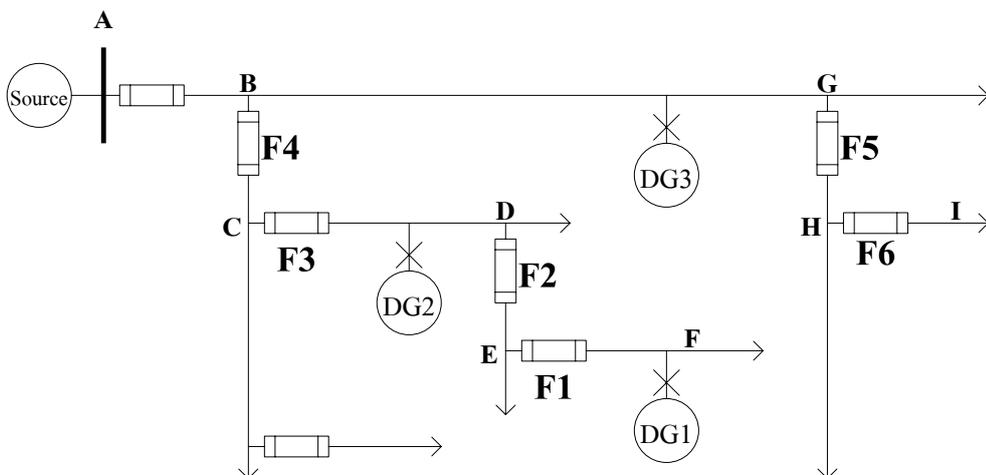
## 2.6 การจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกัน ในระบบจำหน่ายแบบเรเดียลที่มีการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

ในการจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายแบบเรเดียลที่มีการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ยังคงยึดหลักการตามข้อ 2.4 แต่จำเป็นต้องพิจารณาเพิ่มเติมในหลายกรณี เนื่องจาก ระบบจำหน่ายแบบเรเดียลเดิมเป็นระบบที่รับไฟจากแหล่งจ่ายไฟเดียว แต่เมื่อมี DG เชื่อมต่อเข้ากับระบบ ส่งผลให้บางส่วนของระบบจำหน่าย ไม่ได้เป็นเรเดียลอีกต่อไป ทำให้วิธีการจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกัน ไม่สามารถยึดตามแนวทางเดิมได้ โดยผลกระทบของ DG ที่มีต่อการจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกัน จะมีมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับ ขนาด และ ตำแหน่งของ DG เป็นสำคัญ [15]

### 2.6.1 การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างฟิวส์กับฟิวส์ กรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ

ในการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างฟิวส์กับฟิวส์ ในกรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบนั้น สิ่งที่ต้องพิจารณาก็คือ ตำแหน่งของ DG เนื่องจาก ตำแหน่งของ DG นั้นมีผลต่อเส้นทางไหลของกระแส ซึ่งบางครั้งอาจมีทิศทางไหลย้อนกลับ นั้นหมายความว่าฟิวส์บางตัวอาจมองเห็นกระแสลัดวงจรทั้งแบบไหลในทิศทางจากแหล่งจ่ายไฟไปยังโหลดหรือที่เรียกว่าดาวน์สตรีม (downstream) และไหลในทิศทางจากโหลดไปยังแหล่งจ่ายไฟหรือที่เรียกว่า อัปสตรีม (upstream)

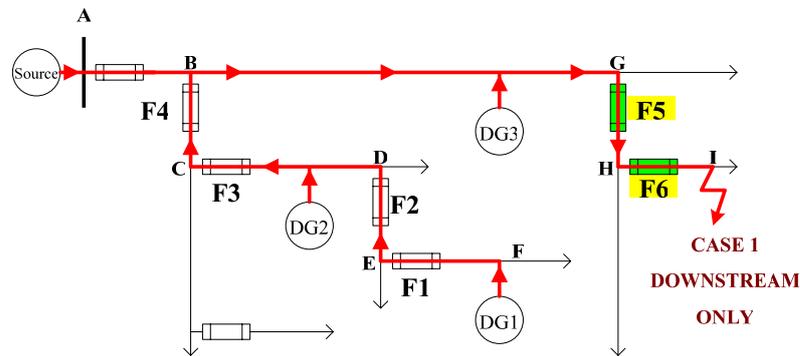
จากรูป 2.13 เป็นตัวอย่างของระบบจำหน่ายที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ โดยในกรณีที่ยังไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ คู่ของฟิวส์ F1-F2, F2-F3, F3-F4 และ F5-F6 จะทำงานสัมพันธ์กันตามหลักการในข้อ 2.4.1



รูป 2.13 ตัวอย่างของระบบจำหน่ายที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ กรณีที่มีฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกัน

เมื่อมีการเชื่อมต่อ DG1, DG2 และ DG3 เข้าไปในระบบ จะส่งผลทำให้ระบบเปลี่ยนไปซึ่งแบ่งออกเป็นกรณีต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

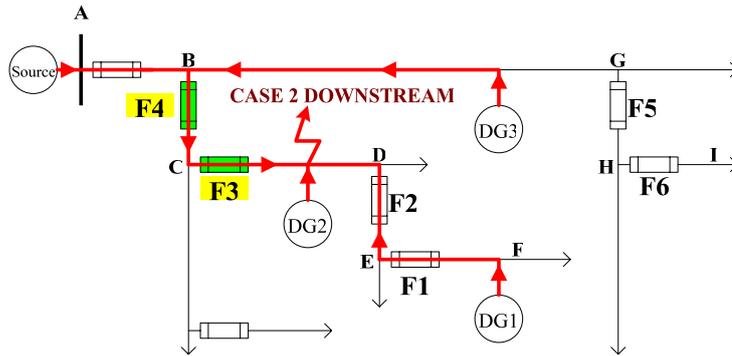
- 1) จะทำให้ค่ากระแสลัดวงจรต่ำสุด และสูงสุด ในสาย HI เพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะมีการเชื่อมต่อ DG1, DG2 หรือ DG3 ก็ตาม (สมมุติว่า DG มีส่วนในการจ่ายค่ากระแสลัดวงจรแบบหนึ่งเฟสลงดินด้วย) ส่งผลให้มีกระแสลัดวงจรไหลผ่าน DG เพิ่มขึ้นกว่ากรณีที่ไม่มี DG แต่จะไม่มีกระแสลัดวงจรแบบออสตรีมไหลผ่านฟิวส์คู่นี้ ดังรูป 2.14



