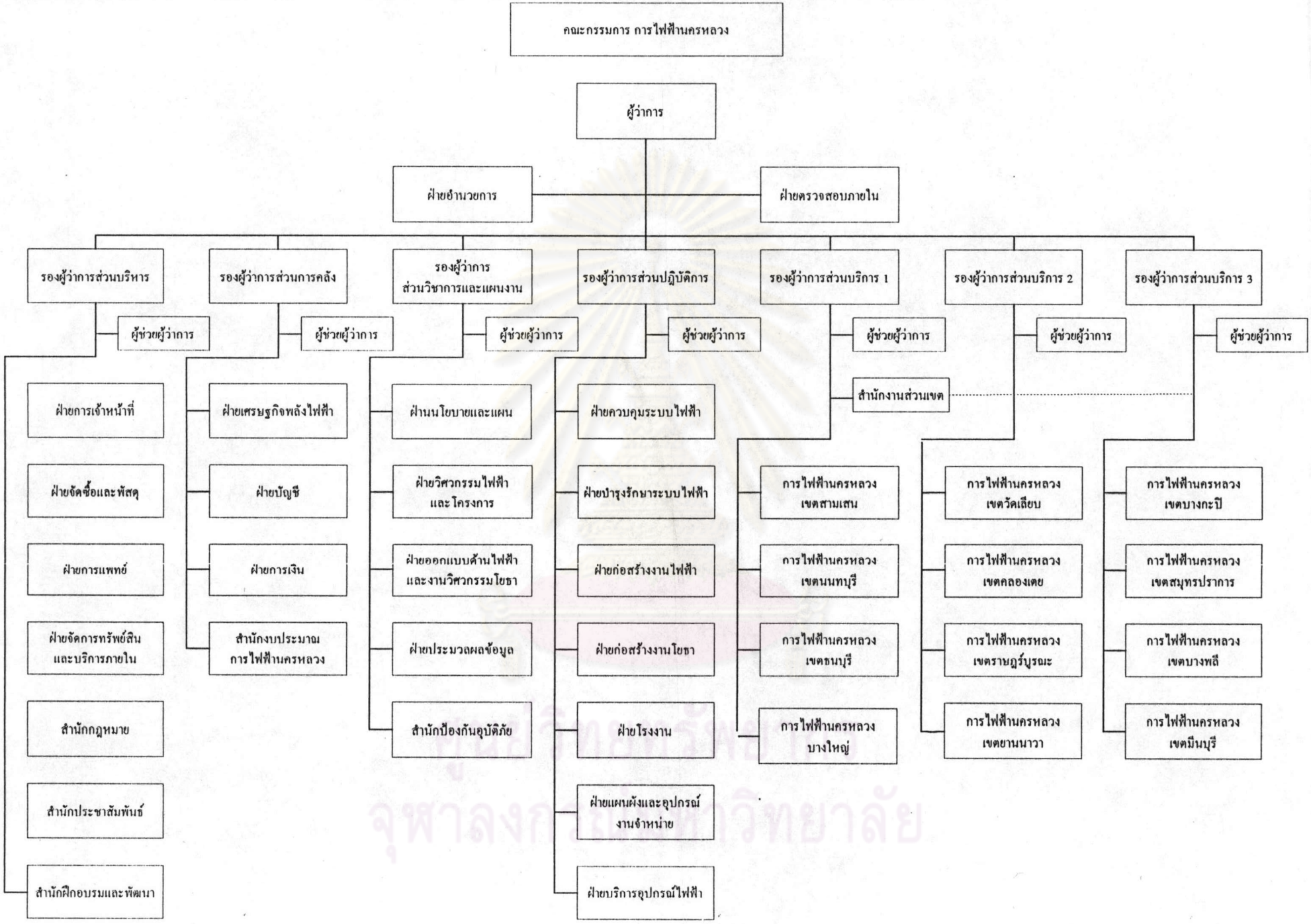
บทที่ 3

ระบบงานสถานีย่อย

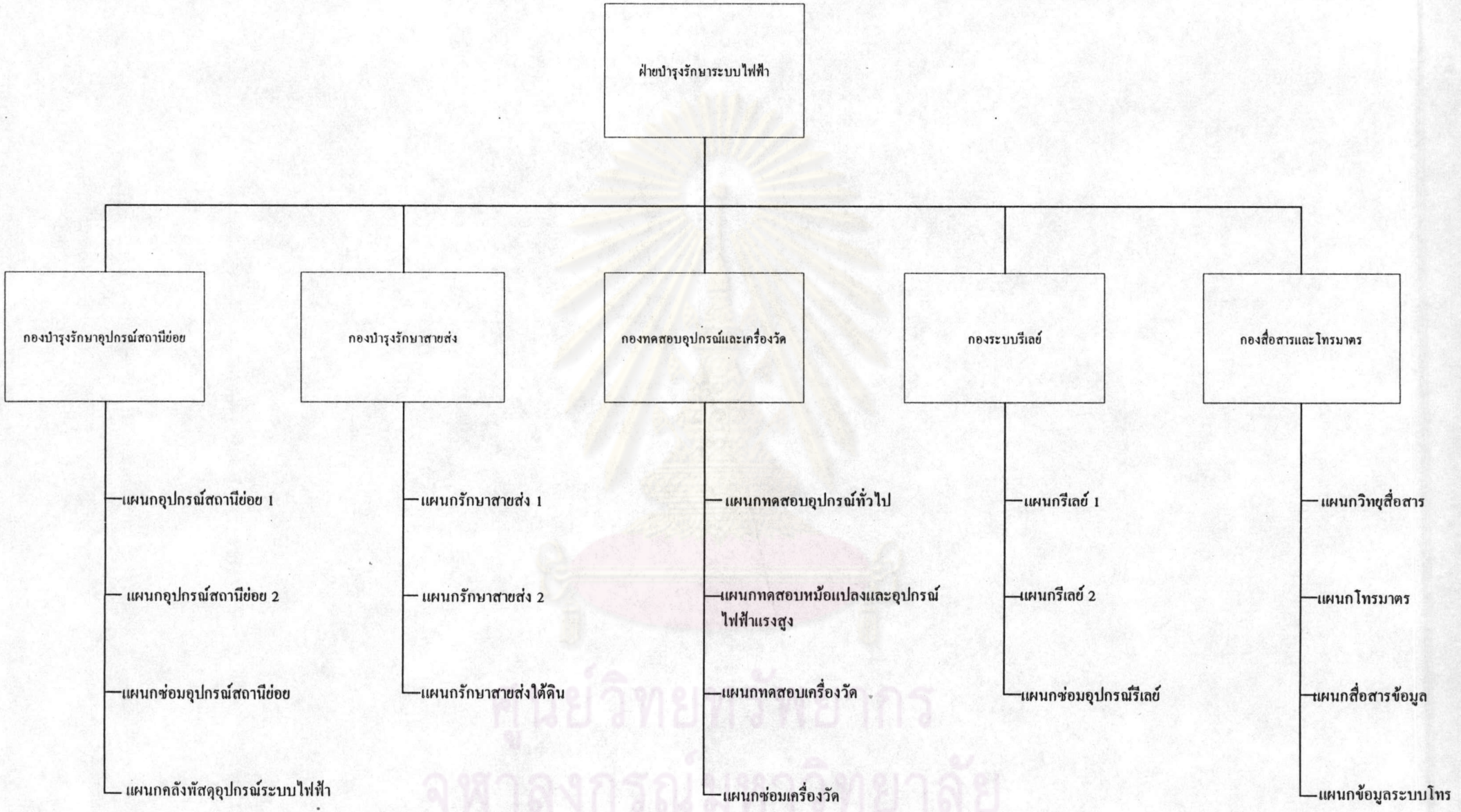
รัฐวิสาหกิจ หมายถึง กิจการที่มีรัฐบาลเป็นเจ้าของ ซึ่งลักษณะการเป็นเจ้าของนี้ อาจเป็นเจ้าของทั้งหมด หรือเป็นผู้ถือหุ้นส่วนใหญ่ก็ได้ กิจการเหล่านี้ดำเนินการด้านพาณิชยกรรม การเงิน การอุตสาหกรรม การเกษตร การสาธารณูปโภค การจัดบริการขั้นพื้นฐาน (Infrastructure) หรือการดำเนินการ ส่งเสริมต่างๆ ลักษณะของกิจการเหล่านี้ จะมีส่วนเกี่ยวเนื่องกับการขายสินค้าและบริการ และสามารถแสดงฐานะของกิจการได้ตามหลักบัญชีกำไร ขาดทุน รูปแบบของกิจการเหล่านี้อาจจะมีได้หลายรูปลักษณะ เช่น การมีฐานะเป็นกรม บริษัทสาธารณะ หรือเป็นองค์การที่มีพระราชบัญญัติ หรือกฎหมายจัดตั้งโดยเฉพาะ และการมีฐานะเป็นบริษัทจำกัดตามกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ เป็นต้น

การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) เป็นรัฐวิสาหกิจที่ตั้งขึ้นมาตามพระราชบัญญัติ การไฟฟ้านครหลวง พ.ศ. 2501 โดยมีวัตถุประสงค์ตามมาตรา 6 และ 7 ของพระราชบัญญัติ กล่าวคือ จัดให้ได้มา และจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า ดำเนินธุรกิจ เกี่ยวกับพลังงานไฟฟ้าเป็นกิจการสาธารณูปโภค ในเขตท้องที่ตามมาตราฐาน 8 คือ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และนนทบุรี

การไฟฟ้านครหลวง เป็นรัฐวิสาหกิจที่จัดตั้งขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อดำเนินธุรกิจในการให้บริการที่เกี่ยวข้อง ซึ่งให้ประโยชน์แก่การไฟฟ้านครหลวง เพื่อสนองความต้องการของประชาชนในเขตที่รับผิดชอบด้วยบริการที่เป็นเลิศอย่างเพียงพอ รวดเร็วและปลอดภัย มีระบบจำหน่ายที่สมบูรณ์ และได้ประสิทธิภาพตามมาตราฐานสากล โดยมีอัตราค่าบริการและค่าไฟฟ้าที่เป็นธรรมเพียงพอเลี้ยงตัวเองและขยายงาน โดยคำนึงถึงนโยบายของรัฐและประโยชน์ของสาธารณะชนเป็นสำคัญ (การไฟฟ้านครหลวง, ฝ่ายการเจ้าหน้าที่, 2535) ผังโครงสร้างการบริหารองค์กรแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังโครงสร้างองค์กรของการไฟฟ้านครหลวง



รูปที่ 3.2 การจัดองค์กรในฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า

โครงสร้างองค์กรโดยทั่วไปในฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า

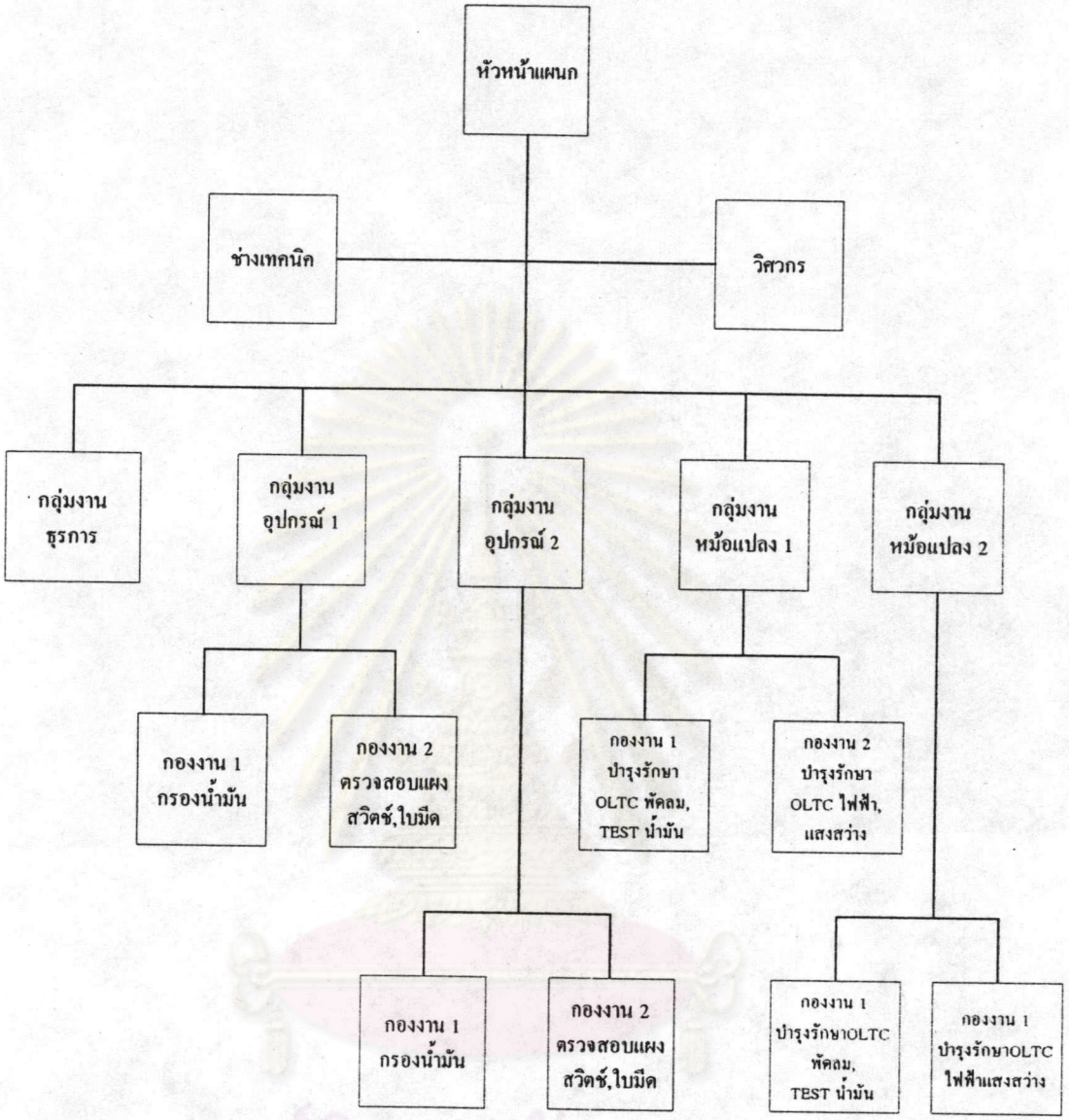
รัฐวิสาหกิจจะมีการจัดแบ่งโครงสร้างองค์กรในรัฐวิสาหกิจแตกต่างกันไปบ้าง แล้วแต่ลักษณะของรัฐวิสาหกิจนั้น สำหรับรัฐวิสาหกิจที่ดูแลกิจการด้านสาธารณูปโภค เช่น การไฟฟ้านครหลวง มีการจัดแบ่งโครงสร้างองค์กร เพื่อให้เหมาะสมกับการปฏิบัติหน้าที่ภายในองค์กร

ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า เป็นหน่วยงานที่จัดตั้งขึ้น โดยมีลักษณะการบริหารงานเช่นเดียวกับการบริหารงานกิจการอื่นๆ มีการแบ่งส่วนงานออกเป็นส่วนๆ ทำการจัดรวบรวมลักษณะงานที่ปฏิบัติเหมือนกัน หรือใกล้เคียงกันไว้เป็นส่วนงานเดียวกัน ซึ่งในกรณีของการไฟฟ้านครหลวง จะจัดเป็นแผนกต่างๆ เช่น แผนกบริหารทั่วไป แผนกอุปกรณ์สถานีย่อย 1 เป็นต้น ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงมีสายการบังคับบัญชาขึ้นตรงกับรองผู้ว่าการส่วนปฏิบัติการ โดยผู้อำนวยการฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเป็นผู้บังคับบัญชาสูงสุด

ฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า มีหน้าที่และความรับผิดชอบเกี่ยวกับการบำรุงรักษา และทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์ของสถานีย่อยและสายส่ง อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไฟฟ้า เครื่องมือสื่อสาร และเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง ผังโครงสร้างการบริหารองค์กรของฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า แสดงได้ดังรูปที่ 3.2 และมีการจัดแบ่งโครงสร้างองค์กร ดังนี้

1. แผนกบริหารทั่วไป

มีหน้าที่และความรับผิดชอบในการรับเรื่องงานที่เกี่ยวข้องกับฝ่ายบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเข้าปฏิบัติจากหน่วยงานต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกองค์กร ลงทะเบียนการรับงาน จากนั้นจะพิจารณาลักษณะของงานเรื่องนั้น เพื่อดำเนินการจัดส่งให้แผนกต่างๆ ที่รับผิดชอบงานเรื่องนั้นโดยตรงนำไปปฏิบัติต่อไป เมื่องานถูกดำเนินการเสร็จ จะลงทะเบียนการเสร็จสิ้นของงาน จัดทำสถิติปริมาณงานเข้า-ออก



รูปที่ 3.3 การจัดองค์กรในแผนกอุปกรณ์สถานีย่อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. กองบำรุงรักษาสถานีย่อย

มีหน้าที่และความรับผิดชอบเกี่ยวกับการบำรุงรักษา และซ่อมอุปกรณ์ของสถานีต้นทาง และสถานีย่อยให้สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง จัดหา เก็บ และควบคุมพัสดุอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าให้เพียงพอกับการใช้งาน แบ่งงานออกเป็นแผนกต่างๆ ดังนี้

1) แผนกอุปกรณ์สถานีย่อย 1
2) แผนกอุปกรณ์สถานีย่อย 2
3) แผนกซ่อมอุปกรณ์สถานีย่อย
4) แผนกคลังพัสดุอุปกรณ์ระบบไฟฟ้า

3. กองบำรุงรักษาสายส่ง

มีหน้าที่และความรับผิดชอบเกี่ยวกับการบำรุงรักษาสายส่งให้สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง แบ่งงานออกเป็นแผนกต่างๆ ดังนี้

1) แผนกรักษาสายส่ง 1
2) แผนกรักษาสายส่ง 2
3) แผนกรักษาสายส่งใต้ดิน

4. กองทดสอบอุปกรณ์และเครื่องวัด

มีหน้าที่และความรับผิดชอบเกี่ยวกับการทดสอบและซ่อมอุปกรณไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า และเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า แบ่งงานออกเป็นหน่วยต่างๆ ดังนี้

1) แผนกทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า
2) แผนกทดสอบหม้อแปลงและอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง
3) แผนกทดสอบเครื่องวัด
4) แผนกซ่อมเครื่องวัด

5. กองระบบรีเลย์

มีหน้าที่และความรับผิดชอบเกี่ยวกับ การติดตั้ง บำรุงรักษา ซ่อม ทดสอบ และปรับปรุงอุปกรณ์ระบบควบคุมป้องกัน และระบบควบคุมอัตโนมัติต่างๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีมีประสิทธิภาพ แบ่งงานออกเป็นแผนกต่างๆ ดังนี้

1) แผนกรีเลย์ 1
2) แผนกรีเลย์ 2
3) แผนกซ่อมอุปกรณ์รีเลย์

6. กองสื่อสารและโทรมาตร

มีหน้าที่และความรับผิดชอบเกี่ยวกับ การติดตั้ง ซ่อม บำรุงรักษา ทดสอบ ปรับปรุงอุปกรณ์วิทยุสื่อสาร อุปกรณ์โทรมาตร และทำการประมวลผล และให้บริการด้านข้อมูลระบบ ไฟฟ้าของระบบ SCADA แบ่งงานออกเป็นแผนกต่างๆ ดังนี้

1) แผนกวิทยุสื่อสาร
2) แผนกโทรมาตร
3) แผนกสื่อสารข้อมูล
4) แผนกข้อมูลระบบโทรมาตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>หน่วยงานที่รับผิดชอบในการส่งจ่ายไฟฟ้าในประเทศไทย</u>

หน่วยงานที่รับผิดชอบในการส่งจ่ายไฟฟ้าภายในประเทศไทยประกอบด้วยการไฟฟ้า 3แห่งซึ่งแต่ละแห่งมีหน้าที่แตกต่างกันคือ

1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า **Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT.)** มีหน้าที่ผลิตและจัดหาแหล่งพลังงานที่เหมาะสมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการใช้ภายในประเทศ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ดูแลบำรุงรักษาโรงจักร สายส่งกำลังไฟฟ้า และสถานีเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้อยู่ในสภาพที่ดีและ

สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ตลอดเวลา พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้นี้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯเป็นผู้จำหน่ายให้กับการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยตรง โดยทำการจัดส่งกำลังไฟฟ้าแรงสูงระดับแรงดัน 500 KV, 230 KV, 115 KV และ 69 KV

2. การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) มีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า **Metropolitan Electricity Authority (MEA.)** มีหน้าที่บริการและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าในเขตจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวงคือ กรุงเทพฯ นนทบุรี และสมุทรปราการ นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ดูแลบำรุงรักษาสายส่งไฟฟ้าแรงดันสูง สถานีเปลี่ยนแรงดัน สายจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูง หม้อแปลงระบบจำหน่ายและสายจำหน่ายแรงดันต่ำให้อยู่ในสภาพดี พลังงานไฟฟ้าที่การไฟฟ้านครหลวงจำหน่ายให้กับประชาชนในเขตความรับผิดชอบทั้งหมดนั้น รับซื้อจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทสไทย ในระบบสายส่งกำลังไฟฟ้าแรงดันสูง ขนาด 69 KV, 115 KVและ 230 KV และทำการจัดจำหน่ายกำลังไฟฟ้าแรงสูงระดับแรงดัน 230 KV, 115 KV, 69 KV, 24 KV และ 12 KV

3. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) มีชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า **Provincial Electricity Authority (PEA.)** มีหน้าที่เช่นเดียวกับการไฟฟ้านครหลวง แต่มีเขตความรับผิดชอบอยู่ทุกจังหวัดในส่วนที่เหลือนอกเขตจำหน่ายไฟฟ้านครหลวงทั้งหมด พลังงานไฟฟ้าที่การไฟ้าส่วนภูมิภาคนำมาจำหน่ายให้กับประชาชนนั้น ส่นใหญ่รับซื้อจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯในระบบจำหน่ายแรงสูง 11 KV, 22 KV หรือ 33 KV และรับซื้อแรงดันสูงขนาด 69 KV และ 115 KV บ้างเล็กน้อยจากสถานีไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ นอกจากนี้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยังได้ติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อให้กำเนิดไฟฟ้าที่มีกำลังผลิตตั้งแต่ 25 KW ถึง 1400 KW เพื่อจ่ายให้กับชุมชนอำเภอหรือจังหวัดที่อยู่ห่างไกลจากระบบจำหน่ายแรงสูงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ไม่สามารถรับไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯโดยตรง และทำการจัดจำหน่ายกำลังไฟฟ้าแรงสูงระดับแรงดัน 33 KV, 22 KV และ 11 KV

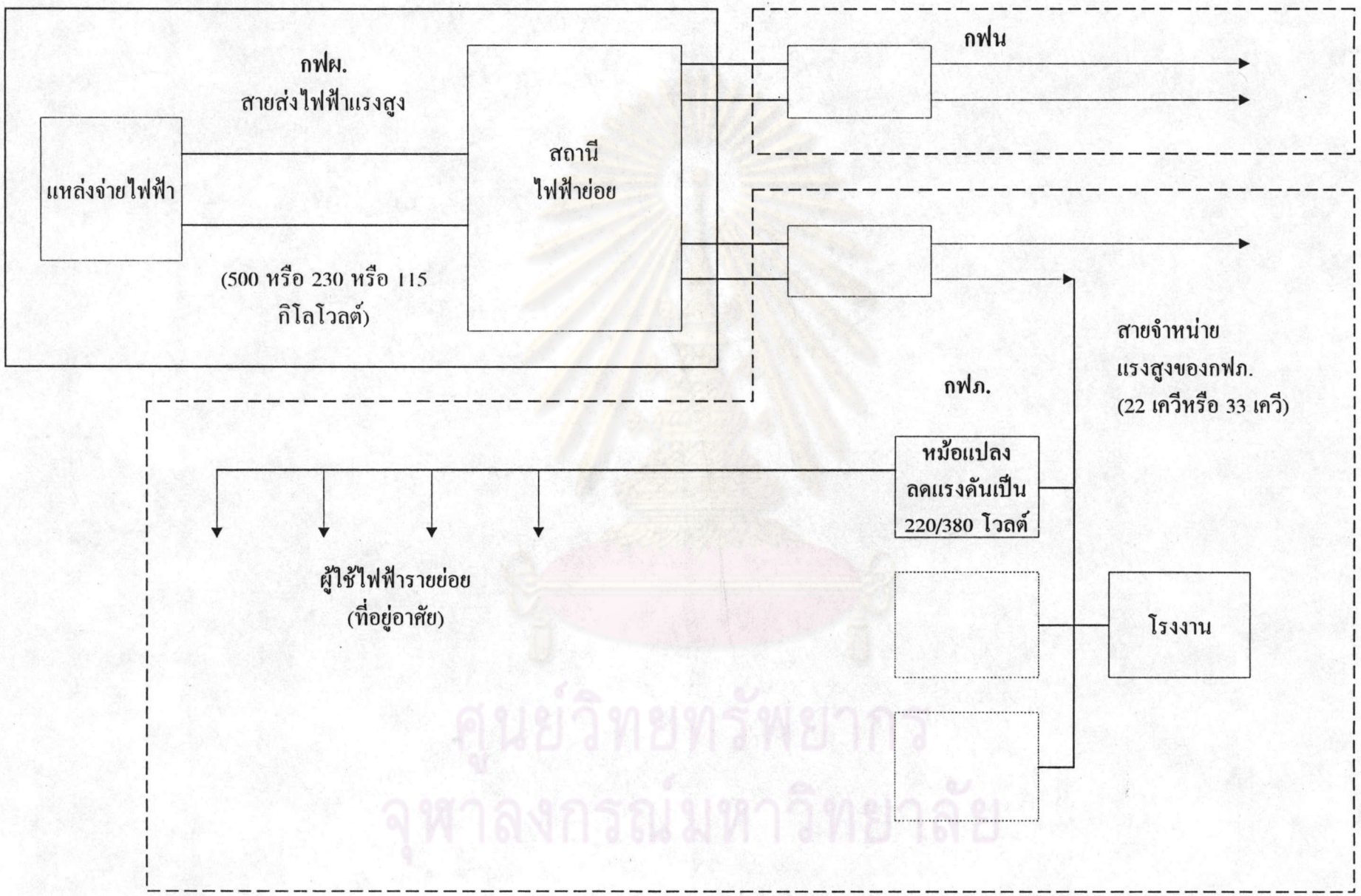
ระบบผลิตไฟฟ้า (Generating system)

