**บทเรียน เรื่อง ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า**

**จุดประสงค์การสอน**

1.2 รู้หลักการระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

1.2.1 บอกความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลัง

1.2.2 บอกลักษณะการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย

1.2.3 บอกลักษณะผังการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า

1.2.4 บอกลักษณะการจัดวงจรการจ่ายไฟฟ้า

**1.2 ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า**

ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าเริ่มจากการผลิตกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากนั้นทำการแปลงระดับแรงดันให้เป็นแรงดันสูงที่ลานไกไฟฟ้า แล้วส่งไปตามระบบสายส่ง เมื่อเข้าสู่ระบบส่งไฟฟ้าย่อย ก็จะมีการลดระดับแรงดันไฟฟ้า จากนั้นส่งไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าอีกครั้ง เพื่อกระจายไปให้ผู้ใช้งานต่อไป

**1.2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลัง**

ระบบไฟฟ้ากำลังโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย ระบบการผลิต ระบบการส่ง ระบบ การจำหน่าย และระบบการใช้กำลังไฟฟ้า โดยแต่ละระบบมีลักษณะดังนี้



**ภาพที่ 1.5** ระบบไฟฟ้ากำลัง

- ระบบการผลิต (Generating System) หมายถึง ระบบที่มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรูปอื่น ๆ มาเป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น เปลี่ยนจากพลังงานศักย์ของน้ำ หรือพลังงานความร้อนที่ได้จากการ เผาไหม้เชื้อเพลิงมาเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ระบบการผลิตโดยทั่วไปประกอบไปด้วย โรงจักรไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาที่แรงดันประมาณ 10-20 kV แล้วทำการแปลงระดับแรงดันให้เป็นแรงดันสูง ที่ลานไกไฟฟ้า (Switch Yard) เพื่อที่จะเข้าสู่ระบบส่งต่อไป

- ระบบการส่ง (Transmission System) หมายถึง ระบบการส่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากระบบการผลิตไปยังระบบการจำหน่ายเพื่อจำหน่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าต่อไป โดยจะทำการส่งในระดับแรงดันสูงเพื่อลดการสูญเสียพลังงานในสายส่งซึ่งจะทำให้การส่งกำลังไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ระบบการส่งโดยทั่วไปประกอบด้วยสายส่งไฟฟ้าแรงสูงและอุปกรณ์ที่ใช้ส่งกำลังไฟฟ้าอื่น ๆ

- ระบบการจำหน่าย (Distribution System) หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่รับพลังงานไฟฟ้า จากระบบการส่งแล้วลดระดับแรงดันลงจากแรงดันสูงให้เป็นแรงดันปานกลาง เพื่อที่จะส่งให้ระบบการใช้ไฟฟ้าต่อไประบบการจำหน่าย โดยทั่วไปประกอบด้วย สถานีจำหน่ายไฟฟ้าย่อย สายจำหน่ายแรงดันปานกลาง หม้อแปลงจำหน่าย และสายจำหน่ายแรงดันต่ำ

- ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า (Utilization System) หมายถึง ระบบไฟฟ้าที่รับกำลังไฟฟ้า จากระบบการจำหน่ายที่มีระดับแรงดันปานกลาง แล้วทำการลดระดับแรงดันลงให้เป็นแรงดันต่ำ

เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

**1.2.2 การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย**

ประเทศไทยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบ และเกี่ยวข้องกับระบบการผลิต และส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังใหญ่ ๆ รวม 3 หน่วยงาน ได้แก่

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, กฟผ.

(Electricity Generating Authority of Thailand, EGAT.)

- การไฟฟ้านครหลวง, กฟน.

(Metropolitan Electricity Authority, MEA.)

- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, กฟภ.

(Provincial Electricity Authority, PEA.)