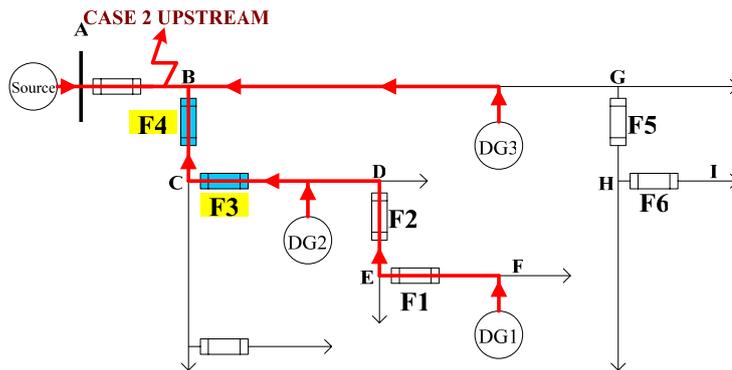
รูป 2.14 ผลกระทบที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ กรณีที่ 1

ในกรณีที่ 1) การจัดการความสัมพันธ์ของฟิวส์จะไม่ค่อยไม่มีผลกระทบเท่าใดนัก ถ้าฟิวส์สามารถทำงานได้สัมพันธ์กัน ณ กระแสลัดวงจรที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ฟิวส์ยังคงเห็นกระแสลัดวงจรเป็นแบบคาว์สตรึมอยู่นั่นเอง จะเปลี่ยนแปลงก็เพียงช่วงของการทำงานที่สัมพันธ์กันของกราฟการทำงานของ F5-F6 เท่านั้น เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของค่ากระแสลัดวงจรต่ำสุด และสูงสุด ยกเว้นในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่ากระแสลัดวงจรมากจนเกินขนาดของฟิวส์ทำให้ไม่สามารถทำงานได้สัมพันธ์กัน

2) เมื่อเกิดลัดวงจรในสาย CD คู่ของฟิวส์ F3 และ F4 จะมองเห็นกระแสลัดวงจรแบบคาว์นสตรีม แต่ถ้าเกิดลัดวงจรในสาย AB ฟิวส์ทั้งคู่จะมองเห็นกระแสลัดวงจรแบบอัสตรีม ขนาดของกระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์ทั้งคู่ เมื่อเกิดลัดวงจรในสาย AB หรือ สาย CD จะมีขนาดเดียวกัน สำหรับคู่ของฟิวส์ F1-F2 ก็จะเป็นเช่นเดียวกันกับกรณีข้างต้น



ก) กรณี กระแสลัดวงจรเป็นแบบคาว์นสตรีม

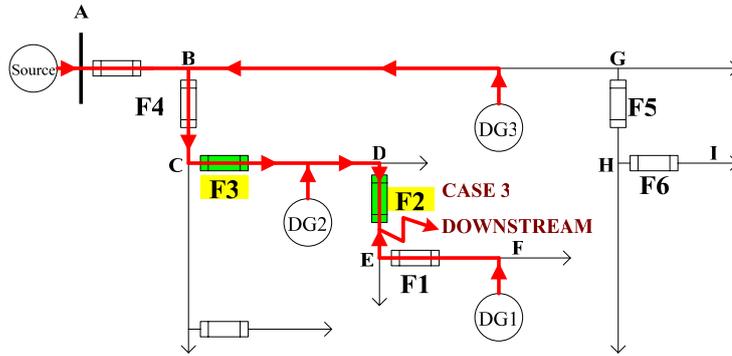


ข) กรณี กระแสลัดวงจรเป็นแบบอัสตรีม

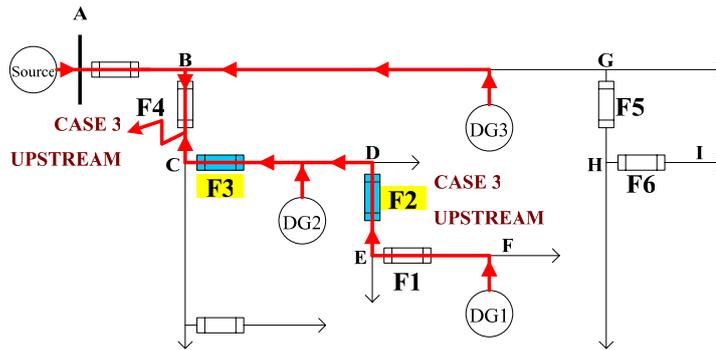
รูป 2.15 ผลกระทบที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ กรณีที่ 2

ในกรณีที่ 2) นี้ค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้นจะต้องทำความเข้าใจหลักการสำคัญในการจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันเสียก่อน นั่นก็คือ จะต้องกำจัดเฉพาะส่วนที่เกิดลัดวงจรออกจากระบบเท่านั้น ดังนั้นเมื่อเกิดลัดวงจรในสาย CD ฟิวส์ F3 จะต้องทำงานก่อน ฟิวส์ F4 แต่เมื่อเกิดลัดวงจรในสาย AB ฟิวส์ F4 จะต้องทำงานก่อนฟิวส์ F3 แต่เนื่องจากกระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์ทั้งคู่ เป็นกระแสลัดวงจรเดียวกัน ไม่ว่าจะ เป็นแบบอัสตรีมหรือคาว์นสตรีม จึงทำให้การจัดการความสัมพันธ์ให้ได้ทั้ง 2 แบบเป็นไปได้ ซึ่งคู่ของฟิวส์ F1-F2 ก็เป็นแบบเดียวกันสำหรับการลัดวงจรในสาย EF และ สาย CD

3) เมื่อเกิดลัดวงจรในสาย DE นั้น จะมีค่ากระแสลัดวงจรไหลผ่านฟิวส์ F2 มากกว่า ฟิวส์ F3 และในกรณีที่เกิดลัดวงจรในสาย BC จะมีค่ากระแสลัดวงจรไหลผ่านฟิวส์ F3 มากกว่า ฟิวส์ F2 โดยในกรณีแรกกระแสลัดวงจรจะเป็นแบบคาวน์สตรีม ส่วนกรณีหลังกระแสลัดวงจรจะเป็นแบบอ็อปสตรีม



