# บทที่ 2

# ระบบป้องกันไฟฟ้า

ระบบป้องกันไฟฟ้าอาจแบ่งออกได้ตามลักษณะการตัดวงจรของอุปกรณ์ป้องกันซึ่งได้ถูกจำแนกออกเป็น 3 ประเภท คือ

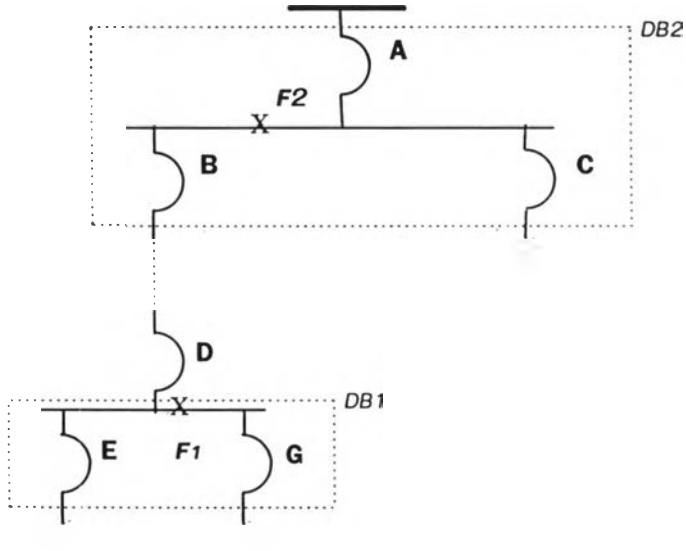
1. ระบบป้องกันที่มีการตัดวงจรแบบเต็มที่ (Fully rated protective system)
2. ระบบป้องกันที่มีการจัดลำดับการตัดวงจร (Selective protective system)
3. ระบบป้องกันที่มีการต่อแบบอนุกรมของอุปกรณ์ (Series connected protective system)

การตัดสินใจที่จะเลือกใช้ระบบใดนั้นจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความเชื่อมั่นในการตัดวงจรเมื่อเกิดความผิดพร่อง, ความซับซ้อนของระบบไฟฟ้า และค่าใช้จ่าย เป็นต้น

ระบบไฟฟ้าแต่ละประเภทจะมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันออกไปโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 2.1 ระบบป้องกันที่มีการตัดวงจรแบบเต็มที่ (Fully rated protective system)

ในระบบนี้ เซอร์กิตเบรคเกอร์ทุกตัวจะต้องมีค่าความคงทนต่อกระแสลัดวงจร (Interrupting capacity) เพียงพอสำหรับกระแสลัดวงจรสูงสุดที่มีได้ (Maximum available fault current) ณ.จุดติดตั้ง โดยพิจารณาตัวอย่างดังในรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าอย่างง่าย




รูปที่ 2.1 ตัวอย่าง ไดอะแกรมเส้นเดี่ยว (Single-line diagram) ของระบบไฟฟ้าอย่างง่าย

สมมุติว่า กระแสลัดวงจร (Fault current) ที่ตำแหน่ง F2 ใน DB2 = 30 kA.

กระแสลัดวงจร (Fault current) ที่ตำแหน่ง F1 ใน DB1 = 10 kA.

ในกรณีนี้เมื่อพิจารณาค่ากระแสลัดวงจรที่ตำแหน่ง F1 และ F2 แล้ว จะพบว่า

เซอร์กิตเบรคเกอร์ A,B,C ต้องมี Interrupting capacity ไม่ต่ำกว่า 30 kA. และ

เซอร์กิตเบรคเกอร์ D,E,F ต้องมี Interrupting Capacity ไม่ต่ำกว่า 10 kA.

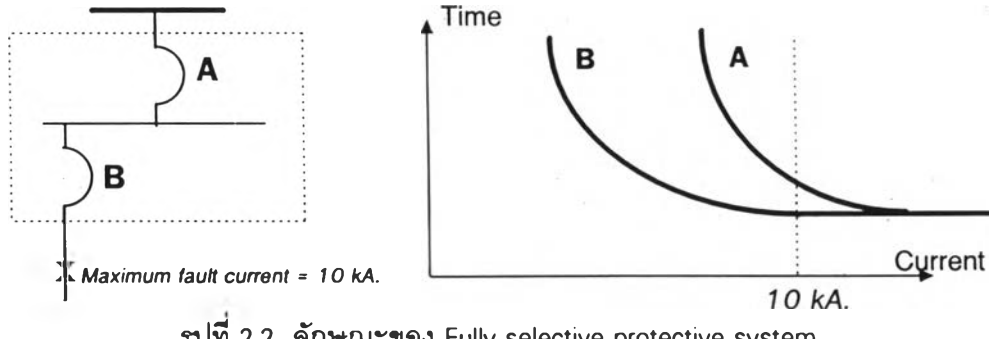
โดยที่ไม่ว่าจะเกิดความผิดพร่องที่ตำแหน่งใดก็ตาม เซอร์กิตเบรคเกอร์ตัวใดตัวหนึ่งอาจทำการตัดวงจรก่อนก็ได้