1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีหน้าที่จัดหาแหล่งพลังงานและผลิตกำลังไฟฟ้า ให้เพียงพอต่อความต้องการของประเทศ รวมทั้งมีอำนาจในการจัดซื้อหรือขายกำลังไฟฟ้ากับประเทศเพื่อนบ้านใกล้เคียง แล้วจัดส่งกำลังไฟฟ้าต่อให้กับการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้า ส่วนภูมิภาค

ระบบการส่ง (Transmission System)

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยใช้ระบบสายส่งแรงดันสูง 4 ระดับแรงดัน คือ 500 kV 3 เฟส 3 สาย 230 kV 3 เฟส 3 สาย 115 kV 3 เฟส 3 สาย และ 69 kV 3 เฟส 3 สาย

2. การไฟฟ้านครหลวง

การไฟฟ้านครหลวงมีหน้าที่บริการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าในเขตบริการ 3 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และนนทบุรี

ระบบไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้านครหลวงอาจแบ่งได้ 3 ระบบ ดังนี้คือ

1) ระบบการส่งกำลังไฟฟ้าย่อย (Subtransmission System) การไฟฟ้านครหลวงรับกำลังไฟฟ้ามาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและทำการส่งกำลังไฟฟ้าไปยังสถานี ไฟฟ้าย่อยในระบบแรงดันสูง 230 kV 115 kV และ 69 kV

2) ระบบการจำหน่าย (Distribution System) การไฟฟ้านครหลวงมีสถานีไฟฟ้าย่อย อยู่หลายแห่งในเขตพื้นที่รับผิดชอบ โดยที่สถานีไฟฟ้าย่อยแต่ละแห่งจะมี หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) จำนวน 2-4 ชุด เพื่อที่จะแปลงไฟฟ้าระดับแรงดันสูง 115 kV หรือ 69 kV ไปเป็นระดับแรงดันปานกลาง 12 kV หรือ 24 kV ซึ่งในอนาคต กฟน. จะทำการเปลี่ยนมาใช้เป็นระบบ 24 kV ทั้งหมด ดังนั้น ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าในบริเวณที่ยังคงใช้ระบบ 12 kV จึงควรเลือกใช้หม้อแปลงชนิด Dual Voltage 12/24 kV เนื่องจากสามารถที่จะทำการเปลี่ยนระบบแรงดันจาก 12 kV ไปเป็น 24 kV ได้โดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนหม้อแปลง

3) ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า (Utilization System) การไฟฟ้านครหลวงจะติดตั้งหม้อแปลง ที่บริเวณที่จะใช้ไฟฟ้า โดยหม้อแปลงจำหน่ายจะแปลงไฟฟ้าจากระดับแรงดันปานกลาง 24 kV หรือ 12 kV ไปเป็นระดับแรงดันต่ำ 416/240 V 3 เฟส 4 สาย ดังแสดงในภาพที่ 1.6

แม้ว่าทางด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลงจะมีแรงดันพิกัดเป็น 416/240 V ก็ตามแต่ กฟน. ให้ใช้แรงดันพิกัดระบุของด้านแรงดันต่ำเป็น 380/220 V 3 เฟส 4 สาย



**ภาพที่ 1.6** ระบบการใช้กำลังไฟฟ้าของ การไฟฟ้านครหลวง

3. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีหน้าที่ในการจัดหาและจำหน่ายไฟฟ้าให้ทุกจังหวัดภายในประเทศยกเว้นจังหวัดที่อยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวง

ระบบไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอาจแบ่งได้เป็น 3 ระบบดังนี้

1) ระบบการส่งกำลังไฟฟ้าย่อย (Subtransmission System) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค รับกำลังไฟฟ้ามาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและทำการส่งกำลังไฟฟ้าไปยังสถานี ไฟฟ้าย่อยในระบบแรงดันสูง 115 kV และ 69 kV

2) ระบบการจำหน่าย (Distribution System) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคใช้ระบบแรงดันจำหน่ายอยู่ 2 ระบบ ได้แก่

- ระบบแรงดัน 22 kV (Conventional Solidly Grounded System) จังหวัดส่วนใหญ่เกือบทั่วประเทศจะใช้ระบบนี้ ยกเว้นจังหวัดทางภาคใต้และบางจังหวัดในภาคเหนือ

- ระบบแรงดัน 33 kV (Multigrounded System With Overhead Grounded Wire) ใช้ในภาคใต้ ตั้งแต่จังหวัดระนองลงไป และในจังหวัดเชียงรายกับพะเยา