ก) กรณี กระแสลัดวงจรเป็นแบบคาวน์สตรีม



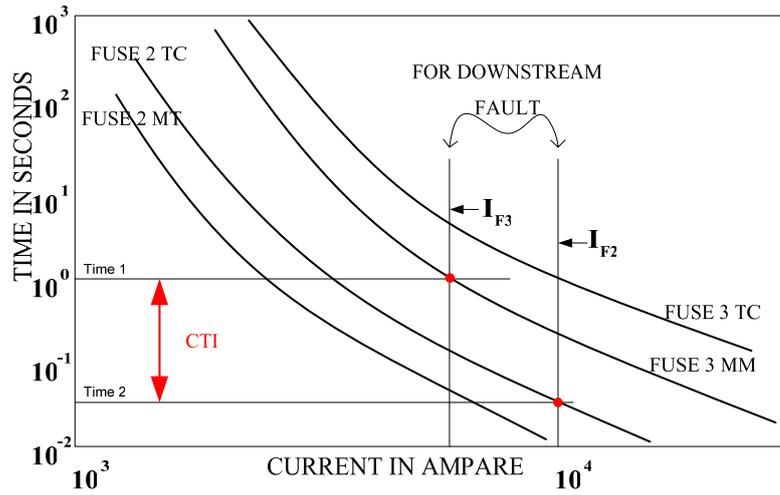
ข) กรณี กระแสลัดวงจรเป็นแบบอ็อปสตรีม

รูป 2.16 ผลกระทบที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ กรณีที่ 3

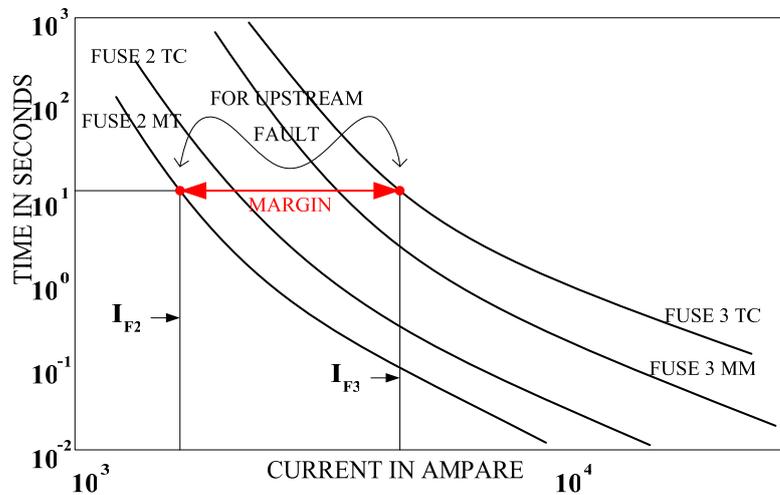
ในกรณีที่ 3) (ให้พิจารณา รูป 2.16 และ 2.17 ประกอบ) ในกรณีที่เป็นการกระแสลัดวงจรแบบคาวน์สตรีม กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์ F2 จะมีค่ามากกว่าฟิวส์ F3 แต่อย่างไรก็ตามการวัดความสัมพันธ์ระหว่างฟิวส์ทั้งสองยังคงยึดหลักการเดิมคือ ฟิวส์ F2 ต้องขาดก่อนที่ฟิวส์ F3 จะเริ่มหลอมละลาย ดังนั้นเมื่อต้องการหาช่วงเวลาการวัดความสัมพันธ์ (Coordination Time Interval: CTI) ของฟิวส์ทั้งสอง ก็จะใช้ค่า Time 1 และ Time 2 ตามรูป 2.17 ก) มาใช้ในการคำนวณเพื่อวัดความสัมพันธ์

ในกรณีที่เป็นการกระแสลัดวงจรแบบอ็อปสตรีม กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านฟิวส์ F3 จะมีค่ามากกว่าฟิวส์ F2 ซึ่งความแตกต่างระหว่าง  $I_{F2}$  และ  $I_{F3}$  จะเป็นปฏิภาค (Proportional) กับขนาดและชนิดของ DG ซึ่งกรณีนี้สามารถเห็นได้จากรูป 2.17 ข) ซึ่งหากค่าความแตกต่างระหว่าง  $I_{F2}$  และ  $I_{F3}$  นี้มีค่ามากพอ ดังรูป 2.18 ก) ก็จะทำให้ฟิวส์ F3 และ

ฟิวส์ F2 ทำงานได้สัมพันธ์กัน แต่ถ้าค่าความแตกต่างดังกล่าว มีค่าน้อย ดังรูป 2.18 ข)  
 ฟิวส์ F2 อาจหลอมละลายก่อนที่ฟิวส์ F3 จะทำงานเสร็จสมบูรณ์ ทำให้การ  
 จัดความสัมพันธ์ผิดพลาด ดังนั้นค่ากระแสลัดวงจรที่จ่ายออกมาจาก DG จึงมีผลต่อการ  
 จัดความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกัน

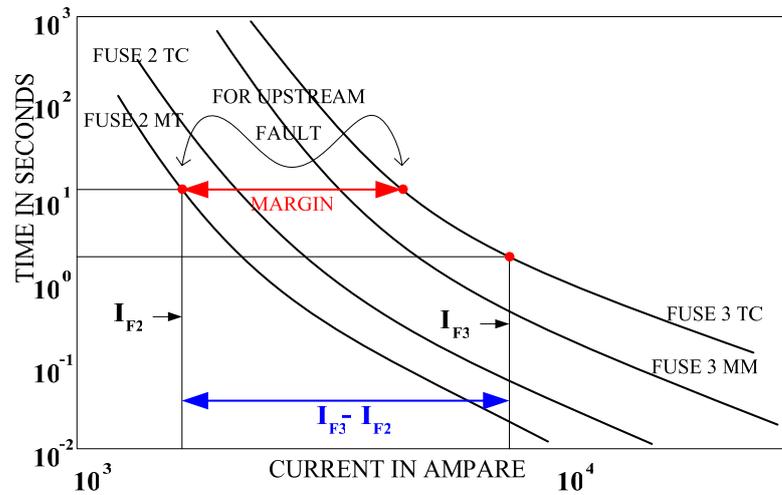


ก) กรณี กระแสลัดวงจรเป็นแบบคาวาน์สตรีม

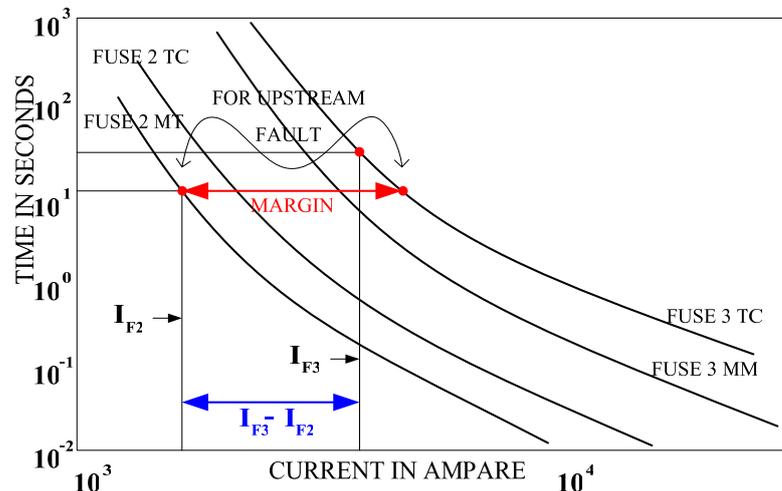


ข) กรณี กระแสลัดวงจรเป็นแบบอัฟสตรีม

รูป 2.17 ช่วงของการจัดความสัมพันธ์ (Coordination margin) ของคู่ฟิวส์ ในกรณีที่ 3



ก) กรณีที่ ค่าความแตกต่างระหว่าง  $I_{F2}$  และ  $I_{F3}$  มีค่ามากกว่าค่า MARGIN



ข) กรณีที่ ค่าความแตกต่างระหว่าง  $I_{F2}$  และ  $I_{F3}$  มีค่าน้อยกว่าค่า MARGIN

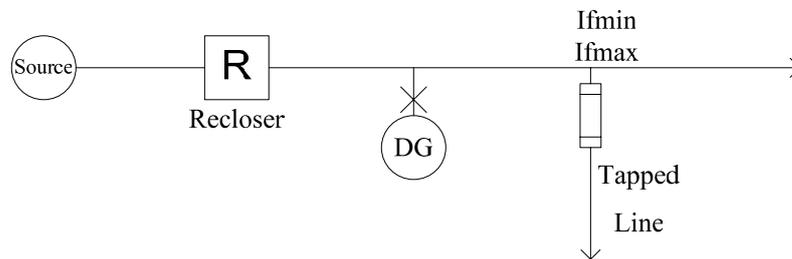
รูป 2.18 ช่วงของการจัดความสัมพันธ์ (Coordination margin)

ในกรณีกระแสลัดวงจรแบบอัสตริม ของคู่ฟิวส์ ในกรณีที่ 3) ในแต่ละกรณี

แต่อย่างไรก็ตาม ในการตรวจสอบว่าฟิวส์ F3 และ ฟิวส์ F2 ทำงานสัมพันธ์กันหรือไม่ก็ยังคงใช้หลักการในข้อ 2.4.1 เหมือนเดิม คือ ฟิวส์ ในตำแหน่งป้องกันหลัก (F3) จะต้องทำงานก่อนฟิวส์ในตำแหน่งป้องกันสำรอง (F2) จะเริ่มหลอมละลาย ส่วนค่า MARGIN ในรูป 2.17 ข) นั้น เป็นเพียงค่าที่ใช้ในการพิจารณาเลือกขนาดและชนิดของ DG เท่านั้น ซึ่งหากเลือกขนาดและชนิดที่เหมาะสมแล้วก็จะทำให้การทำงานของฟิวส์ดังกล่าวสามารถทำงานได้สัมพันธ์กันนั่นเอง

## 2.6.2 การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีโกลสเซอร์กับฟิวส์ กรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ

จากรูป 2.19 เป็นระบบจำหน่ายที่มีสายแยกและมีฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกันที่ต้นทางของสายแยก โดยในกรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ รีโกลสเซอร์ในสายเมนจะทำงานได้สัมพันธ์กันกับฟิวส์ในทุกค่ากระแสลัดวงจรในสายแยก ซึ่งค่ากระแสลัดวงจรที่ไหลผ่าน รีโกลสเซอร์และฟิวส์เมื่อเกิดลัดวงจรที่สายแยก จะเป็นกระแสลัดวงจรเดียวกัน โดยการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีโกลสเซอร์และฟิวส์จะเป็นดังรูป 2.12 ก) ซึ่งเป็นไปตามหลักการตามหัวข้อ 2.4.4



รูป 2.19 ตัวอย่างของระบบจำหน่ายที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ กรณีที่มีรีโกลสเซอร์และฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกัน

เมื่อมีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบที่สายเมนดังรูป 2.19 จะส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

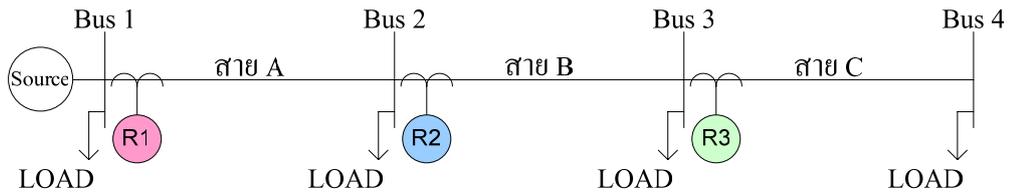
- 1) ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดและต่ำสุดที่เกิดขึ้นในสายแยก จะเปลี่ยนไป
- 2) เมื่อเกิดลัดวงจรในสายแยกไม่ว่าจะเป็นการลัดวงจรแบบใดก็ตาม จะมีกระแสลัดวงจรไหลผ่านฟิวส์มากกว่ารีโกลสเซอร์

จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีลักษณะคล้ายคลึงกับกรณีการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างฟิวส์กับฟิวส์ตามรูป 2.16 ก)