## 2.2 ระบบป้องกันที่มีการจัดลำดับการตัดวงจร (Selective protective system)

ในระบบนี้ เซอร์กิตเบรคเกอร์ทุกตัวจะต้องมี Interrupting capacity เพียงพอสำหรับกระแสลัดวงจรสูงสุดที่มีได้ (Maximum available fault current) ณ.จุดติดตั้ง เช่นเดียวกับแบบแรก แต่สำหรับระบบนี้เส้นโค้งลักษณะการตัดวงจร (Tripping characteristic curve) ของเซอร์กิตเบรคเกอร์ทุกตัวจะต้องเลือกโดยไม่ให้มีการวางซ้อนทับกัน (Overlap) ในการออกแบบ และมีการตั้งค่าให้เซอร์กิตเบรคเกอร์ที่อยู่ใกล้จุดผิดพร่องที่สุดมีการตัดวงจรออกเป็นตัวแรก นั่นคือเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่อยู่ตรงสายล่างของวงจร (Downstream circuit breaker) จะต้องตัดวงจรก่อน เซอร์กิตเบรคเกอร์ที่อยู่ตรงสายบนของวงจร (Upstream circuit breaker) นอกจากนั้นระบบป้องกันที่มีการจัดลำดับการตัดวงจรนี้ ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

### 2.2.1 ระบบป้องกันที่มีการจัดลำดับการตัดวงจรแบบเต็มที่ (Fully selective protective system)

ระบบนี้จะมีการจัดลำดับ (Selectivity) ในการตัดวงจรของอุปกรณ์ป้องกัน ถึงค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่มีได้ (Maximum available fault current) ณ.จุดติดตั้ง โดยพิจารณาจากรูปที่ 2.2

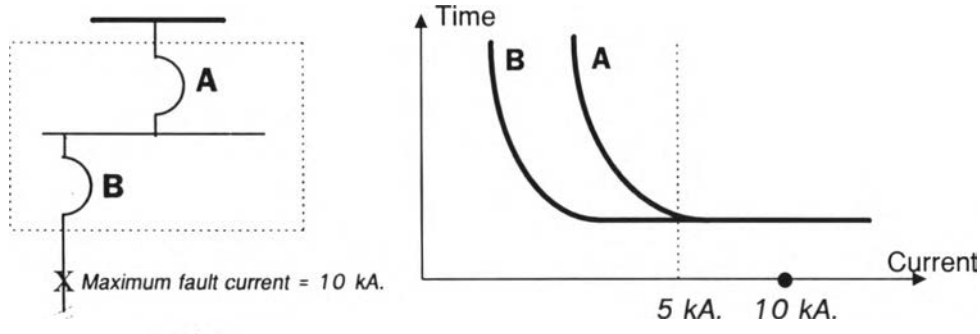



รูปที่ 2.2 ลักษณะของ Fully selective protective system

จะเห็นได้ว่า ไม่ว่าจะเกิดการลัดวงจรที่จุดใดๆ เซอร์กิตเบรคเกอร์ B จะต้องตัดวงจรก่อนเซอร์กิตเบรคเกอร์ A เสมอ

### 2.2.2 ระบบป้องกันที่มีการจัดลำดับการตัดวงจรเพียงบางส่วน (Partially selective protective system)

ระบบนี้จะมีการจัดลำดับ (Selectivity) ในการตัดวงจรของอุปกรณ์ป้องกัน ไม่ตลอดทุกค่ากระแสลัดวงจรที่มีได้ ณ.จุดติดตั้ง โดยพิจารณาจากรูปที่ 2.3



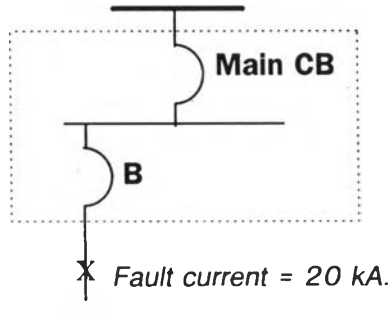

รูปที่ 2.3 ลักษณะของ Partially selective protective system

จากกราฟลักษณะสมบัติระหว่างกระแสและเวลาในรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่า ระบบนี้จะมีการจัดลำดับ (Selectivity) ถึงแค่ 5 kA. เท่านั้น ซึ่งถ้ามีกระแสลัดวงจรที่สูงกว่านี้เซอร์กิตเบรคเกอร์ A อาจตัดวงจรก่อน เซอร์กิตเบรคเกอร์ B ก็ได้