3) ระบบการใช้กำลังไฟฟ้า (Utilization System) ระบบการใช้กำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะเป็นระบบแรงดันต่ำ 400/230 V 3 เฟส 4 สาย ดังแสดงในภาพที่ 1.7



**ภาพที่ 1.7** ระบบการใช้กำลังไฟฟ้าแรงดันต่ำ 3 เฟส 4 สาย

**1.2.3 การจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า**

ในการจ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าฯ จะพิจารณาว่าอาคารที่อยู่อาศัย หรือสถานประกอบการนั้น มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าเป็นเท่าได ถ้าหากอาคารที่อยู่อาศัยหรือสถานประกอบการนั้น ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 300 kVA ทางการไฟฟ้าฯ ก็จะจ่ายไฟฟ้าให้ในระบบแรงดันต่ำ (Low Voltage) สำหรับอาคารหรือสถานประกอบการขนาดใหญ่ที่มีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณสูง คือ ใช้โหลดตั้งแต่ 300 kVA ขึ้นไป ทางการไฟฟ้าฯ จะจ่ายไฟฟ้าให้ในระบบแรงดันปานกลาง (Medium Voltage)

สำหรับอาคาร หรือสถานประกอบการที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงมากทางการไฟฟ้าฯ จะจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ในระบบแรงดันสูง (High Voltage) อาจต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วยระบบ 115 kV หรือ 69 kV โดยต้องมีการสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการพิจารณาของการไฟฟ้าฯ

ขนาดมิเตอร์แรงดันต่ำของการไฟฟ้านครหลวง

ในการติดตั้งมิเตอร์สำหรับอาคาร หรือสถานประกอบการต่าง ๆ การไฟฟ้านครหลวง จะพิจารณาเลือกขนาดของมิเตอร์ตามความเหมาะสมกับโหลด โดยมิเตอร์สามารถแบ่งออกเป็นหลายขนาด ดังต่อไปนี้

- มิเตอร์ระบบ 220 V 1 เฟส 2 สาย จะมีขนาดดังนี้

- 5 (15 A), 220 V

- 15 (45 A), 220 V

- 30 (100 A), 220 V

- 50 (150 A), 220 V

- มิเตอร์ระบบ 380/220 V 3 เฟส 4 สาย จะมีขนาดดังนี้

- 15 (45 A), 380 V

- 30 (100 A), 380 V

- 50 (150 A), 380 V

- 200 A, 380 V

- 400 A, 380 V

- มิเตอร์ระบบ 12 kV 3 เฟส 3 สาย จะมีขนาดตั้งแต่ 15 A (300 kVA) ไปจนถึง 750 A (15,000 kVA)

- มิเตอร์ระบบ 24 kV 12 kV 3 เฟส 3 สาย จะมีขนาดตั้งแต่ 10 A (400 kVA) ไปจนถึง 625 A (25,000 kVA)

ลักษณะการจ่ายไฟฟ้าระหว่างการไฟฟ้าฯ กับผู้ใช้งาน

- แรงดันต่ำ ในกรณีที่การไฟฟ้าฯ จ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบแรงดันต่ำ จะสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1.8 โดยจะมีมิเตอร์เป็นตัวแบ่งแยกทรัพย์สินระหว่างการไฟฟ้าฯ กับผู้ใช้ไฟฟ้า



**ภาพที่ 1.8** การจ่ายไฟฟ้าในระบบแรงดันต่ำ

- แรงดันปานกลาง ในกรณีที่การไฟฟ้าฯ จ่ายไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ในระบบแรงดันปานกลางนั้น ลักษณะการจ่ายไฟฟ้า ให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ จะขึ้นอยู่กับระบบของการไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ และระบบของสถานประกอบการ ลักษณะการจ่ายไฟฟ้าแรงดันปานกลาง ให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าของ การไฟฟ้าฯ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังนี้

- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายอากาศ จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้าฯ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1.9



**ภาพที่ 1.9** ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายอากาศ จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้าฯ

- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้าฯ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1.10



**ภาพที่ 1.10** ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายใต้ดิน จากสายป้อนอากาศของการไฟฟ้าฯ

- ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้าใต้ดิน จากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้าฯ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1.11