หมายถึง ระบบที่มีการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานรูปอื่นๆไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เช่น เปลี่ยนจากพลังงานศักย์ของน้ำไปเป็นไฟฟ้า หรือเปลี่ยนพลังงานความร้อนที่ได้จากถ่านหิน ก๊าซ น้ำมันหรือปฏิกริยานิวเคลียร์ไปเป็นไฟฟ้า เป็นต้น กระบวนการที่เปลี่ยนจากพลังงานรูปอื่นไปเป็นไฟฟ้านั้น ส่วนใหญ่จะผ่านรูปของพลังงานกลก่อนเสมอและใช้พลังงานกลเป็นตัวขับ (prime mover) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกทีหนึ่ง มีบ้างเหมือนกันที่เปลี่ยนจากพลังงานรูปอื่นไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) เป็นต้น

ระบบผลิตไฟฟ้าบางครั้งเรียกว่า โรงไฟฟ้าหรือโรงจักรไฟฟ้า (power plant) การเรียกชื่อโรงไฟฟ้านั้นนิยมเรียกตามลักษณะของแหล่งพลังงานหรือมิฉะนั้นก็เรียกตามชนิดของตัวขับ ซึ่งได้แก่

1. โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal Power Plant)
2. โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydroelectric Power Plant)
3. โรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ (Nuclear Power Plant)

แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทั่วไปมีค่าไม่เกิน 20 KV ทั้งนี้จากปัญหาทางด้านฉนวนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและคำนึงถึงผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีแรงดันจ่ายออกหลายระดับ เช่น 3.5 KV 11 KV และ 13.8 KV แรงดันดังกล่าวจะถูกแปลงให้สูงขึ้นที่ลานไกไฟฟ้า (switch yard) มีค่าเป็นไปตามระดับแรงดันมาตราฐานที่ใช้ส่งพลังงาน คือ 69 KV,115KV,230 KV หรือ 500 KV การส่งพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจะเลือกส่งด้วยระบบ 3 เฟส เพราะว่าการเพิ่มสายส่งขึ้นอีกเส้นจะสามารถส่งพลังงานได้สูงกว่าระบบเฟสเดียวถึง 73 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบขณะใช้แรงดันและกระแสไฟฟ้าจำนวนเท่าๆกัน



รูปที่ 3.4 ระบบส่งและจำหน่ายไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบส่งกำลังไฟฟ้า (Transmission System)

คือ ระบบขนส่งพลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าไปยังระบบจำหน่าย ซึ่งเป็นศูนย์กลางการจ่ายโหลด (Load Center) โดยคำนึงถึงระยะทางที่ไกลที่สุดและประหยัดที่สุดในการส่งพลังงานไฟฟ้า อาจใช้สายอากาศเดินเหนือศรีษะ (Overhead Aerial Line) หรือใช้สายเคเบิลใต้ดิน (Underground Cable) ก็ได้ ในกรณีที่ส่งด้วยสายอากาศเดินเหนือศรีษะจะมีสายเส้นเล็กๆขึงอยู่ข้างบนสายส่งไฟฟ้า เรียกว่าสายดินเหนือศรีษะ (Overhead Ground Wire) สายดินเส้นนี้จะต่อตรงอยู่กับเสาโครงเหล็ก (Steel Tower) มีหน้าที่ป้องกันมิให้กระแสฟ้าผ่ารบกวนสายส่งและเป็นตัวนำกระแสฟ้าผ่าลงสู่ดิน

ในระบบผลิตและส่งกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต นับเป็นกระแสไฟฟ้าสลับชนิด 3 เฟส โดยที่มีแหล่งผลิตอยู่ทั่วประเทศ จึงจำเป็นต้องมีสายส่งเพื่อรับไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไปยังผู้ใช้และเชื่อมโยงแหล่งผลิตต่างๆ กับแหล่งผู้ใช้งานเข้าด้วยกัน

จากโรงไฟฟ้าต่างๆ ทำการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบแรงดันหนึ่ง แล้วส่งผ่านหม้อแปลงกำลังเพื่อปรับแรงดันให้สูงขึ้น แล้วส่งเข้าสู่ระบบส่งไฟฟ้าเริ่มด้วยลานไกไฟฟ้า สายส่งไฟฟ้า ไปสิ้นสุดที่สถานีไฟฟ้าแรงสูง

ที่สถานีไฟฟ้าแรงสูง จะมีหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อลดระดับแรงดันแล้วส่งไฟฟ้าให้ฝ่ายจำหน่าย เพื่อส่งบริการประชาชนต่อไป หรืออาจจะส่งไปให้โรงงานอุตสาหกรรม หรือส่งต่อไปยังสถานีไฟฟ้าแรงสูงแห่งอื่นที่มีสายส่งไฟฟ้าเชื่อมโยงกัน

ในประเทศไทยมีสถานีไฟฟ้าแรงสูงตั้งกระจายตามแหล่งชุมชน และแหล่งอุตสาหกรรมต่างๆ และมีสายส่งไฟฟ้าเชื่อมโยงระหว่างสถานีไฟฟ้าแรงสูงต่างๆ ทำให้ดำเนินการผลิตและส่งไฟฟ้าไปยังพื้นที่ที่ต้องการได้

กฟผ. รับผิดชอบในการผลิตและส่งกระแสไฟฟ้าผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูงไปยังสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีหม้อแปลงปรับระดับไฟฟ้าให้เหมาะสมกับระบบจำหน่าย หรือ ความต้องการของลูกค้าของ กฟผ. ได้แก่ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และ ลูกค้าที่ซื้อไฟฟ้าตรง

จากผังแสดงความรับผิดชอบในการผลิต การส่ง และการจำหน่ายไฟฟ้า จะเห็นว่าการที่เกิดกระแสไฟฟ้าดับทางด้านผู้ใช้ไฟฟ้านั้น อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการขัดข้องระบบไฟฟ้าส่วนหนึ่งส่วนใดก็ได้ ตั้งแต่โรงไฟฟ้า ระบบส่ง หรือระบบจำหน่าย แต่ควรมีข้อสังเกตุว่าหากการขัดข้องเกิดขึ้นในระบบผลิต หรือระบบส่งไฟฟ้าของ กฟผ. แล้ว ไฟฟ้าจะดับในบริเวณกว้างเต็มพื้นที่เกือบทั้งจังหวัด หรือหลายจังหวัด แต่ถ้าหากไฟฟ้าดับเฉพาะที่ สาเหตุจะเกิดขึ้นเนื่องจากการขัดข้องในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟน. หรือ กฟภ.

ดังได้กล่าวในตอนต้นว่า การส่งพลังงานให้ประหยัดจะต้องเลือกระดับแรงดันที่ใช้ให้สัมพันธ์กับระยะทาง ตารางที่ 3.1 เป็นการกำหนดความสัมพันธ์โดยประมาณระหว่างระดับแรงดันกับระยะทาง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกเชิงปฏิบัติการ

ตารางที่ 3.1 แสดงระดับแรงดันของสายส่งเมื่อเปรียบเทียบกับระยะทาง

ระดับแรงดัน (KV)	ระยะทาง (Km)
33-44	32-50
44-66	50-80
66-88	80-120
88-110	120-160
110-132	160-240
132-154	
154-200	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สายส่ง (Transmission Line)

แหล่งผลิตไฟฟ้ามักจะตั้งอยู่ห่างไกลจากแหล่งใช้งาน เพื่อลดการสูญเสียภายในสายส่งไฟฟ้าที่มีระยะทางไกลให้น้อยลง จึงต้องใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มแรงดัน สำหรับสายส่งไฟฟ้าแรงสูงของประเทศไทย ประกอบด้วยแรงดันระดับต่างๆ คือ 69, 115, 230 กิโลโวลท์ และขนาดแรงดันสูงพิเศษ 500 กิโลโวลท์

ปัจจุบัน กฟผ. มีสายส่งไฟฟ้าแรงสูงระดับแรงดัน 500 กิโลโวลท์, 230 กิโลโวลท์, 115 กิโลโวลท์ และ 69 กิโลโวลท์ เชื่อมโยงกับโรงไฟฟ้าทุกโรง และเชื่อมโยงถึงกันทั่วประเทศ มีความยาว 17,971 วงจร-กิโลเมตร มีสถานีไฟฟ้าย่อย 143 แห่ง ติดตั้งหม้อแปลงที่จ่ายให้ลูกค้ารวมทั้งสิ้น 11,189 เอ็มวีเอ. และภายในปี 2539 จะมีสายส่งไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีก 7,387 วงจร-กิโลเมตร สถานีไฟฟ้าย่อยเพิ่มขึ้น 42 แห่ง และติดตั้งหม้อแปลงเพิ่มขึ้นรวมกันทั้งสิ้นประมาณ 12,485 เอ็มวีเอ.

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution System)

คือ ระบบที่ถูกลดแรงดันให้ต่ำจนมีค่าที่เหมาะสมที่จะให้บริการกับผู้ใช้ไฟฟ้าได้แล้ว แรงดันที่ใช้ในระบบจำหน่ายมีหลายระดับ เช่น 11 KV, 22 KV และ 33 KV เป็นระบบแรงดันที่ใช้ใน ก.ฟ.ภ. และ 12 KV กับ 24 KV เป็นระดับที่ใช้ใน ก.ฟ.น. สายจำหน่ายชนิดนี้เรียกว่าสายจำหน่ายแรงสูงหรือสายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder) ซึ่งแรงดันระดับนี้สามารถจำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมได้ สายจำหน่ายแรงสูงนี้ จะเห็นเดินอยู่รอบๆตัวเมืองและจะแปลงระดับแรงดันให้ต่ำลงอีกโดยใช้หม้อแปลงจำหน่าย สายจำหน่ายชนิดนี้เรียกว่า สายจำหน่ายแรงต่ำหรือสายป้อนทุติยภูมิ (Secondary Feeder) ในประเทศไทยได้กำหนดระดับแรงดันใช้งานขนาด 220 V สำหรับระบบ 1 เฟสและ 380 V สำหรับระบบ 3 เฟส

ระบบการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง

การไฟฟ้านครหลวง มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดให้ได้มา และจำหน่ายพลังไฟฟ้าให้แก่ประชาชนในพื้นที่เขตจำหน่าย ซึ่งประกอบด้วยกรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี และจังหวัดสมุทรปราการ รวมพื้นที่ในความรับผิดชอบ 3,195 ต.ร.กม.

ปัจจุบันมีประชากรประมาณ 7.3 ล้านคน และมีจำนวนบ้านมากกว่า 1.4 ล้านหลังคาเรือน ลูกค้าของ ก.ฟ.น. มีประมาณ 1.785 ล้านราย (ข้อมูลเมื่อ กันยายน 2538) ซึ่งการไฟฟ้านครหลวงสามารถให้บริการด้านพลังไฟฟ้าแก่ผู้ขอใช้ไฟฟ้าในพื้นที่เขตจำหน่ายได้ทุกราย ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในเขตจำหน่ายนี้เพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ปัจจุบันมีความต้องการใช้พลังไฟฟ้ารวมกันมากกว่า 5,525 ล้านวัตต์ (ข้อมูลวันที่ 22 มีนาคม 2539) หรือประมาณร้อยละ 43 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ ผู้ใช้ไฟฟ้าส่วนมากเป็นประเภทบ้านอยู่อาศัย ซึ่งมีจำนวนสูงถึงประมาณร้อยละ 80 มากกว่าผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทธุรกิจ และอุตสาหกรรม ซึ่งมีจำนวนเพียงประมาณร้อยละ 20 แต่ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยน้อยกว่าผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทธุรกิจ และอุตสาหกรรมมาก ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้ากว่าร้อยละ 80 ถูกใช้ไปเพื่อเสริมสร้างเศรษฐกิจของประเทศในภาคธุรกิจ และอุตสาหกรรม

ปัจจุบัน การไฟฟ้านครหลวงมีสถิติการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าในแต่ละปีสูงกว่า 30,000 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือเกือบครึ่งหนึ่งของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งประเทศ พลังงานไฟฟ้าเหล่านี้ถูกส่งจากแหล่งผลิตต่างๆ ด้วยสายส่งฯ แรงดัน 230 กิโลโวลท์ เข้าสู่ระบบสายส่งฯ วงแหวน ภายในพื้นที่รับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวงบริเวณที่เหมาะสมใกล้สายส่งฯ นี้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจะก่อสร้างสถานีย่อย และติดตั้งหม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้าจาก 230 กิโลโวลท์ ให้เป็น 69 และ 115 กิโลโวลท์ เพื่อจำหน่ายให้การไฟฟ้านครหลวงรับผิดชอบต่อไป ดังนั้นการไฟฟ้านครหลวงจะต้องก่อสร้างระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า เพื่อรับและส่งกระจายพลังงานไฟฟ้าให้ประชาชนในเขตจำหน่ายได้ใช้อย่างทั่วถึงและเพียงพอ ระบบจำหน่ายพลังไฟฟ้านี้ประกอบด้วย สถานีต้นทาง สายส่งพลังงานไฟฟ้า สถานีย่อย สายป้อนหม้อแปลงจำหน่าย สายไฟฟ้าแรงต่ำ และเครื่องวัดไฟฟ้า