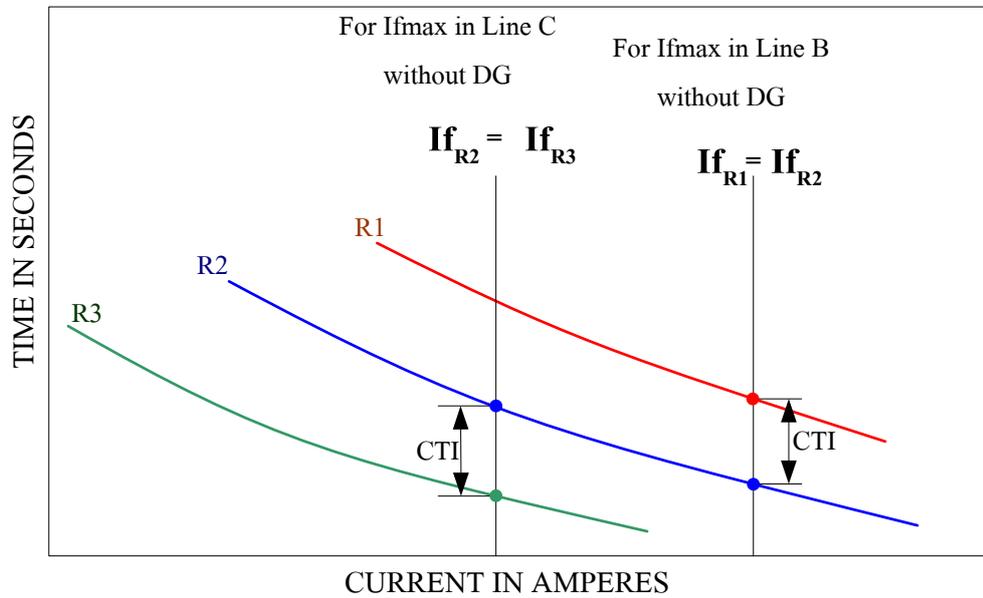
อย่างไรก็ตามการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีโกลสเซอร์กับฟิวส์ที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ ยังคงยึดหลักการตามหัวข้อ 2.4.4 แต่ทั้งนี้จะต้องพิจารณาถึงการทำงานของรีโกลสเซอร์ด้วย เนื่องจากในกรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ รีโกลสเซอร์จะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างระบบไฟฟ้า 2 ระบบเข้าด้วยกัน ซึ่งเมื่อรีโกลสเซอร์ได้ทำการเปิดวงจร จะส่งผลให้ระบบทั้ง 2 ระบบ แยกออกจากกัน ซึ่งหากมีการทำงานไม่สอดคล้องกันแล้ว อาจส่งผลทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับ DG ได้ [15] ดังนั้นในการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีโกลสเซอร์กับฟิวส์ในกรณีที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบในลักษณะนี้ ไม่ควรให้รีโกลสเซอร์ทำงานแบบเร็ว เนื่องจากมีความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายกับ DG ได้

**2.6.3 การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กับรีเลย์ กรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ**

ในการจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กับรีเลย์กรณีที่ไม่มี DG เชื่อมต่อกับระบบ ค่ากระแสตัดวงจรที่ไหลผ่านรีเลย์ป้องกันหลัก กับรีเลย์ป้องกันสำรองจะเป็นค่าเดียวกัน ทำให้การจัดการความสัมพันธ์ค่อนข้างง่าย และเป็นไปตามรูป 2.20

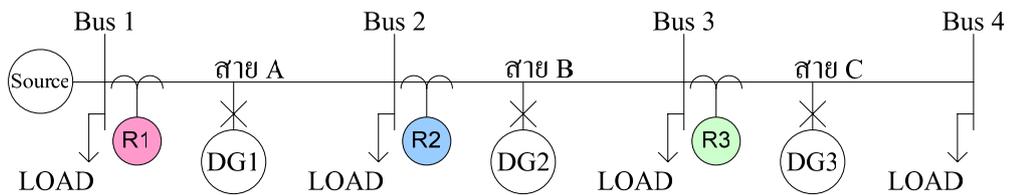


ก) ระบบจำหน่ายที่มีรีเลย์เป็นอุปกรณ์ป้องกัน



ข) การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์ R2-R3 และ R1-R2

รูป 2.20 การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กับรีเลย์ ในระบบจำหน่ายที่ไม่มีการเชื่อมต่อ DG



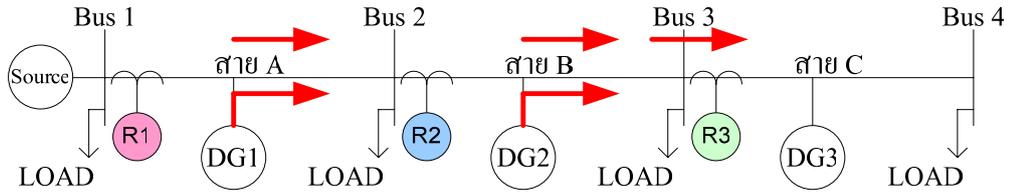
รูป 2.21 ตัวอย่างของระบบจำหน่ายที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ กรณีที่มีรีเลย์เป็นอุปกรณ์ป้องกัน

จากรูป 2.21 เป็นระบบจำหน่ายที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ โดยการพิจารณาสามารถแยกออกเป็นกรณีต่างๆดังต่อไปนี้