**ภาพที่ 1.11** ผู้ใช้ไฟฟ้ารับไฟฟ้าด้วยสายใต้ดิน จากสายป้อนใต้ดินของการไฟฟ้าฯ

**1.2.4 การจัดวงจรการจ่ายไฟฟ้า**

ในการออกแบบระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าสำหรับอาคาร หรือสถานประกอบการต่าง ๆ นั้น ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ หลายประการด้วยกัน ได้แก่

1. ความปลอดภัย (Safety) ควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีมาตรฐาน ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ถูกวิธีเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน

2. ความเชื่อถือได้ (Reliability) ระบบไฟฟ้าควรจะมีความแน่นอนในการใช้งานระบบไฟฟ้า ที่ดีและสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง และลดข้อบกพร่องของจุดบกพร่องในระบบให้น้อยที่สุดเพื่อให้ความวางใจในระบบสูงสุดและมีราคาพอสมควร

3. ความง่ายในการใช้งาน (Simplicity of Operation) ระบบจะต้องง่ายในการใช้งาน มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้และตรงตามความต้องการของผู้ใช้

4. ความสม่ำเสมอของแรงดัน (Voltage Regulation) แรงดันที่ไม่สม่ำเสมอจะทำให้อายุ ของอุปกรณ์ไฟฟ้าสั้นลง จะต้องรักษาระดับแรงดันไม่ให้เกินขีดจำกัด

5. การดูแลรักษา (Maintenance) ระบบไฟฟ้าที่ออกแบบจะต้องสามารถดูแลรักษา ตรวจสอบซ่อมแซม และทำความสะอาดได้ง่าย

6. ความคล่องตัว (Flexibility) ระบบไฟฟ้าจะต้องสามารถดัดแปลง ปรับปรุง และขยายได้ ในอนาคต ข้อที่จำเป็นต้องพิจารณาคือกำลังไฟฟ้า จะต้องเผื่อกำลังไฟฟ้าให้เหมาะสมกับโหลด ที่จะมีเพิ่มขึ้นในอนาคต

7. ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (First Cost) ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นนับเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับความปลอดภัย ความเชื่อถือได้ ความสม่ำเสมอของแรงดันไฟฟ้า การดูแลรักษา และเพื่อการขยายกำลังไฟฟ้า ในอนาคต ดังนั้นจะต้องพิจารณาเลือกแบบที่ดีที่สุดเพื่อลดต้นทุน

ในส่วนของลักษณะของการบริการทางไฟฟ้าซึ่งอยู่บริเวณสถานที่นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของโหลด คุณภาพของการบริการที่สถานที่นั้น ๆ ต้องการ และขนาดของอาคาร เป็นต้น ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาองค์ประกอบเหล่านี้ด้วยว่าจะเลือกออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้าแบบใด จึงจะเหมาะสมที่สุด ซึ่งระบบไฟฟ้าพื้นฐานที่ใช้ในการจ่ายไฟฟ้าสามารถจัดเป็น 5 แบบ คือ

1. Radial System

ในกรณีที่ไฟฟ้า ถูกส่งมายังอาคารในระบบแรงดันใช้งาน รูปแบบการจ่ายไฟฟ้าแบบนี้ ก็จะเป็นแบบที่ง่าย และมีราคาถูกที่สุด โดยไฟฟ้าจะถูกส่งเข้ามาในระบบแรงดันต่ำผ่านบริภัณฑ์ป้องกันต่าง ๆ จากนั้นจึงจ่ายต่อไปยังโหลดหรือตู้จ่ายไฟต่อไป ส่วนในกรณีที่ไฟฟ้าถูกส่งมา ในระบบแรงดันปานกลาง ก็ต้องมีหม้อแปลงเพื่อแปลงไฟฟ้าให้ได้ระดับแรงดันปานกลางเป็นระดับแรงดัน ใช้งานเสียก่อน โดยจะต้องมีบริภัณฑ์ป้องกัน ได้แก่ เซอร์กิตเบรกเกอร์หรือฟิวส์ ทั้งด้านแรงดันปานกลางและด้านแรงดันต่ำ