1. สถานีต้นทาง

สถานีต้นทาง (Terminal Station) เป็นสถานีแรกที่รับพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวง ภายในสถานีต้นทางจะมีอุปกรณ์สถานีต้นทางต่างๆ เช่น สวิตช์เกียร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตัดตอนและจัดระบบไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุม และอุปกรณ์การตัดทางไฟฟ้าต่างๆ เพื่อควบคุมการจ่ายพลังไฟฟ้าให้แก่สายส่งฯ แรงดัน 69 และ 115 กิโลโวลท์ ที่ออกจากสถานีต้นทางปัจจุบันการไฟฟ้านครหลวงมีสถานีต้นทางอยู่ 10 แห่ง ได้แก่ สถานีต้นทางคลองรังสิต, สถานีต้นทางลาดพร้าว, สถานีต้นทางพระนครเหนือ, สถานีต้นทางบางกอกน้อย, สถานีต้นทางชิดลม, สถานีต้นทางบางกะปิ, สถานีต้นทางบางพลี, สถานีต้นทางธนบุรีใต้, สถานีต้นทางหนองจอก และสถานีต้นทางพระนครใต้ และมีสถานีสับเปลี่ยน (Switching Station) อีก 1 แห่ง คือ สถานีสับเปลี่ยนสำโรง ซึ่งทำหน้าที่รับพลังไฟฟ้าจากสถานีต้นทางพระนครใต้ แล้วจ่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยสายส่งฯ ให้แก่ สถานีย่อยต่างๆ ในบริเวณใกล้เคียง การไฟฟ้านครหลวงมีสถานีต้นทางอยู่ใจกลางเมืองแห่งหนึ่ง คือ สถานีต้นทางชิดลม ซึ่งเป็นสถานีต้นทางเพียงแห่งเดียวที่รับพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งฯ วงแหวน 230 กิโลโวลท์โดยตรง จึงมีการก่อสร้างสายส่งฯ ใต้ดิน 230 กิโลโวลท์ จำนวน 2 วงจร ตามแนวทางรถไฟจากสถานีต้นทางบางกะปิจนถึงสถานีต้นทางชิดลม เป็นระยะทาง 7.5 กิโลเมตร และติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อลดแรงดันให้เป็น 69 และ 12 กิโลโวลท์ ตามลำดับ

2. สายส่งพลังไฟฟ้า

รับพลังไฟฟ้าจากสถานีต้นทาง จะมีทั้งสายส่งฯ อากาศ และสายส่งฯ ใต้ดิน สายส่งฯ อากาศจะเป็นสายอลูมิเนียมเปลือยติดตั้งบนเสาไฟฟ้า ซึ่งเป็นเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ความสูง 20 เมตร และ 22 เมตร ส่วนสายส่งฯ ใต้ดิน จะเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนเรียบร้อยในท่อร้อยสายใต้ดิน แม้ว่าสายส่งฯ อากาศจะก่อสร้างได้ง่ายและมีราคาถูกกว่าสายส่งฯ ใต้ดินมาก แต่การไฟฟ้านครหลวงจำเป็นต้องก่อสร้างสายส่งฯ ใต้ดินบางแห่ง เช่น บริเวณที่มีสะพานหรือทางด่วน ตัดผ่านและถนนที่มีสิ่งกีดขวางตามแนวสายส่งฯ ปัจจุบันการไฟฟ้านครหลวงมีสายส่งพลังงานไฟฟ้า 69 และ 115 กิโลโวลท์ ในระบบทั้งสิ้นมากกว่า 55 สายส่งฯ รวมความยาวประมาณ 900 วงจร-กิโลเมตร ประมาณร้อยละ 90 เป็นสายส่งฯอากาศ ซึ่งส่วนมากก่อสร้างไว้ตามริมถนนสายประธานต่างๆ ทั่วเขตจำหน่าย

3. สถานีย่อย

สายส่งพลังไฟฟ้าแรงดัน 69 และ 115 กิโลโวลท์ เหล่านี้ จะส่งพลังไฟฟ้าให้แก่สถานีย่อยต่างๆ ของการไฟฟ้านครหลวง ประมาณ 111 แห่ง แบ่งเป็น สถานีย่อยขนาด 12 กิโลโวลท์ 71แห่ง สถานีย่อยขนาด 24 กิโลโวลท์ 29 แห่ง และสถานีย่อยขนาด 12&24 กิโลโวลท์ 12 แห่ง และ ให้แก่สถานีย่อยของผู้ใช้ไฟฟ้าอีกประมาณ 40 แห่ง ทั่วเขตจำหน่าย สถานีย่อยแต่ละแห่งทำหน้าที่ลดแรงดันไฟฟ้าจากสายส่งฯ และควบคุมการจ่ายพลังไฟฟ้าในพื้นที่รับผิดชอบให้ได้มาตราฐาน ภายในสถานีย่อยจะมีหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่ ลดแรงดันไฟฟ้าจาก 69 และ 115 กิโลโวลท์ ให้เป็น 12 และ 24 กิโลโวลท์ ตามลำดับ และมีอุปกรณ์สถานีย่อยต่างๆ เช่น สวิตช์เกียร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตัดตอน และจัดระบบไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกัน อุปกรณ์ควบคุม และอุปกรณ์การวัดทางไฟฟ้าต่างๆ เพื่อควบคุมการรับและจ่ายพลังไฟฟ้าของสถานีย่อย

4. สายป้อน

พลังไฟฟ้าแรงดัน 12 และ 24 กิโลโวลท์ที่ได้ จะถูกส่งออกจากสถานีย่อยด้วยสายป้อนประมาณ 12 ถึง 18 สายป้อนต่อสถานีย่อยแต่ละแห่ง เช่นเดียวกับสายส่งฯ สายป้อนที่รับพลังไฟฟ้าจากสถานีย่อยจะมีทั้งสายป้อนอากาศ และสายป้อนใต้ดิน สายป้อนอากาศส่วนมากจะเป็นสายอลูมิเนียมเปลือย ติดตั้งบนเสาไฟฟ้า ซึ่งเป็นเสาคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 12 และ 14 เมตร แต่บางแห่งที่ผ่านต้นไม้ จะใช้สายอลูมิเนียมฉนวนหรือสายเคเบิ้ลทองแดงแทนสายอลูมิเนียมเปลือย ส่วนสายป้อนใต้ดินจะเป็นสายเคเบิ้ลทองแดงร้อยในท่อร้อยสายใต้ดิน และมีบ่อพักเป็นระยะเพื่อความสะดวกในการร้อยและต่อสายใต้ดิน สายป้อนทั้งหมดที่ออกจากสถานีย่อยจะก่อสร้างเป็นสายป้อนใต้ดินก่อน แล้วขึ้นไปเชื่อมต่อกับสายป้อนอากาศในบริเวณใกล้เคียง การก่อสร้างสายป้อนใต้ดินจะทำเฉพาะที่จำเป็น เช่น บริเวณที่มีสะพานหรือทางด่วนตัดผ่าน และบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางเป็นอุปสรรคต่อการปักเสาและพาดสายไฟฟ้า รวมทั้งบริเวณที่ต้องการให้ระบบไฟฟ้ามีความมั่นคงสูงเพื่อลดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง เช่น ในเขตวงจรตาข่าย ซึ่งเป็นพื้นที่ระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยากับคลองผดุงกรุงเกษม และบริเวณธุรกิจการค้าสำคัญ คือ ถนนสีลม ซึ่งไม่สามารถก่อสร้างสายป้อนอากาศเพิ่มเติม เพื่อสนองความต้องการใช้พลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นได้อีก ปัจจุบันการไฟฟ้านครหลวง มีสายป้อน 12 และ 24 กิโลโวลท์ ในระบบทั้งสิ้นประมาณ 1068 วงจร แบ่งเป็น สายป้อนขนาด 12 กิโลโวลต์ 811 วงจร สายป้อนขนาด 24 กิโลโวลท์ 257 วงจร รวมความยาวกว่า 10,700 วงจร-

กิโลเมตร (ข้อมูลเมื่อ กันยายน 2538) ประมาณร้อยละ 90 เป็นสายป้อนอากาศ ซึ่งส่วนมากก่อสร้างไว้ตามริมถนน และซอยต่างๆ

5. หม้อแปลงจำหน่าย

การไฟฟ้านครหลวงจะติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าบนเสาไฟฟ้าบางต้น เรียกว่าหม้อแปลงจำหน่าย เพื่อลดแรงดันไฟฟ้าจากสายป้อน 12 และ 24 กิโลโวลท์ ให้เป็นระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ 1 เฟส 2 สาย 220 โวลท์ ซึ่งเป็นแรงดันที่เหมาะสมกับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ในปัจจุบันมีหม้อแปลงจำหน่ายขนาดต่างๆติดตั้งได้มากกว่า 40,000 สถานี มีขนาดรวมกันประมาณ 10,500 เอ็มวีเอ

6. สายไฟฟ้าแรงต่ำ

พลังไฟฟ้าแรงดันต่ำนี้ จะจ่ายออกจากหม้อแปลงด้วยสายอลูมิเนียมหุ้มฉนวนไปตามเสาไฟฟ้าที่มีความสูงเพียง 8 เมตร และ 10 เมตร หรือเกาะใต้กันสาดของอาคารพาณิชย์ พร้อมที่จะต่อเชื่อมให้กับบ้านและอาคารของประชาชนผู้ใช้ไฟฟ้าทุกรายความยาวของสายแรงต่ำในปัจจุบันรวมกันได้ประมาณ 19,000 วงจร-กิโลเมตร

7. เครื่องวัดไฟฟ้า

การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าให้ประชาชนนั้น การไฟฟ้านครหลวงจะต่อสายลงมาแล้วติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าที่เหมาะสมตามขนาดความต้องการพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้ง จากนั้นจึงต่อสายจากเครื่องวัดเชื่อมกับสายเมนของอาคารที่ผู้ใช้ไฟฟ้าเตรียมไว้ตามมาตราฐานที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนด ปัจจุบันจำนวนเครื่องวัดไฟฟ้าที่ติดตั้งในระบบจำหน่ายพลังไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงมีมากกว่า 1.7 ล้านเครื่อง

นอกจากนี้การจำหน่ายพลังงานไฟฟ้ายังต้องคำนึงถึงคุณภาพของพลังไฟฟ้าตลอดจนความมั่นคง และความปลอดภัยของระบบไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวงจึงตั้งศูนย์สั่งการระบบไฟฟ้าอยู่ที่สถานีต้นทางชิดลม ศูนย์สั่งการฯ นี้ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยควบคุมการปฏิบัติงานบันทึกและรายงานเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์และระบบไฟฟ้า นับตั้งแต่สถานีต้นทาง สายส่ง

พลังไฟฟ้า สถานีย่อยและสายป้อนต่างๆ ทำให้วิศวกรสามารถตัดสินใจแก้ปัญหาและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็ว

เป็นที่ประจักษ์ว่าระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเหล่านี้ การไฟฟ้านครหลวงจะต้องลงทุนเป็นจำนวนมาก นับตั้งแต่สถานีต้นทางจนถึงเครื่องวัดสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าทุกเครื่อง การไฟฟ้านครหลวงตระหนักดีว่า การมีระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าที่ดี และมีคุณภาพจะสามารถให้บริการความต้องการใช้พลังไฟฟ้า ได้ทุกขนาดของความต้องการและทุกแห่งในเขตจำหน่าย ดังนั้นการไฟฟ้านครหลวงจึงนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยงานวิเคราะห์ และวางแผนระบบไฟฟ้าเพื่อให้ระบบจำหน่ายพลังไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูง โดยจัดทำเป็นแผนปรับปรุง และขยายระบบจำหน่ายพลังไฟฟ้าระยะ 5 ปี ให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

<u>สถานีย่อย</u>

สถานีย่อย เป็นสถานีรับพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งเพื่อจ่ายสู่ระบบจ~ ประกอบด้วยการเปลี่ยนแรงดัน การตัดตอน การควบคุมและป้องกันระบบ เป็นต้น ถ้าอยู่ในบริเวณแหล่งกำเนิดไฟฟ้าจะเรียกว่า ลานไกไฟฟ้า **(Switch Yard)** ถ้าอยู่ระหว่างสายส่งไฟฟ้าและสายส่งไฟฟ้าย่อยเรียกว่า **สถานีต้นทาง (Terminal Station)** แต่ถ้าอยู่ใกล้ระบบจำหน่ายเรียกว่า **สถานีย่อยจำหน่าย (Distribution Substation)**

สถานีต้นทางเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของระบบ เพราะเป็นแหล่งรวมพลังงานจำนวนมากที่ส่งจากโรงไฟฟ้าหลายๆแห่งของระบบ ดังนั้นจึงต้องเลือกวงจรที่ใช้ในสถานีให้เหมาะสมกับความสำคัญดังกล่าวเพื่อไม่ให้เกิดอุปสรรคในการส่งพลังงานต่อไปยังส่วนอื่น สถานีย่อยที่ดีต้องสามารถรับและส่งพลังงานออกได้อย่างต่อเนื่อง ถ้าทางสถานีเกิดขัดข้องจะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าจำนวนมากเดือดร้อน สถานีต้นทางนอกจากเป็นแหล่งกระจายพลังงานออกแล้วยังทำหน้าที่ลดระดับแรงดันเพื่อให้เหมาะสมกับระยะทางที่จะใช้ในการส่งพลังงานต่อไปอีกด้วย **สายส่งไฟฟ้า (Transmision Line)** ที่ถูกลดระดับแรงดันลงเรียกว่า **สายส่งไฟฟ้าย่อย (Subtransmision Line)**