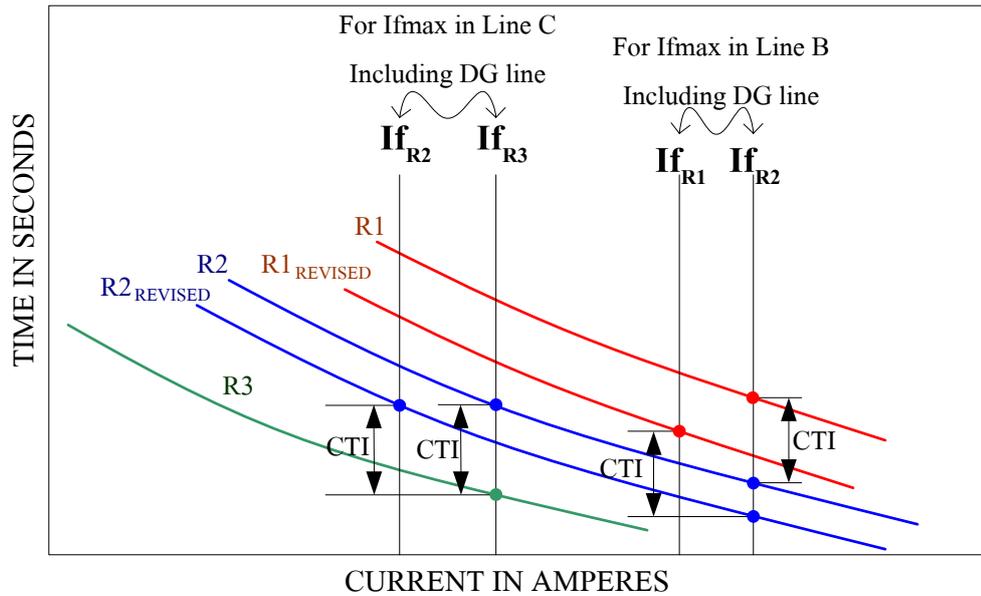
- 1) ในกรณีที่ DG1 และ DG2 เชื่อมต่อกับระบบ จะทำให้ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดและต่ำสุดสำหรับกระแสลัดวงจรในสาย C เปลี่ยนไปแต่รีเลย์ R3 ยังคงตรวจจับได้เฉพาะกระแสลัดวงจรแบบคาว์นสตรีมเท่านั้น การวัดความสัมพันธ์ระหว่าง R3 และ R2 จึงต้องพิจารณาที่กระแสลัดวงจรที่ต่างกัน ซึ่งสามารถวัดความสัมพันธ์ได้หากรีเลย์สามารถตั้งค่าการทำงานที่กระแสลัดวงจรสูงๆได้
- 2) ในกรณีที่ DG3 เชื่อมต่อกับระบบ รีเลย์ R2 และ R3 จะตรวจจับกระแสลัดวงจรแบบคาว์นสตรีมได้เมื่อมีการลัดวงจรที่สาย C และจะตรวจจับกระแสลัดวงจรแบบอัสตรีมได้เมื่อมีการลัดวงจรที่สาย A ทั้งนี้ไม่ว่ากระแสลัดวงจรจะเป็นแบบคาว์นสตรีม หรือ อัสตรีม ก็ตาม กระแสลัดวงจรที่ไหลผ่านรีเลย์ทั้ง 2 ตัวจะเป็นกระแสลัดวงจรเดียวกัน ทำให้เกิดการขัดแย้งกันขึ้น เนื่องจากเมื่อเกิดลัดวงจรในสาย C เราต้องการให้ รีเลย์ R3 ทำงานก่อนรีเลย์ R2 แต่เมื่อเกิดลัดวงจรในสาย A เราต้องการให้ รีเลย์ R2 ทำงานก่อน รีเลย์ R3 จึงทำให้การวัดความสัมพันธ์ให้ได้ทั้ง 2 แบบเป็นไปได้
- 3) ในกรณีที่ DG1, DG2 และ DG3 เชื่อมต่อเข้ากับระบบ เมื่อเกิดลัดวงจรที่สาย C กระแสลัดวงจรที่รีเลย์ R3 ตรวจจับได้ จะเป็นกระแสลัดวงจรมากที่สุด รองลงมาคือ รีเลย์ R2 และ รีเลย์ R1 ตามลำดับ และในกรณีที่เกิดลัดวงจรที่สาย A รีเลย์ R2 จะตรวจจับได้กระแสลัดวงจรที่มากกว่ารีเลย์ R3 ซึ่งการวัดความสัมพันธ์ของรีเลย์ทั้งคู่นี้เป็นดังรูป 2.22

จากรูป 2.22 ก) แสดงสถานะตามที่ได้อธิบายไว้ในกรณีที่ 3) ข้างต้น ซึ่งเมื่อเกิดลัดวงจรที่สาย C กระแสลัดวงจรจะมีทิศทางไหลตามลูกศร ทั้งนี้ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่เกิดขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร รวมทั้ง ขนาด และตำแหน่งของ DG ด้วย

ในการวัดความสัมพันธ์ระหว่าง รีเลย์ R2 กับ รีเลย์ R3 และ รีเลย์ R1 กับ รีเลย์ R2 ที่กระแสลัดวงจรสูงสุดเมื่อมีการลัดวงจรในสาย C ในกรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบนั้น เป็นดังรูป 2.22 ข)



ก) ทิศทางการไหลของกระแสลัดวงจรเมื่อมีการลัดวงจรเกิดขึ้นในสาย C



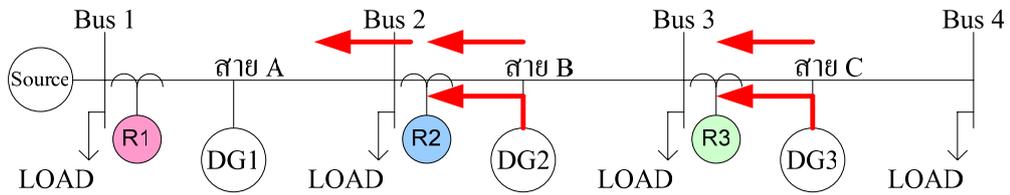
ข) การจัดความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์ R2-R3 และ R1-R2

รูป 2.22 การจัดความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กับรีเลย์ กรณีกระแสลัดวงจรเป็นแบบคาน์สตริ่ม ในระบบจำหน่ายที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ

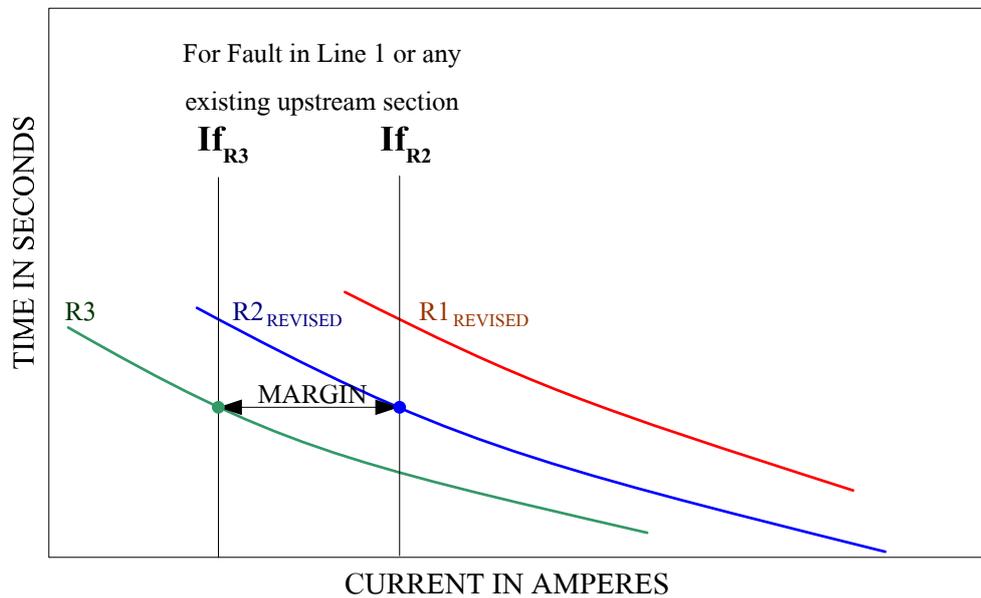
เนื่องจาก การเชื่อมต่อ DG เข้าไปในระบบ มีผลทำให้เมื่อเกิดลัดวงจรในสาย C กระแสลัดวงจรที่รีเลย์ R2 และ รีเลย์ R3 ตรวจจับได้จะมีค่าต่างกัน โดย  $I_{f_{R2}}$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่า  $I_{f_{R3}}$  ทำให้เวลาในการทำงานของรีเลย์ R3 เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ ส่งผลให้ค่า CTI มีมากขึ้น ดังนั้นเราสามารถปรับค่าการทำงานของรีเลย์ R2 ลงมาได้โดยรีเลย์ทั้งคู่ยังคงทำงานสัมพันธ์กัน ดังรูป 2.22 ข) ส่วนรีเลย์ R1 – R2 ก็เป็นเช่นเดียวกัน