การจ่ายไฟฟ้าแบบนี้ ถ้ามีการเกิดการลัดวงจรขึ้นที่แหล่งจ่ายไฟ หม้อแปลง หรือเมนบัส (Main Bus) ก็จะทำให้โหลดทั้งหมดไม่ได้รับไฟฟ้า ส่วนถ้ามีการเกิดการลัดวงจรขึ้นที่สายป้อนใด สายป้อนหนึ่ง อุปกรณ์ป้องกันก็จะทำงานโดยตัดส่วนนั้นออกไปทำให้โหลดอื่น ๆ ยังคงได้รับไฟฟ้าต่อไป ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1.12



**ภาพที่ 1.12** การจ่ายไฟฟ้าแบบ Radial Circuit

2. Primary-Selective System

การจ่ายไฟฟ้าแบบนี้ จะเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบให้มากขึ้น โดยจะลดปัญหาที่เกิดจากการผิดพร่อง (Fault) ที่สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) ลง ลักษณะการจัดวงจรก็คือจะเพิ่มสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) และสวิตซ์สำหรับตัดโหลด (Load Break Switch) ขึ้นอีกชุดหนึ่งสำหรับหม้อแปลงแต่ละตัวดังภาพที่ 1.13



**ภาพที่ 1.13** การจ่ายไฟฟ้าแบบ Primary Selective

ในสภาวะการทำงานปกติสวิตซ์จะถูกปิดอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยให้สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) แต่ละชุดจ่ายโหลดเท่า ๆ กัน ถ้ามีการเกิดการผิดพร่อง (Fault) ที่สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) ชุดใดชุดหนึ่ง การตัดต่อวงจรก็จะเกิดขึ้น ทำให้สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) อีกชุดหนึ่งเข้ามาจ่ายไฟฟ้าแทนทันที ดังนั้นสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) แต่ละชุดจะต้องสามารถจ่ายไฟฟ้าให้แก่โหลดทั้งหมดได้ นอกจากนี้คู่ของฟิวส์ หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ จะต้องทำการยึดระกว่างกันด้วย เพื่อป้องกันการปิดวงจรพร้อมกัน และการตัดต่อวงจรอาจเป็นแบบใช้มือ หรือเป็นระบบอัตโนมัติก็ได้

3. Secondary-Selective System

การจ่ายไฟฟ้าแบบนี้ แสดงได้ดังภาพที่ 1.14 ในสภาวะการทำงานปกติ ก็เหมือนกับระบบ Radial 2 ชุด แยกจากกัน และเซอร์กิตเบรกเกอร์ต่อเชื่อมกับบัสทุติยภูมิ (Secondary Bus) จะเปิดอยู่ โหลดจะถูกแบ่งให้เท่า ๆ กันในแต่ละบัส ถ้ามีการเกิดการผิดพร่อง (Fault) ขึ้นที่สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) หรือหม้อแปลงชุดใดชุดหนึ่ง โหลดทั้งหมดที่ต่ออยู่กับบัสนั้นก็จะไม่มีไฟฟ้า แต่เนื่องจากอีกบัสหนึ่งยังคงมีไฟฟ้าอยู่ จึงสามารถใช้ไฟฟ้าจากอีกบัสหนึ่งได้ โดยเริ่มจากเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์หลักทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง ด้านที่มีการเกิดการผิดพร่อง (Fault) จากนั้นก็ปิด เซอร์กิตเบรกเกอร์ต่อเชื่อมบัสทุติยภูมิ (Secondary Bus) ส่วนเซอร์กิตเบรกเกอร์หลักทางด้าน ทุติยภูมิทั้ง 2 ตัว ควรจะมีการยึดระกว่างกันกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ต่อเชื่อมทุติยภูมิ (Secondary Bus) ด้วยเพื่อเป็นการป้องกันหม้อแปลงทั้ง 2 ตัว ไม่ให้ทำงานแบบขนานกัน