สายส่งไฟฟ้าย่อย ที่ออกมาจากสถานีต้นทางแห่งหนึ่งจะเชื่อมโยงกับสายส่งที่ส่งออกมาจากสถานีอื่นอีก โดยรวมกันที่สถานีย่อยจำหน่าย ดังนั้นสถานีย่อยจำหน่ายจึงมีความสำคัญรองลงจากสถานีต้นทาง เพราะรับและส่งพลังงานน้อยลง อย่างไรก็ตามที่สถานีย่อยจำหน่ายก็จะต้องมี

การจัดวงจรตามความสำคัญของสถานี เพื่อส่งพลังงานต่อไปยังระบบจำหน่ายและลดระดับแรงดันลงอีกเช่นเดียวกัน สายที่ออกมาจากสถานีย่อยจำหน่าย เรียกว่า **สายป้อนปฐมภูมิ (Primary Feeder)** บางครั้งเรียกว่า สายป้อนแรงสูง (High Tension Feeder) สายป้อนแรงสูงจะเดินรอบๆตัวเมือง และจะใช้หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer) ลดแรงดันลงเป็นจุดๆตามย่านชุมชน สายที่ออกจากหม้อแปลงจำหน่าย เรียกว่า **สายป้อนทุติยภูมิ (Secondary Feeder)** บางครั้งเรียกว่า **สายป้อนแรงต่ำ (Low Tension Feeder)** ใช้สำหรับเป็นสายจำหน่ายให้แก่บ้านพัก ย่านธุรกิจ และอุตสาหกรรมย่อย

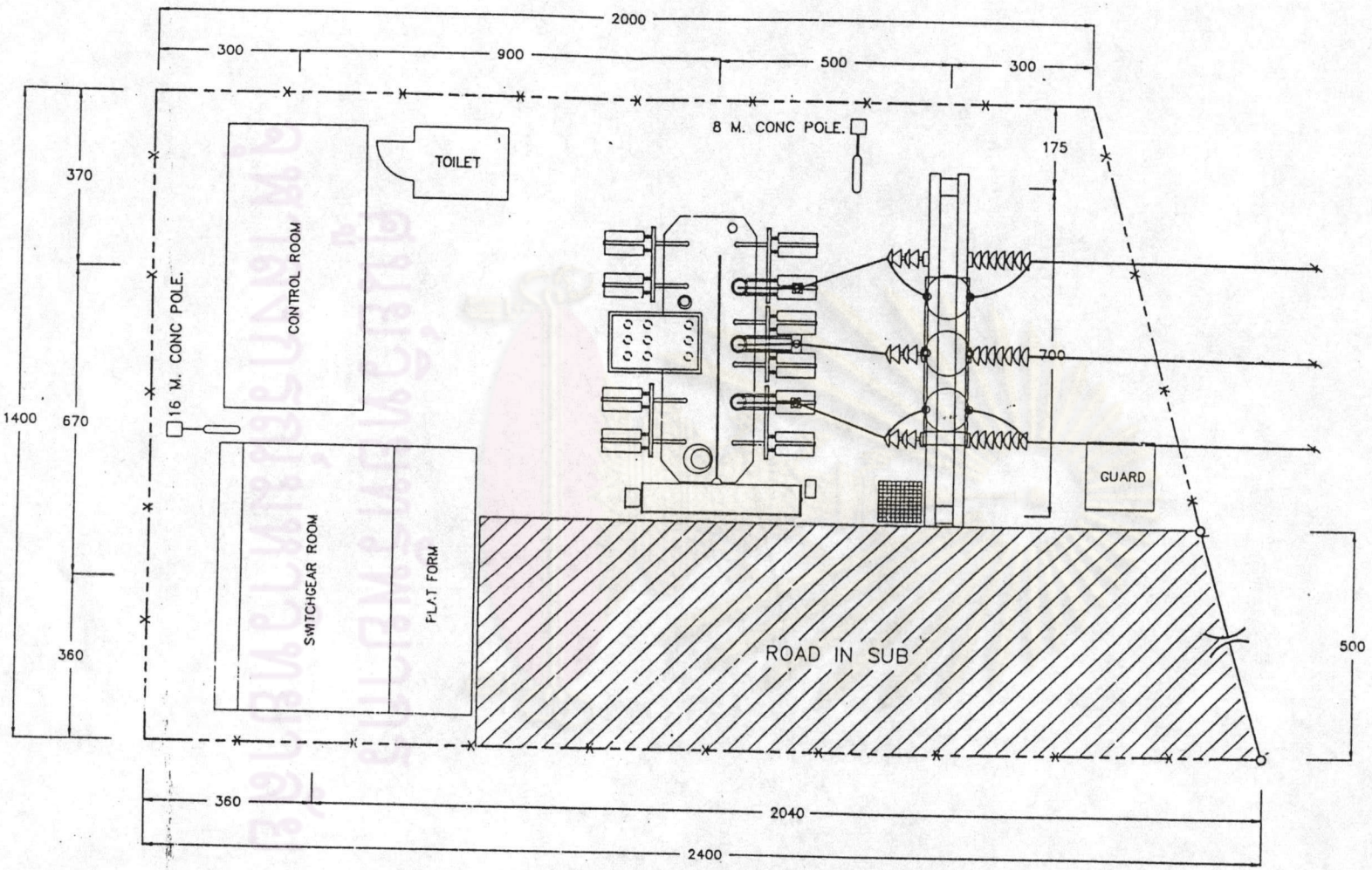
หน้าที่และวัตถุประสงค์ของสถานีไฟฟ้าย่อย

1. เป็นจุดเปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้า
2. เป็นจุดปรับระดับแรงดันให้อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ
3. เป็นจุดเชื่อมระหว่างระบบไฟฟ้ากับระบบจ่ายไฟ
4. เป็นจุดวัดปริมาณไฟฟ้า
5. เป็นจุดเชื่อมโยงระบบสื่อสาร โทรมาตร และป้องกันในสายส่ง
6. เป็นตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า อุปกรณ์ตัดต่อวงจร และอุปกรณ์ป้องกันเสิดจ์ (Surge)

เพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า ซึ่งศูนย์กลางการใช้ไฟฟ้าอยู่ห่างไกลจากแหล่งผลิตไฟฟ้า ดังนั้นจึงต้องส่งไฟฟ้าด้วยแรงดันไฟฟ้าระดับสูง เมื่อใกล้จะถึงแหล่งใช้ไฟฟ้าก็ลดระดับแรงดันลงมาก่อนที่จะส่งไปจ่ายให้กับผู้ใช้ไฟต่อไป การลดแรงดันจากระบบสายส่งไฟฟ้าแรงสูงลงไปถึงแรงดันระดับหนึ่งที่ทางการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะนำไปจ่ายถึงผู้ใช้ไฟฟ้านั้นกระทำกันในจุดที่เรียกว่า สถานีย่อยจำหน่าย สถานีดังกล่าวจะทำหน้าที่ควบคุมคุณภาพของไฟฟ้าที่จ่าย และมีหม้อแปลงไฟฟ้าที่จะทำหน้าที่ลดแรงดันของไฟฟ้าที่จ่ายออก ซึ่งปกติจะลดลงมาเหลือเพียง 11 หรือ 22 หรือ 33 กิโลโวลท์ แล้วแต่ที่มาตราฐานกำหนด

หม้อแปลงไฟฟ้าที่ประจำอยู่ตามสถานีไฟฟ้าแรงสูงต่างๆ นั้น มีความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าที่ปริมาณระดับหนึ่ง โดยเหตุนี้ เมื่อมีการใช้ไฟฟ้าเพื่อขึ้นก็จำเป็นต้องติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพื่อให้มีพิกัดเพียงพอ

รูปที่ 3.5 แบบ Layout ของสถานีย่อยแห่งหนึ่ง



PLAN | 1:100

NOTES.:-

1. ALL DIMENSION ARE-IN-CENTIMETRE.
2. -x- - -x- MEANS CHAN-LINKED FENCE.

MEA	ELECTRICAL DESIGNS & CIVIL ENGINEERING WORKS DEPARTMENT.	
DRN J. VERACHON.	ELECTRICAL DESIGNS DIV	SUBSTATION DESIGN SECT.
ENGR	SRITHANYA 69/12kV. SUBSTATION GENERAL LAYOUT PLAN	SH NO 2 OF 2
CHF		DWG NO 05A3-62SH 02T
DATE 08/02/82		

อุปกรณ์ในสถานีย่อย (Substation Equipment)

สถานีย่อย (Substation Equipment) เป็นจุดรับและเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมสำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังจุดใช้งานตามแหล่งต่างๆ อุปกรณ์ในสถานีย่อยที่สำคัญประกอบด้วย

1. Power Transformer
2. High Voltage Circuit-Breakers
3. Current Transformer
4. Voltage Transformer
5. Disconnecting Switch/Isolator
6. Lightning Arrester
7. Medium Voltage Switchgears
8. Battery
9. Charger

สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ (Circuit Breakers)

จากที่กล่าวมาในตอนต้นแล้วว่าไฟฟ้าแรงสูงนั้นยิ่งสูงมากเท่าใดก็ยิ่งมีอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินมากเท่านั้น การปลดวงจรออกจากระบบในขณะที่มีกระแสจำนวนมากไหลอยู่ จะมีเปลวอาร์กเกิดขึ้นระหว่างหน้าสัมผัสทั้งสอง ความรุนแรงของอาร์กจะขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลในวงจร ถ้าใช้สวิตช์ธรรมดาปลดวงจรแล้วความร้อนที่เกิดจากการอาร์กจะทำให้ขาสวิตช์ หรือหน้าสัมผัสไหม้เสียหายอีกทั้งอาจเป็นอันตรายแก่บุคคลที่ปลดสวิตช์นั้นได้ ฉะนั้นถ้าต้องการปลดวงจรในลักษณะเช่นนี้ต้องเลือกอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่เรียกว่า สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ (Circuit Breaker) ทั้งนี้เพราะสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติมีชิ้นส่วนประกอบขึ้นเป็นพิเศษเพื่อทำการดับอาร์กไปในเวลาสั้นที่สุด นอกจากการใช้สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติเพื่อปลดหรือสับวงจรในสภาพระบบไฟฟ้าปกติแล้ว ประโยชน์อันสำคัญยิ่งก็คือการทริปเมื่อเกิดฟอลต์ขึ้นในระบบไฟฟ้า กระแสฟอลต์จะมีค่าสูงเป็นหลายเท่าตัวของกระแสใช้งานปกติ อาร์กก็ยิ่งรุนแรงมากขึ้น ในขณะเดียวกันการที่สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ จะทริปได้นั้น จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์อื่นประกอบให้สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ

ทำงานอย่างอัตโนมัติ อีกทั้งเมื่อฟอลต์ผ่านพ้นไปแล้ว สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติจะถูกสั่งให้สับซ้ำ (reclose) เข้าไปใหม่เช่นกัน เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อไปตามเดิม

สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ ถ้าแบ่งตามแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานตามมาตราฐาน IEC จะแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มที่ใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 600 โวลท์ (ระบบแรงดันไฟฟ้าต่ำ) และกลุ่มที่ใช้แรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 600 โวลท์ (ระบบแรงดันไฟฟ้าสูง) สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติที่ใช้ในสถานีย่อยจะเป็นกลุ่มที่ใช้แรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 600 โวลท์ทั้งสิ้น

สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติแรงสูงจำแนกตามพิกัดแรงดันไฟฟ้าได้ดังนี้

1. สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติแรงสูงปานกลาง (Medium Voltage Circuit Breaker) คือ สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติที่ใช้กับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับตั้งแต่ 1.5 กิโลโวลท์-34.5 กิโลโวลท์
2. สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติแรงสูง (High Voltage Circuit Breaker) คือสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติที่ใช้กับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับตั้งแต่ 34.5 กิโลโวลท์ ขึ้นไป

อนึ่งสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติที่ใช้กับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับตั้งแต่ 1.5 กิโลโวลท์ขึ้นไป คือ สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติแรงสูงปานกลางและสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติแรงสูง จะเรียกรวมๆกันว่า **สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติกำลังแรงสูง (High Voltage Power Circuit Breaker)**

สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ เป็น อุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้เปิด-ปิดวงจรไฟฟ้า และจะเปิดวงจรไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ เมื่อมีกระแสไหลเกินกำหนด โดยที่ตัวมันเองไม่ชำรุดเมื่อใช้ภายในพิกัดของตัวมันเองอย่างเหมาะสม