## 2.3 ระบบป้องกันที่มีการต่อแบบอนุกรมของอุปกรณ์ (Series connected protective system)

ระบบนี้อาจถูกเรียกว่า Cascade protective system ซึ่งมีลักษณะพิเศษ คือเฉพาะเซอร์กิตเบรคเกอร์หลัก (Main circuit breaker) เท่านั้นที่มี Interrupting capacity เพียงพอสำหรับค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่มีได้ (Maximum available fault current) ณ.จุดติดตั้ง ดังนั้นระบบนี้เซอร์กิตเบรคเกอร์ที่ใกล้จุดผิดพร่องอาจไม่จำเป็นที่จะต้องมี Interrupting capacity เพียงพอ แต่ต้องอาศัยเซอร์กิตเบรคเกอร์หลักช่วยในกรณีที่เกิดกระแสลัดวงจรที่มีค่าสูงๆ นั่นคือ ถ้ามีเซอร์กิตเบรคเกอร์ต่อเรียงกันมากกว่า 2 ตัว เซอร์กิตเบรคเกอร์ที่อยู่ตรงตำแหน่ง Upstream จะต้องมี Interrupting capacity ไม่ต่ำกว่าค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่จะเกิดขึ้นได้ ส่วนเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่อยู่ตรงตำแหน่ง Downstream นั้น ไม่จำเป็นที่จะต้องมี Interrupting capacity มากกว่าค่ากระแสลัดวง

จรสูงสุดที่มีได้ (Maximum available fault current) ณ.จุดติดตั้ง เหมือนกับสองกรณีแรก เพราะการป้องกันประเภทนี้ เซอร์กิตเบรคเกอร์ในตำแหน่ง Upstream จะช่วยเซอร์กิตเบรคเกอร์ตรงตำแหน่ง Downstream ในการตัดวงจร ซึ่งโดยทั่วไประบบนี้จะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้จากปกติเนื่องจากขนาด Interrupting capacity ที่เล็กลงของเซอร์กิตเบรคเกอร์ตรงตำแหน่ง Downstream




รูปที่ 2.4 ตัวอย่างของไดอะแกรมเชิงเส้นในกรณีของ Series connected protective system

จากรูปที่ 2.4 ถ้าคำนวณกระแสลัดวงจรที่ตำแหน่งผิดพร่องได้ 20 kA. เราอาจเลือกให้เซอร์กิตเบรคเกอร์หลัก มีพิกัด Interrupting capacity เป็น 100 kA. ส่วนเซอร์กิตเบรคเกอร์ B นั้นสามารถมี Interrupting capacity ได้เพียง 10 kA. ซึ่งน้อยกว่าค่ากระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้น และเมื่อเกิดการลัดวงจรขึ้น เซอร์กิตเบรคเกอร์หลักจะทำการเปิดวงจรก่อน โดยในระบบป้องกันแบบนี้เซอร์กิตเบรคเกอร์หลัก จะต้องเป็นเซอร์กิตเบรคเกอร์แบบจำกัดกระแส (Current limiting circuit breaker) ที่มีคุณลักษณะพิเศษในการตัดกระแสลัดวงจรได้ในเวลาอันรวดเร็วเพียงประมาณ 1/4 ของคาบเวลา ดังนั้นเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่อยู่ ณ.ตำแหน่ง Downstream จึงไม่มีโอกาสได้ทำงานถ้าเกิดการลัดวงจรอย่างรุนแรง ซึ่งช่วยป้องกันกระแสลัดวงจรที่เกิดขึ้นได้เช่นกัน

ในการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันในระบบแบบนี้ ทางบริษัทผู้ผลิตจะให้ตารางการทำงานร่วมกันของเซอร์กิตเบรคเกอร์หลัก กับเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่เหลือไว้ให้เรียบร้อยแล้ว ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ใน [28]

อย่างไรก็ตาม นอกจากเซอร์กิตเบรคเกอร์ที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันของระบบไฟฟ้าชนิดหนึ่งแล้ว ระบบป้องกันไฟฟ้าทั้ง 3 ประเภท ตามที่กล่าวไปแล้วนั้น ยังครอบคลุมไปถึงอุปกรณ์ป้องกันชนิดอื่นด้วย เช่น ฟิวส์ เป็นต้น