**ภาพที่ 1.14** การจ่ายไฟฟ้าแบบ Secondary Selective

จะเห็นได้ว่าจากการจ่ายไฟฟ้าแบบนี้ สามารถเพิ่มความเชื่อถือได้สูงขึ้นกว่าแบบ Primary Selective ในกรณีเกิดการผิดพร่อง (Fault) หม้อแปลง แต่ราคาของการจัดวงจรแบบนี้ก็จะสูงขึ้นด้วย เนื่องจากจะต้องเผื่อขนาดของหม้อแปลง และสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) ให้สามารถจ่ายโหลดได้ทั้ง 2 บัสได้ ทั้งนี้ราคาก็จะขึ้นอยู่กับการเผื่อขนาดไว้เพียงใด

4. Secondary Spot Network System

การจัดวงจรแบบ Secondary Spot Network ดังภาพที่ 1.15 เป็นการจัดวงจรแบบง่าย ๆ โดยจะประกอบไปด้วยหม้อแปลงที่เหมือนกัน 2 ลูก หรือมากกว่า ซึ่งจะรับไฟฟ้ามาจากสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) แยกกันลูกละชุด หม้อแปลงเชื่อมต่อกันทางบัสด้านแรงต่ำผ่านตัวป้อนกันวงจรข่าย (Network Protector) โดยที่หม้อแปลงทั้งหมดทำงานแบบขนานกัน และมีตัวป้องกันวงจรข่าย (Network Protector) ซึ่งเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ถูกควบคุมโดยรีเลย์เซอร์กิตเบรกเกอร์จะเปิดวงจรโดยอัตโนมัติเมื่อมีกำลังไฟฟ้าไหลจากด้านแรงต่ำเข้าสู่หม้อแปลง



**ภาพที่ 1.15** การจ่ายไฟฟ้าแบบ Secondary Spot Network

ในสภาวะการทำงานปกติ หม้อแปลงแต่ละตัวจะรับโหลดเท่า ๆ กัน เมื่อมีการเกิดการผิดพร่อง (Fault) ขึ้นที่หม้อแปลง หรือที่สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) ชุดใดชุดหนึ่ง ตัวป้องกันวงจรข่าย (Network Protector) ของหม้อแปลงชุดนั้นจะเปิดวงจร เพื่อป้องกันไม่ให้มีกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับจากทางด้านแรงต่ำเข้าสู่หม้อแปลง และหม้อแปลงตัวที่เหลือก็จะทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้แก่โหลดแทน ทำให้สามารถจ่ายไฟฟ้าให้โหลดได้อย่างต่อเนื่องไม่ขาดตอน

การจัดวงจรแบบ Secondary Spot Network จะเป็นการจัดวงจรที่มีความเชื่อถือได้มากที่สุด สำหรับการจ่ายโหลดมาก ๆ โอกาสที่จะเกิดไฟฟ้าดับจะเกิดขึ้นได้เฉพาะเมื่อมีการเกิดการผิดพร่อง (Fault) พร้อม ๆ กันทางด้านปฐมภูมิหรือเกิดการผิดพร่อง (Fault) ที่บัสด้านทุติยภูมิ (Secondary Bus) เท่านั้น อย่างไรก็ตามระบบนี้ เป็นระบบที่มีราคาแพง ซึ่งนอกจากจะต้องเผื่อขนาดของหม้อแปลงและสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) แล้วโดยทั่วไปตัวป้องกันวงจรข่าย (Network Protector) ก็มีราคาแพงอีกด้วย

5. Looped Primary System

การจัดวงจรแบบ Looped Primary System มีสอบแบบ โดยภาพที่ 1.16 จะเป็นระบบวงรอบปิด (Close Loop) ซึ่งเป็นระบบเก่า ส่วนภาพที่ 1.17 จะเป็นระบบวงรอบเปิด (Open Loop) ซึ่งเป็นระบบใหม่ที่นิยมใช้มากกว่า



**ภาพที่ 1.16** การจ่ายไฟฟ้าแบบ Close Looped Primary

ระบบวงรอบปิด (Close Loop) จะทำงานโดยปิดสวิตซ์ ทั้งหมดของวงจรดังภาพที่ 1.16 แม้ว่าระบบนี้จะมีราคาไม่แพงแต่ก็ไม่เป็นที่นิยมใช้โดยจะนิยมใช้ โดยนิยมใช้แบบวงรอบเปิดมากกว่า เนื่องจากเมื่อเกิดการผิดพร่อง (Fault) ที่ส่วนหนึ่งส่วนใดในวงรอบปิดจะทำให้การจ่ายไฟหยุดชะงักลง และจะหาจุดที่เกิดการผิดพร่อง (Fault) ได้ยาก