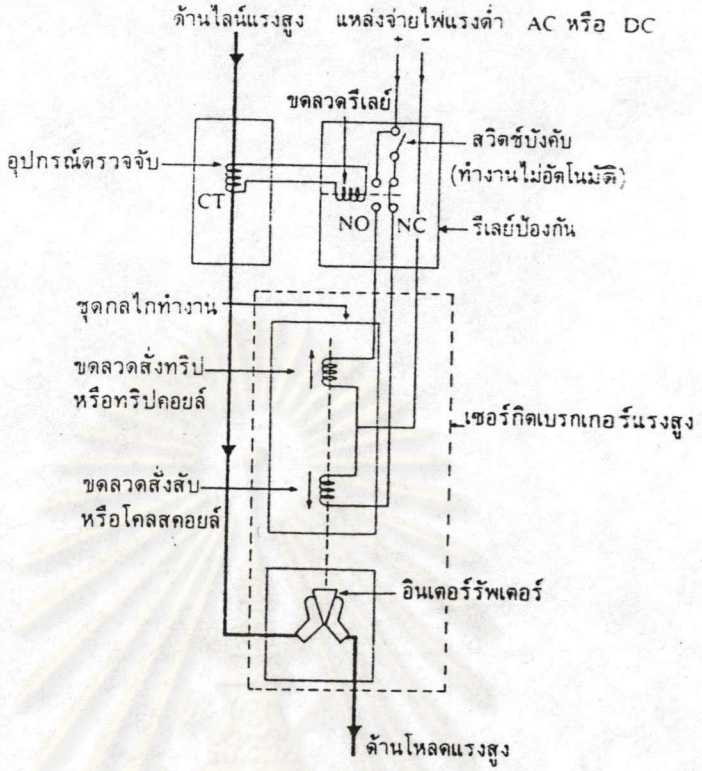
สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ เป็นอุปกรณ์เปิด-ปิดทางกลที่สามารถนำกระแส (Carrying Current) สามารถทนกระแสขณะต่อวงจร (Making Current) และสามารถทนกระแสขณะตัดวงจร (Breaking Current) ได้ในสภาพวงจรปกติ รวมถึงสามารถทนกระแสขณะต่อวงจร และนำกระแสในช่วงเวลาที่กำหนดได้ และทนกระแสขณะตัดวงจรได้ในสภาวะผิดปกติขณะไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit) โดยทั่วไปมีจุดมุ่งหมายที่จะไม่ใช้งานในกรณีนี้บ่อยนักถึงแม้ว่าบางชนิดจะสามารถใช้งานบ่อยๆ ได้

สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ ประกอบด้วย Contracts หลัก 2 ชนิด คือ Fixed Contract และ Moving Contract ซึ่งมักจะทำด้วยโลหะที่ทนต่อ อาร์ก เช่น Sintered Copper Tungsten Alloy โดยปกติจะต่อถึงกันเพื่อจ่ายกระแสไฟให้กับวงจรไฟฟ้าเมื่อ Contracts หลัก 2 ชนิด คือ Fixed Contract และ Moving Contract ซึ่งถ้ากระแสยิ่งสูง อาร์ก นี้จะรุนแรงขึ้นทำให้เกิดเปลว อาร์ก กระโดดข้ามระหว่าง Fixed Contract และ Moving Contract ถ้ากระแสยิ่งสูง อาร์ก นี้จะยิ่งรุนแรงขึ้นทำให้เกิดอุณหภูมิสูงมากบริเวณที่เกิด อาร์ก นั้นประมาณ 20,000 °K ความร้อนของ อาร์ก จะทำให้ ก๊าซ โดยรอบเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Ionization คือ จะมี อิเลคตรอน ถูกขับไล่ออกมาจาก อะตอม ของ ก๊าซ ที่ร้อน จึงเกิดการชนแตกตัวของตัวกลางเป็น อิออน และ อิเลคตรอน จำนวนมาก อิเลคตรอน เหล่านี้จะเป็นตัวนำกระแสใน อาร์ก อย่างดี ทำให้เกิด Ionization ต่อเนื่องกันในกระแสสลับ เมื่อกระแสลดลงจนถึงศูนย์ อาร์ก จะเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการรวมตัวกันระหว่าง อิออน และ อิเลคตรอน ซึ่งเรียกว่า De-ionization กลายเป็นตัวกลางที่ไม่นำไฟฟ้า และทำให้กระแสหยุดไหลได้ เมื่อค่าความฉนวนระหว่าง Contracts สูงเกินกว่า Recovery Voltage ของ Contracts นั้น การดับ อาร์ก ที่เกิดขึ้นนี้จะต้องทำให้เร็วที่สุดด้วยวิธีการต่างๆ เหล่านี้ คือ

1. เพิ่มความต้านทานระหว่างอาร์ก
2. เพิ่มค่าฉนวนระหว่าง Contracts
3. เพิ่มระยะทางให้กับอาร์ก
4. เพิ่มความเร็วของ Contracts ขณะปลดออกจากกัน
5. แยกอาร์กออกเป็นหลายๆส่วน

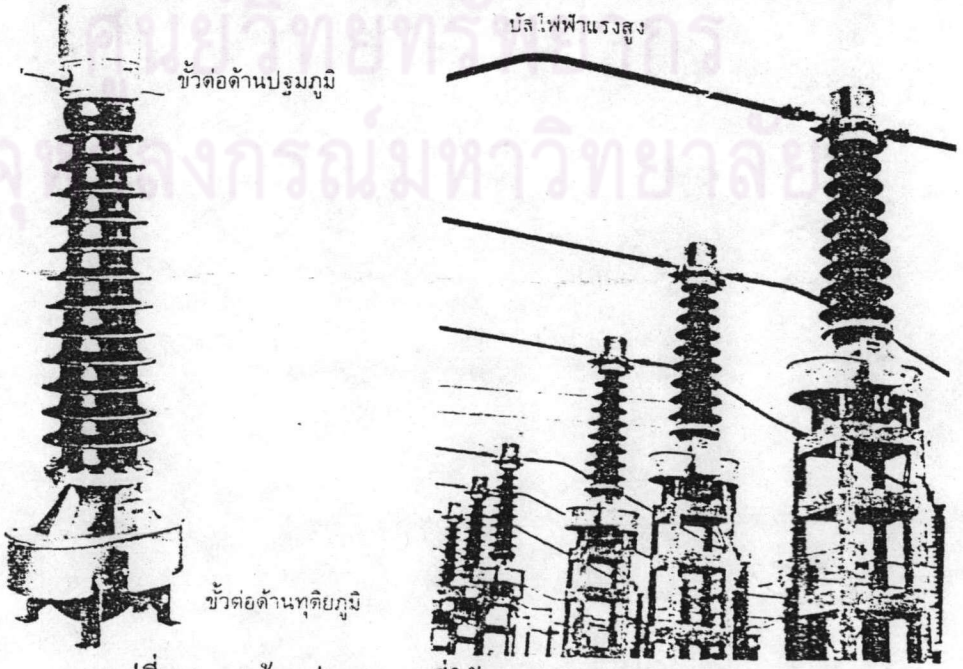
สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ นอกจากจะต้องออกแบบให้สามารถทนต่อการ Short Circuit แล้ว ยังต้องออกแบบให้ทนต่อการ Switching ของ Reactors, Transformers, Capacitors และ Cable ได้อีกด้วย

การใช้สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติเพื่อป้องกันระบบไฟฟ้า จะต้องอาศัยอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบและร่วมประสานงานกัน 4 อย่างคือ อุปกรณ์ตรวจจับ รีเลย์ป้องกัน กลไกการทำงาน และ อินเตอร์รัพเตอร์ ดังรูปที่ 3.6

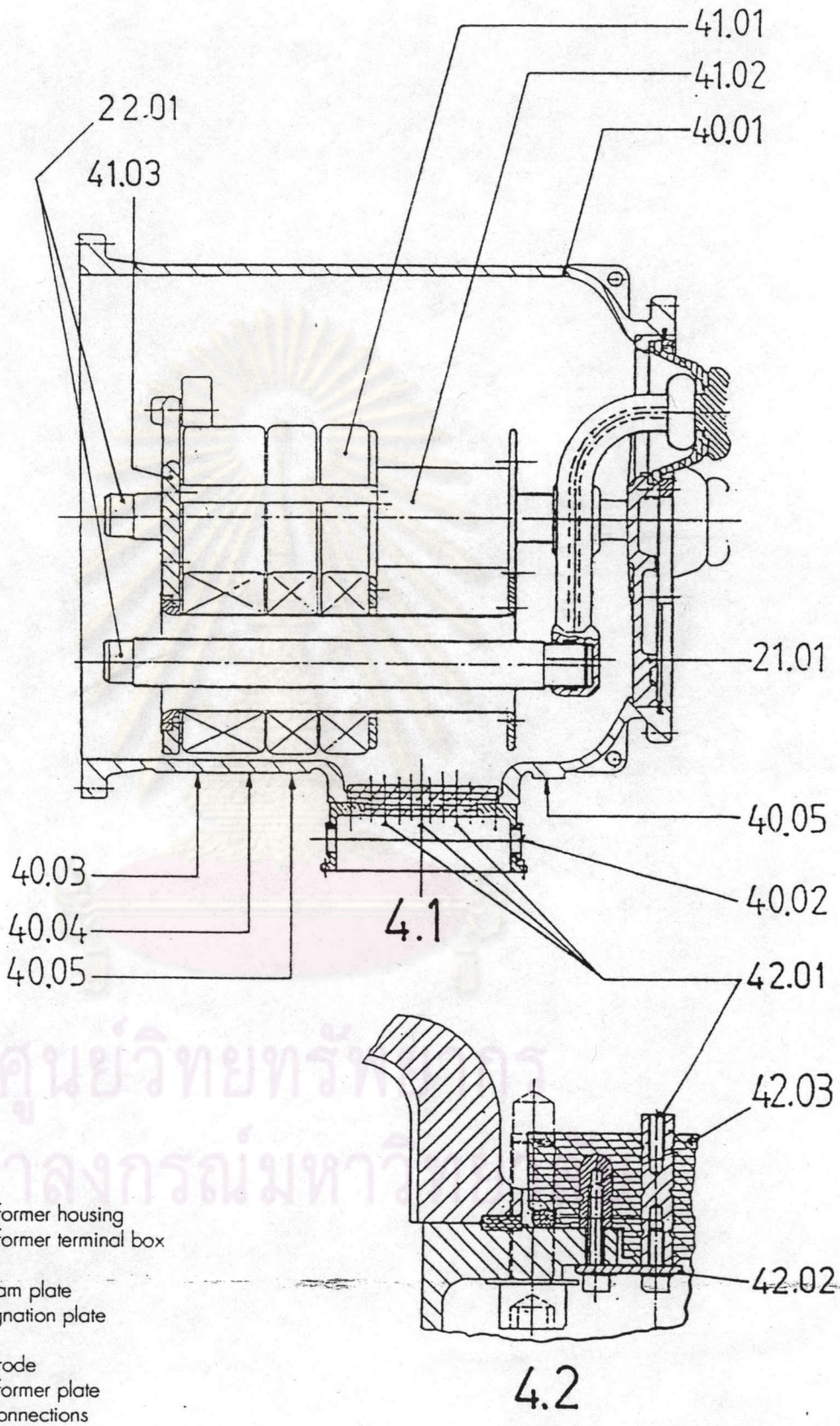


รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ

1. อุปกรณ์ตรวจจับ (Sensing Device) ส่วนนี้จะทำหน้าที่คล้ายยามระวังเหตุ เมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าก็จะส่งสัญญานบอกเหตุมายังรีเลย์ป้องกัน ส่วนส่งสัญญานนี้ ได้แก่ หม้อแปลงกระแส หม้อแปลงแรงดัน ทั้งนี้เพื่อให้ลดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งานกับรีเลย์ หรืออุปกรณ์อื่นๆ

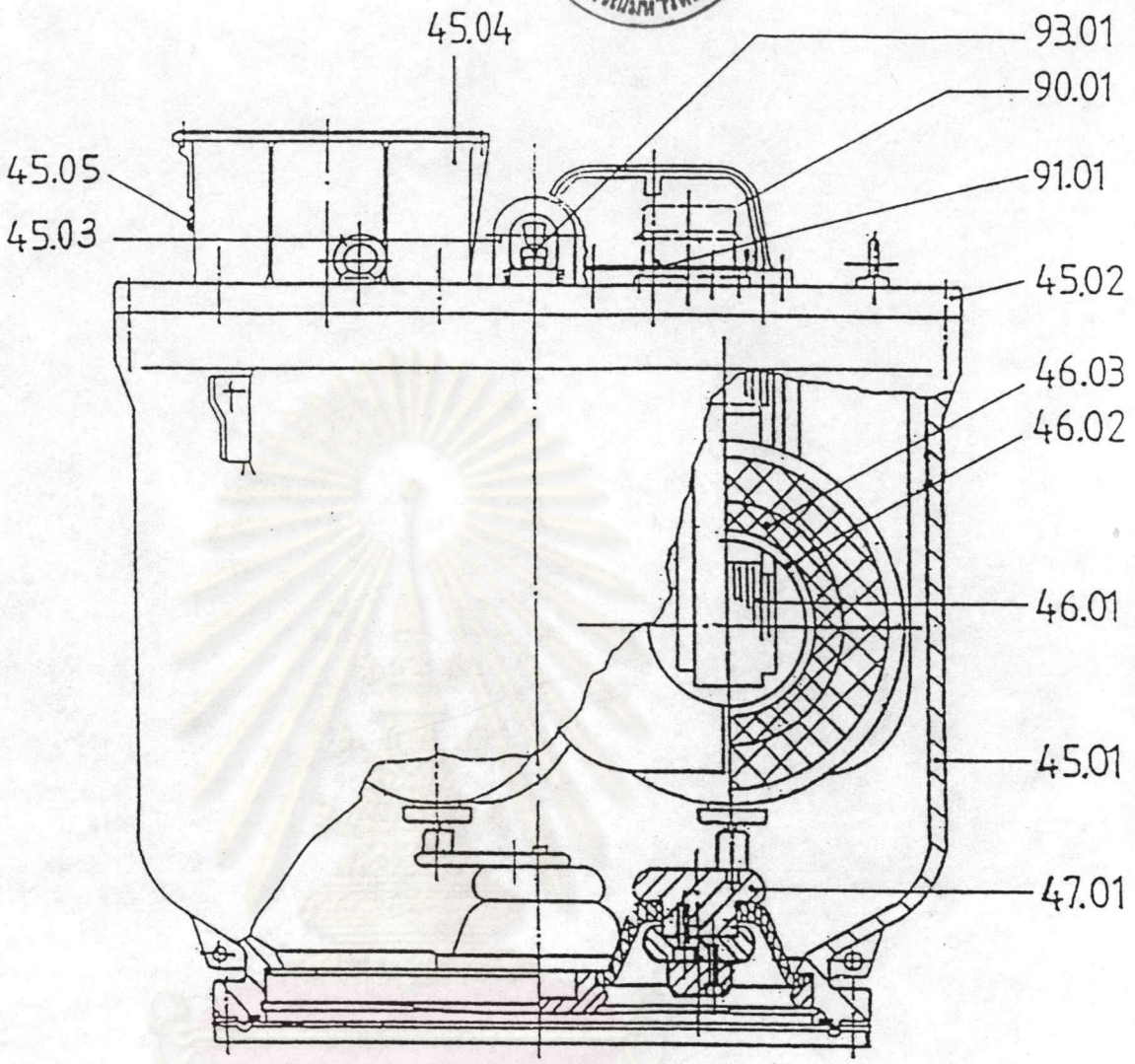


รูปที่ 3.7 หม้อแปลงกระแสที่ใช้ภายนอกอาคารในระบบ 115 KV



21.01 Cone plate
22.01 Conductor
40.01 Current transformer housing
40.02 Current transformer terminal box
40.03 Rating plate
40.04 Circuit diagram plate
40.05 Polarity designation plate
41.01 Core
41.02 Tubular electrode
41.03 Current transformer plate
42.01 Secondary connections
42.02 Earthing clip
42.03 Bushing plate