จากรูป 2.23 ก) แสดงสถานะตามที่ได้อธิบายไว้ในกรณีที่ 3) ข้างต้น ซึ่งเมื่อเกิดลัดวงจรที่สาย A กระแสลัดวงจรจะมีทิศทางไหลตามลูกศร ทั้งนี้ค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่เกิดขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่เกิดลัดวงจร รวมทั้งขนาด และตำแหน่งของ DG ด้วย

ในการจัดความสัมพันธ์ระหว่าง รีเลย์ R2 กับ รีเลย์ R3 และ รีเลย์ R1 กับ รีเลย์ R2 ที่กระแสลัดวงจรสูงสุดเมื่อมีการลัดวงจรในสาย A ในกรณีที่มี DG เชื่อมต่อกับระบบนั้น เป็นดังรูป 2.23 ข)



ก) ทิศทางการไหลของกระแสลัดวงจรเมื่อมีการลัดวงจรเกิดขึ้นในสาย A



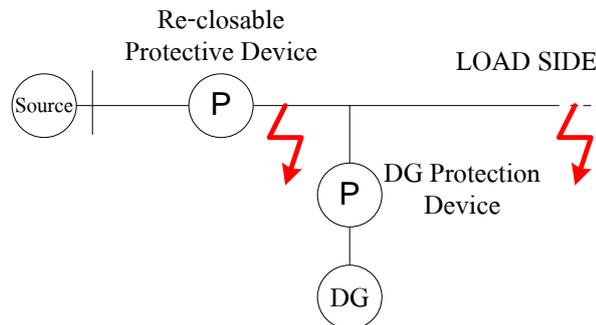
ข) การจัดความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์ R3-R2

รูป 2.23 การจัดความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์กับรีเลย์ กรณีกระแสลัดวงจรเป็นแบบอัสตริ่มในระบบจำหน่ายที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบ

ในกรณีที่มีการลัดวงจรเกิดขึ้นในสาย A ส่งผลให้มีกระแสลัดวงจรแบบอัสตริ่ม เมื่อพิจารณาที่รีเลย์ R3-R2 พบว่า กระแสลัดวงจรที่ตรวจจับโดยรีเลย์ R3 ( $I_{f_{R3}}$ ) จะมีค่ามากกว่ากระแสลัดวงจรที่ตรวจจับโดยรีเลย์ R2 ( $I_{f_{R2}}$ ) และหากค่าความแตกต่างระหว่าง  $I_{f_{R3}}$  กับ  $I_{f_{R2}}$  มีค่าน้อยกว่าค่า MARGIN ก็จะทำให้การจัดความสัมพันธ์ผิดพลาดได้ แต่ถ้ามีค่ามากกว่าค่า MARGIN การจัดความสัมพันธ์ก็จะสามารถทำได้ ดังนั้น ขนาดของกระแสลัดวงจรที่จ่ายออกมาจาก DG จึงมีผลต่อการจัดความสัมพันธ์ในกรณีนี้

#### 2.6.4 การจัดการความสัมพันธ์ระหว่างรีเลย์ของ DG กับ อุปกรณ์ป้องกันทางด้านออสตรีมที่สามารถปิดวงจรกลับ (Re-close) ได้

ในกรณีที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบจำหน่ายที่มีอุปกรณ์ป้องกันทางด้านออสตรีมที่สามารถปิดวงจรกลับได้ ดังรูป 2.24 เมื่อเกิดลัดวงจรในพื้นที่ที่อุปกรณ์ทั้งสองจะต้องทำงาน อุปกรณ์ป้องกันของ DG จะต้องทำงานให้เสร็จเรียบร้อย ก่อนที่อุปกรณ์ป้องกันทางด้านออสตรีมดังกล่าวจะปิดวงจรกลับ โดยอุปกรณ์ทางด้านออสตรีมดังกล่าวนี้อาจเป็นรีเลย์ หรือ รีโคสเซอร์ก็ได้ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากการเปิดวงจรของอุปกรณ์ป้องกันทางด้านออสตรีมขณะที่เกิดลัดวงจร จะเป็นการแยกส่วนระบบจำหน่ายออกเป็น 2 ส่วน และเมื่อมีการปิดกลับวงจรโดยอุปกรณ์ทางด้านออสตรีมจะเป็นการรวมระบบจำหน่ายทั้ง 2 ส่วน ซึ่งหาก DG ยังคงเชื่อมต่อกับระบบขณะที่ทำการปิดกลับวงจรของอุปกรณ์ทางด้านออสตรีม โดยที่ความถี่ของระบบจำหน่ายทั้ง 2 ส่วนไม่ตรงกัน จะทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับระบบได้ ยกเว้นในกรณีที่อุปกรณ์ป้องกันทางด้านออสตรีมมีเครื่องชิงโครโนสความถี่อัตโนมัติติดตั้งอยู่ด้วย

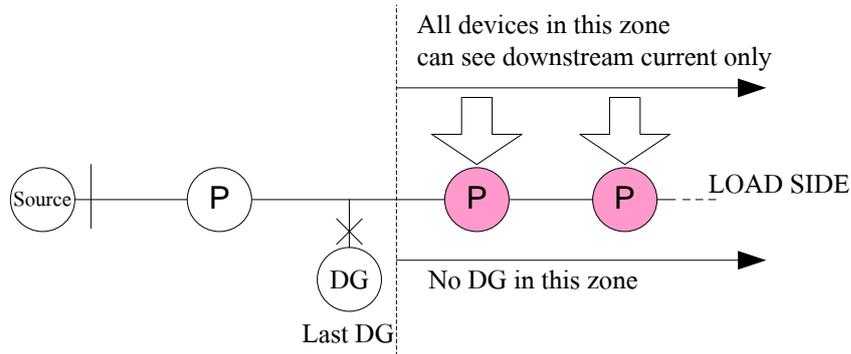


รูป 2.24 การเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบจำหน่ายที่มีอุปกรณ์ป้องกันทางด้านออสตรีมที่สามารถปิดวงจรกลับได้