ส่วนในระบบวงรอบเปิด (Open Loop) ซึ่งถูกออกแบบเพื่อใช้กับสายส่งใต้ดินจะใช้ Ring Main Unit (RMU) เป็นตัวตัดต่อระบบจากโหลดเมื่อเกิดการผิดพร่อง โดยจะทำการเปิดวงจรเมื่อเกิดการผิดพร่อง และจะปิดวงจรเมื่อได้ทำการแก้ไขระบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เมื่อวงจรใดวงจรหนึ่งเกิดการผิดพร่องขึ้น อีกวงจรก็จะทำหน้าที่จ่ายโหลดให้ เมื่อซ่อมแซมแก้ไขส่วนที่เกิดการผิดพร่องเรียบร้อยแล้ว วงจรก็จะทำงานแบบอิสระโดยแต่ละวงจรต่างก็จ่ายโหลดของตัวเองต่อไป ข้อเสียของระบบนี้คือราคาของอุปกรณ์จะมีราคาสูง เพราะว่าต้องใช้สายไฟฟ้าขนาดใหญ่ และต้องมีอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ มากมาย



**ภาพที่ 1.17** การจ่ายไฟฟ้าแบบ Open Looped Primary

**วิธีการสอนและกิจกรรม**

1. ผู้สอนบรรยายเนื้อหา
2. นักศึกษาร่วมอภิปราย
3. ผู้สอนตั้งคำถามให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน
4. นักศึกษาทำแบบฝึกหัด
5. ให้งานที่มอบหมาย

**สื่อการสอน/อุปกรณ์การสอน**

1. หนังสือ

* วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. **มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556.** กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2556.
* ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. **การออกแบบระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : โชติอนันต์ ครีเอชั่น, 2556.
* ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. **คู่มือการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : สมารัท ดิจิทัล โซลูชั่น, 2556.
* นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ. **เอกสารคำสอน รายวิชา 04-112-313 การออกแบบระบบไฟฟ้า.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2559.

1. โสตทัศนวัสดุ

* กระดาน
* เครื่องฉายและคอมพิวเตอร์

**งานที่มอบหมาย**

* 1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
  2. ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือที่เกี่ยวกับระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

**การวัดผล**

1. พิจารณาการเข้าชั้นเรียนตามเวลากำหนด สนใจเรียนและเข้าร่วมกิจกรรมการเรียน
2. ตรวจแบบฝึกหัด การซักถาม-ตอบ

**แบบฝึกหัด**

* 1. จงอธิบายระบบไฟฟ้าแบ่งออกเป็นกี่ระบบ อะไรบ้าง
  2. จงอธิบายหน้าที่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต
  3. จงอธิบายหน้าที่ของการไฟฟ้านครหลวง
  4. การไฟฟ้านครหลวง มีหน้าที่จ่ายไฟฟ้าในพื้นที่ใดบ้าง และมีระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบใดจงอธิบาย
  5. จงอธิบายหน้าที่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
  6. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีหน้าที่จ่ายไฟฟ้าในพื้นที่ใดบ้าง และมีระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบใดจงอธิบาย
  7. จงบอกเหตุผลว่าทำไมการไฟฟ้าฯ ต้องใช้แรงดันไฟฟ้าสูงเพื่อการจ่ายพลังงานไฟฟ้า
  8. การไฟฟ้านครหลวง มีหน้าที่จ่ายไฟฟ้าในพื้นที่ใดบ้าง และมีระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบใดจงอธิบาย
  9. จงอธิบายการจ่ายไฟฟ้าระดับปานกลางให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าทำได้อย่างไร
  10. จงอธิบายการจัดวงจรการจ่ายกำลังไฟฟ้า จัดได้เป็นกี่แบบ อะไรบ้าง และอธิบายถึงข้อดีข้อเสีย ในการจ่ายกำลังไฟฟ้าในแต่ละแบบมาให้ทราบ พอสังเขป