รูปที่ 3.8 แสดง Assembly Drawing ของ หม้อแปลงกระแส



5.1

45.01 Voltage-transformer housing
45.02 Flat cover of voltage transformer
45.03 Lifting lugs
45.04 Terminal box of voltage transformer
45.05 Rating plate
46.01 Core
46.02 Secondary winding
46.03 High-voltage winding
47.01 High-voltage connection
90.01 Densimeter
91.01 Rupture disc
93.01 Gas nipple

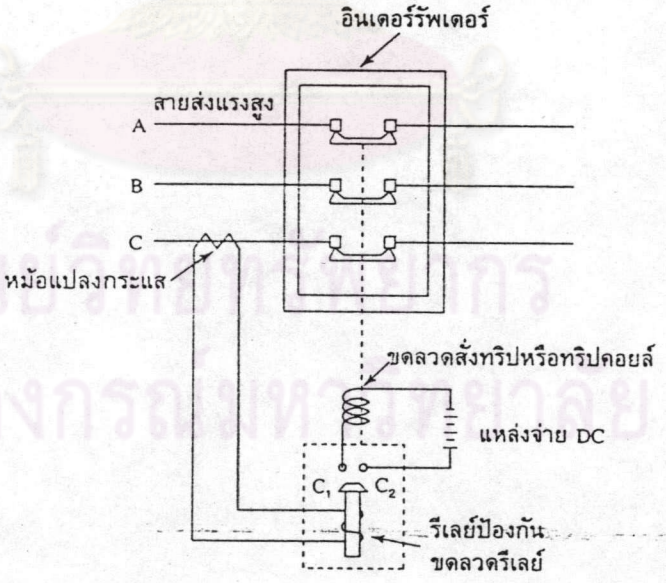
รูปที่ 3.9 แสดง Assembly Drawing ของ หม้อแปลงแรงดัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. รีเลย์ป้องกัน เป็นอุปกรณ์รับสัญญานจากอุปกรณ์ตรวจจับ พร้อมกับสั่งการไปยังกลไกการทำงาน เพื่อให้สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติทริป หรือสั่งสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติสับซ้ำ ตามแต่ชนิดของรีเลย์นั้นๆ เช่น รีเลย์กระแสเกิน รีเลย์ชนิดสับซ้ำ หรือรีเลย์อื่นๆ

สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติที่ใช้ร่วมกับรีเลย์ป้องกัน จะติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่สามารถสั่งทริป เพื่อแยกวงจรออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หม้อแปลง บัส สายส่ง หรืออื่นๆออกจากระบบในส่วนที่เกิดฟอลต์โดยที่สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติจะต้องมีขนาดที่เหมาะสมและสามารถทนกระแสสูงสุดชั่วขณะที่กำลังลัดวงจรได้

การทริปสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัตินั้นจะอาศัยรีเลย์ป้องกัน ดังรูปที่ 3.10 ขดลวดสั่งทริปข้างหนึ่งจะต่ออยู่กับแหล่งจ่าย DC ถ้าเกิดฟอลต์ด้านสายส่งแรงสูง กระแสทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแสก็จะสูงขึ้น ทำให้หน้าสัมผัส C_1 และ C_2 ของรีเลย์ป้องกันปิด ไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายอื่นๆจะจ่ายให้กับขดลวดสั่งทริป ดึงหน้าสัมผัสของสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติให้ปลดวงจร



รูปที่ 3.10 วงจรพื้นฐานการสั่งทริปสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติเพียงเฟสเดียว

3. ชุดกลไกทำงาน (Operating Mechanism) เป็นกลไกกำกับการทำงานของสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ ได้แก่ ขดลวดสั่งทริป (tripping coil) และขดลวดสั่งสับ (closing coil) ชุดกลไกทำงานจะส่งแรงไปปลดหรือสับหน้าสัมผัสของสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติตามคำสั่งของรีเลย์

ชุดกลไกทำงาน ที่ใช้กับสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติประเภทต่างๆทั่วไป แบ่งตามลักษณะการทำงานออกเป็น 6 ชนิดคือ

3.1 การทำงานด้วยมือ (Manual Operation)

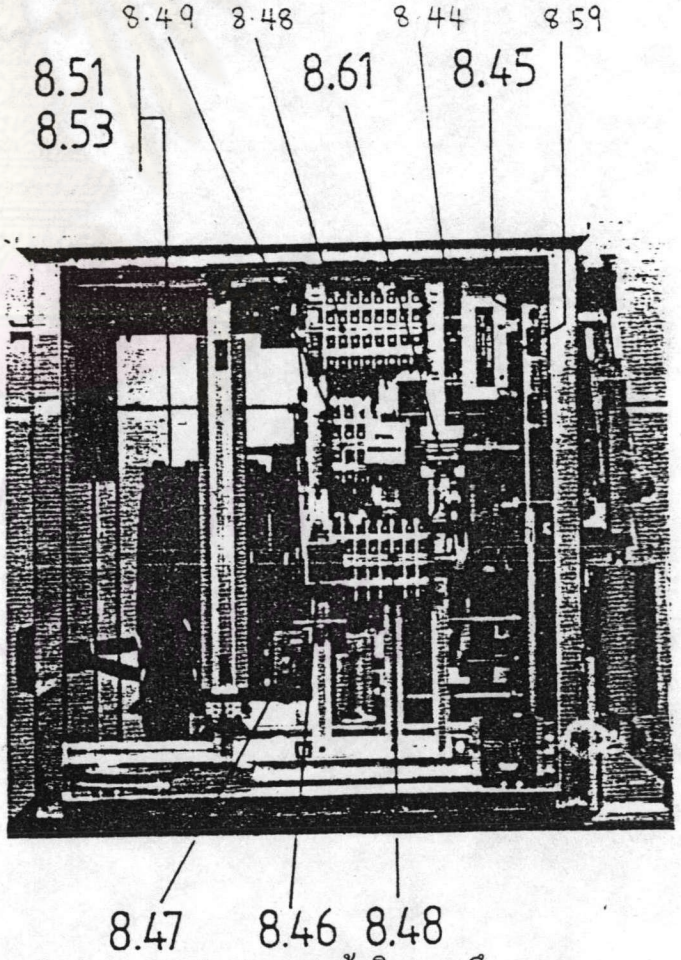
3.2 การทำงานด้วยโซลีนอยด์ (Solinoid Operation)

3.3 การทำงานด้วยมอเตอร์ (Motor Operation)

3.4 การทำงานด้วยสปริง (Spring Operation)

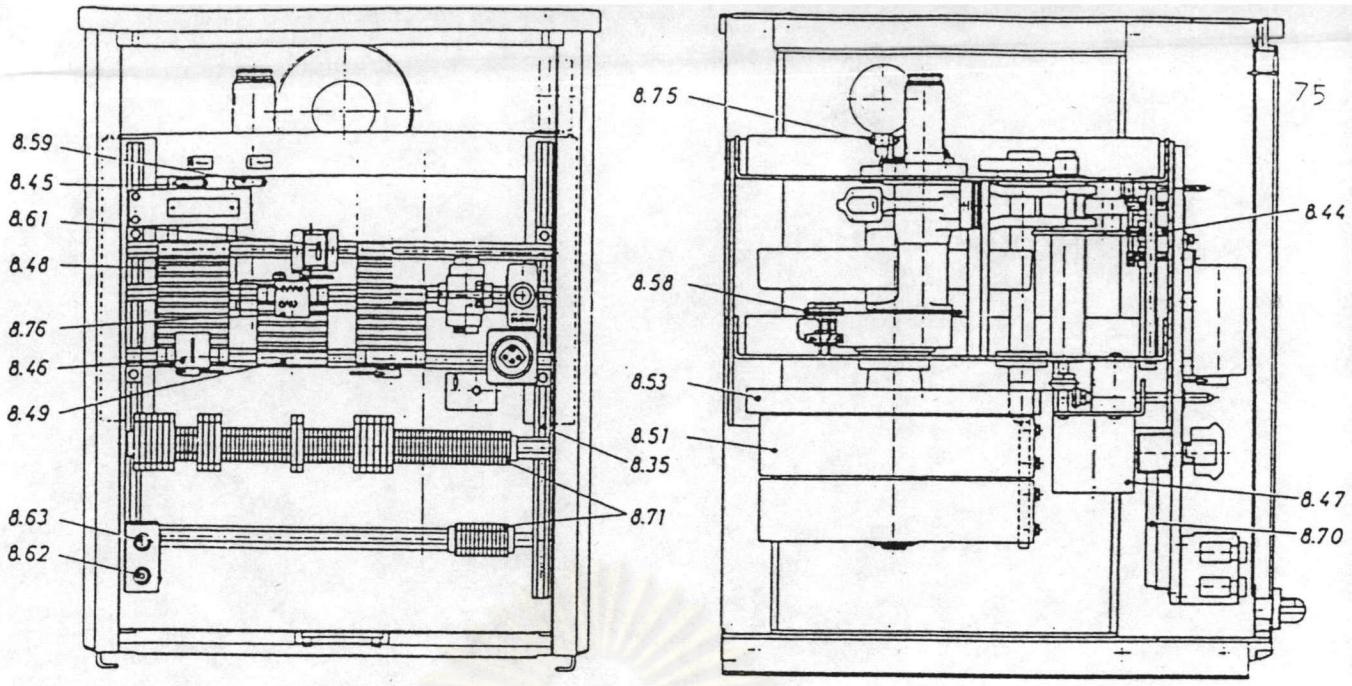
3.5 การทำงานด้วยนิวแมติก (Pneumatic Operation)

3.6 การทำงานด้วยไฮโดรลิก (Hydraulic Operation)

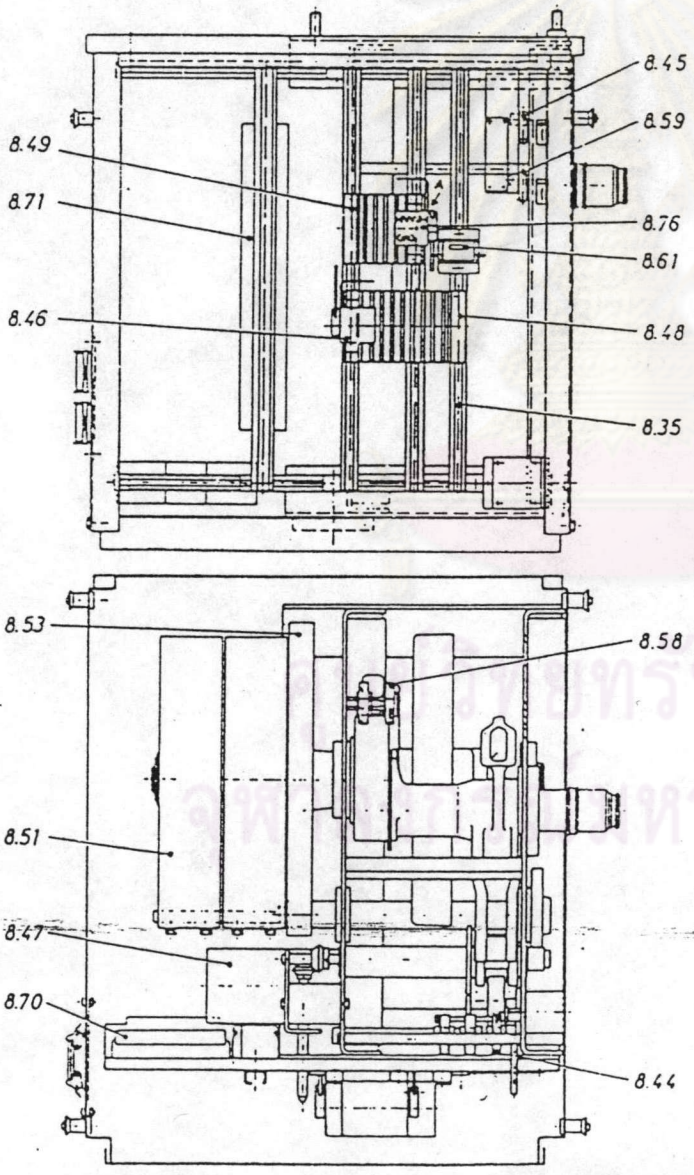


8.44 Trip magnet and coil
8.45 Manual trip lever
8.46 Position indicator
8.47 Motor
8.48 Auxiliary switch
8.49 Limit switch
8.51 Closing spring
8.53 Spring housing
8.59 Manual closing lever
8.61 Number-of-operations counter