#### 2.7 ข้อสังเกตสำหรับการใช้ในการพิจารณาจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายแบบเรเดียลที่มีการเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

ในการจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายแบบเรเดียลที่มีการเชื่อมต่อ DG เข้ากับระบบนั้น ไม่ว่าจะทำการจัดการความสัมพันธ์ของคู่อุปกรณ์ป้องกันชนิดใดก็ตาม มีข้อสังเกตที่น่าสนใจพอสรุปได้ดังต่อไปนี้ [15]

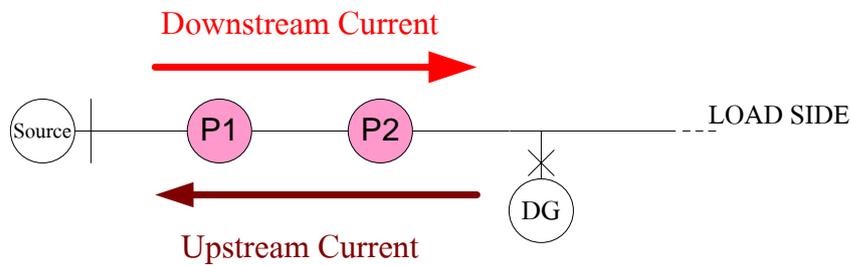
2.7.1 อุปกรณ์ป้องกันที่อยู่ทางด้านคาน์สตรัมของ DG ตัวสุดท้าย จะมีเพียงกระแสลัดวงจรแบบคาน์สตรัมไหลผ่านเท่านั้น ส่วนกระแสลัดวงจรแบบออสตรีมจะไม่มีโอกาสไหลผ่านอุปกรณ์ดังกล่าว ดังรูป 2.25



รูป 2.25 อุปกรณ์ป้องกันที่อยู่ทางด้านความถี่ของ DG ตัวสุดท้าย จะมีเพียงกระแสควกรแบบความถี่ไหลผ่านเท่านั้น

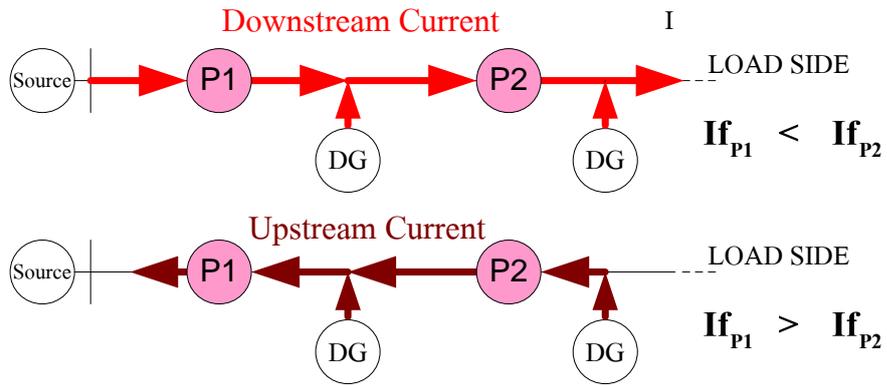
2.7.2 ในกรณีที่อุปกรณ์ป้องกันสามารถมองเห็นกระแสควกรแบบอัสตรีมได้ สามารถจำแนกออกเป็น 2 แบบที่เป็นไปได้ดังนี้

2.7.2.1 หากคู่ของอุปกรณ์ป้องกันมองเห็นกระแสควกรค่าเดียวกันทั้งกระแสควกรแบบความถี่และแบบอัสตรีมแล้ว คู่ของอุปกรณ์ป้องกันนั้น จะไม่สามารถทำงานได้สัมพันธ์กันทั้ง 2 กรณี (ทำงานสัมพันธ์กันได้เพียงกรณีเดียวเท่านั้น) ดังรูป 2.26



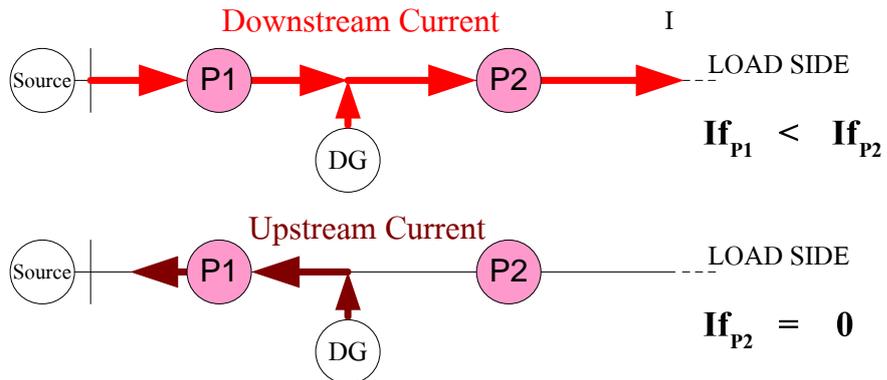
รูป 2.26 คู่ของอุปกรณ์ป้องกันมองเห็นกระแสควกรค่าเดียวกัน

2.7.2.2 หากคู่ของอุปกรณ์ป้องกันมองเห็นกระแสควกรต่างกันทั้งกระแสควกรแบบความถี่และแบบอัสตรีมแล้ว คู่ของอุปกรณ์ป้องกันนั้น มีโอกาสทำงานได้สัมพันธ์กันทั้ง 2 กรณี ดังรูป 2.27



รูป 2.27 คู่ของอุปกรณ์ป้องกันมองเห็นกระแสลัดวงจรต่างกัน

2.7.3 คู่ของอุปกรณ์ป้องกันมองเห็นกระแสลัดวงจรแบบคาน์สตรัมต่างกัน และในคู่ของอุปกรณ์ป้องกันนี้มีอุปกรณ์ป้องกันที่อยู่ทางด้านคาน์สตรัมของ DG ตัวสุดท้ายอยู่ด้วย การจัดการความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันคู่นี้ จะพิจารณาเฉพาะกระแสลัดวงจรแบบคาน์สตรัมเท่านั้น ดังรูป 2.28



รูป 2.28 คู่ของอุปกรณ์ป้องกันมองเห็นกระแสลัดวงจรทางด้านคาน์สตรัมต่างกัน