รูปที่ 3.11 Motor-Wound Spring Operating Mechanism ของผู้ผลิตรายหนึ่ง



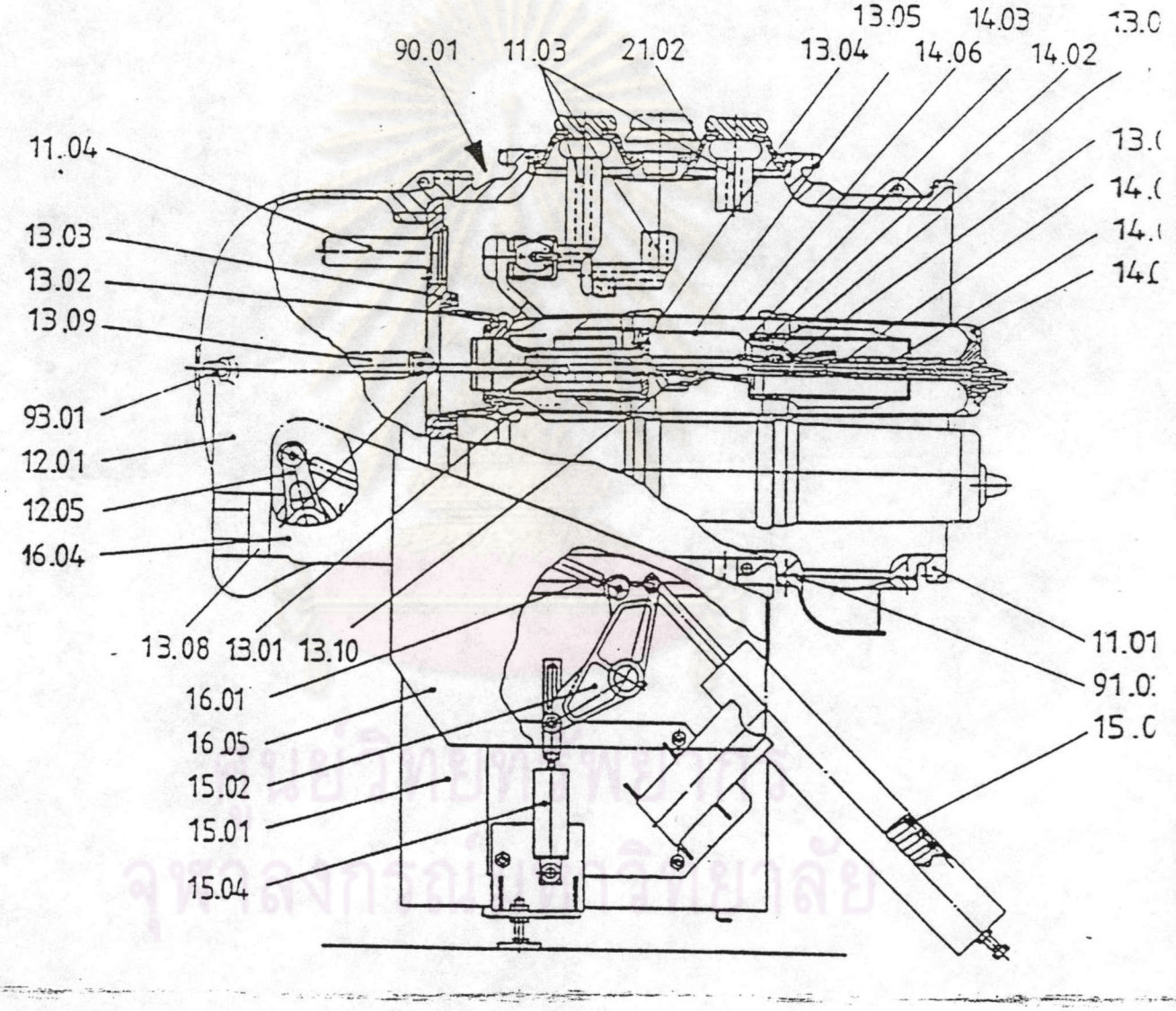
FKF 2-6C



8.35 Apparatus panel
8.44 Trip magnet
8.45 Manual trip lever
8.46 Position indicator
8.47 Motor
8.48 Auxiliary switch
8.49 Motor limit switch
8.51 Closing spring
8.53 Spring housing
8.58 Closing magnet
8.59 Manual closing lever
8.61 Operations counter
8.62 Trip push button
8.63 Close push button
8.70 Heater
8.71 Terminals
8.75 Pressure gauge
8.76 Spring position indica

รูปที่ 3.12 โครงสร้างของ Operting Mechanism ของผู้ผลิตรายหนึ่ง

4. อินเตอร์รัพเตอร์หรือตัวตัดกระแส (Interrupter) ชิ้นส่วนนี้ได้แก่หน้าสัมผัสของสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ จะถูกสั่งให้แยกจากกัน ทำให้เกิดอาร์ก และทำหน้าที่ควบคุมการดับอาร์ก (arc extinguisher)



รูปที่ 3.13 แสดงโครงสร้างของ Interrupter Modul

สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ แบ่งตามตัวกลางที่ใช้ในการดับอาร์ก (Arc) ได้ 4 ชนิด คือ

1. Oil Circuit Breakers (OCB)
2. Air Circuit Breakers (ACB)
3. Gas Circuit Breakers (GCB)
4. Vacuum Circuit Breakers (VCB)

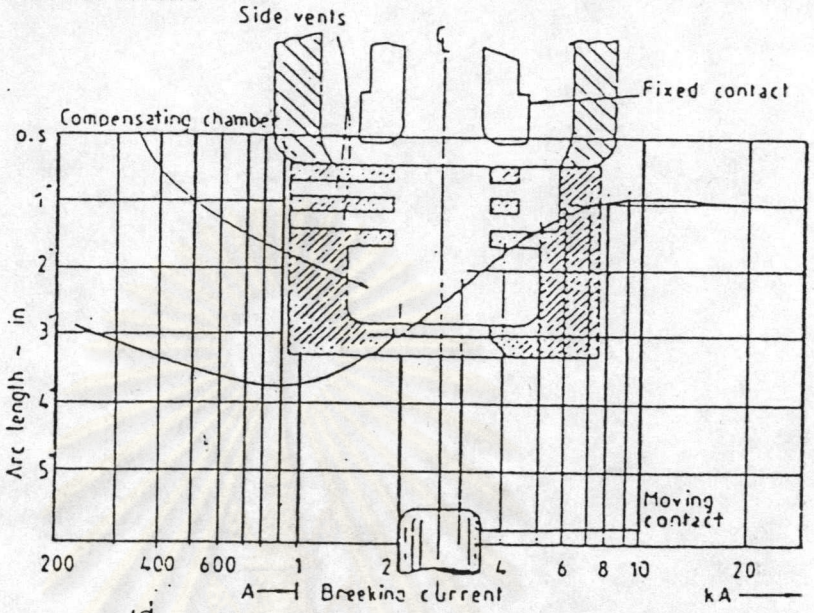
1. Oil Circuit Breakers (OCB)

OCB ใช้น้ำมันหม้อแปลงฉนวน และเป็นตัวช่วยในการดับอาร์ก เนื่องจากน้ำมันหม้อแปลงมีค่าไดอิเล็กตริก (dielectrice) ดีกว่าอากาศ น้ำมันหม้อแปลงเมื่อถูกอาร์ก จะแตกตัวเป็นก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ประมาณ 70% โดยมีก๊าซเอทธีลีน (C_2H_4) และก๊าซมีเทน (CH_4) ปนอยู่ด้วย ไฮโดรเจนจำนวนมากที่เกิดขึ้นนี้ อยู่ในที่จำกัดจึงเกิดความดันสูง ไฮโดรเจนที่ความดันสูง ไฮโดรเจนที่ความดันสูงนี้จะเป็นตัวช่วยในการดับอาร์กได้อย่างดี เพราะมีคุณสมบัติในการระบายความร้อนได้ดีที่ความดันสูง ในระยะแรกของ OCB จะมีหน้าสัมผัส (contact) จุ่มอยู่ในถังน้ำมัน การเคลื่อนไหวของน้ำมัน ผลของการระบายความร้อนของก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากอาร์ก และระยะห่างของหน้าสัมผัสจะเป็นส่วนประกอบของการลดอุณหภูมิของอาร์กที่เกิดขึ้น และเพิ่มค่าความคงทนของไดอิเล็กตริก (dielectric strength) ทำให้ตัดกระแสลัดวงจรได้ เมื่อกระแสลัดวงจรมีค่าสูงขึ้น จะเกิดความดันเนื่องจากการแตกตัวของน้ำมันสูงมากขึ้น จึงต้องออกแบบถังใส่น้ำมันให้แข็งแรงและทนความดันสูง รวมทั้งต้องพิจารณาถึงสัดส่วนของอากาศที่อยู่เหนือน้ำมันในการออกแบบด้วย OCB แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

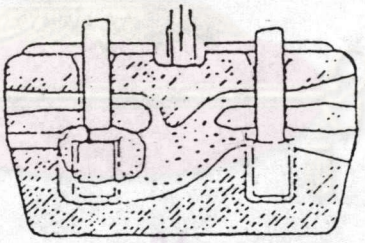
ก. Bulk Oil Circuit Breakers

OCB ชนิดนี้จะมีถังโลหะที่ใส่น้ำมันต่อลงดิน จึงเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า แบบตัวถังไม่มีไฟ (Dead-tank circuit-breaker) หน้าสัมผัสของ OCB นี้มีทั้งชนิดเฟสเดียว และชนิดสามเฟสอยู่ในถังเดียวกันเรียกว่า single tank ส่วนใหญ่หน้าสัมผัสของแต่ละเฟสจะเป็นแบบ double break OCB ชนิดนี้มีการพัฒนามากในประเทศอังกฤษ มีการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมอาร์กแบบ Side-vented (รูปที่ 3.14) และแบบ Caton arc trap (รูปที่ 3.15) ทำให้สามารถใช้ดับอาร์กเนื่องจาก

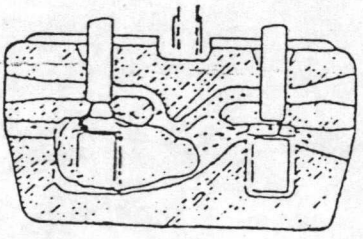
กระแสลัดวงจรทุกระดับได้เป็นอย่างดี ข้อเสียคือต้องใช้น้ำมันมาก จึงไม่เหมาะที่จะใช้กับไฟฟ้าแรงดันสูงๆ เพราะจะมีราคาแพง



รูปที่ 3.14 Oil circuit breakers arc characteristic

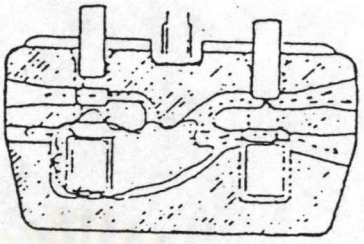


ก. Primary arc strikes-pressure rises.

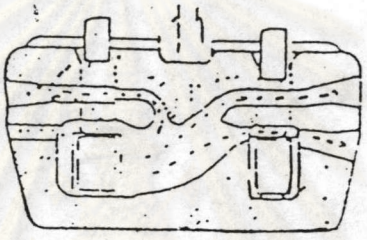


ข. Pressurrised oil flow attacks secondary arc

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค. Near current zero oil and gas flows cool arc

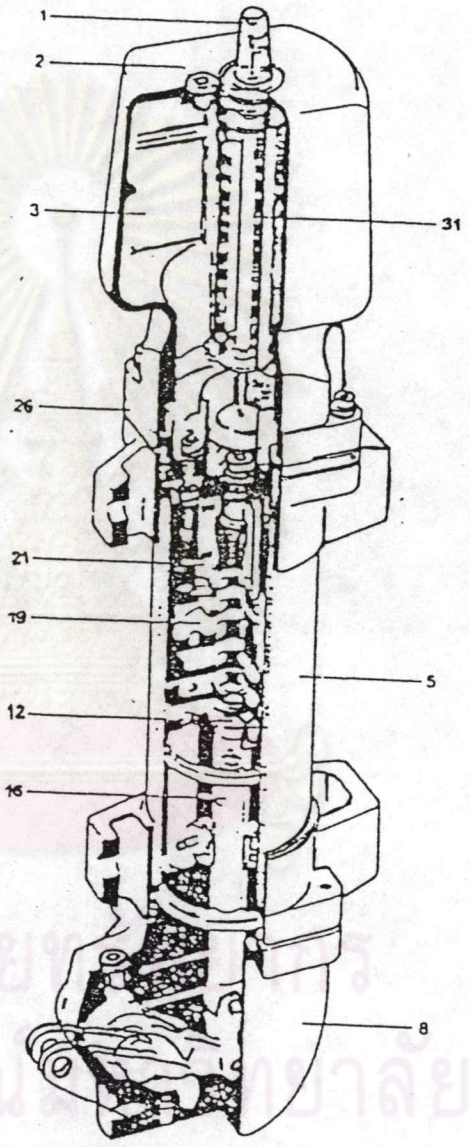


ง. Arc trap purgad pressure dissipated

รูปที่ 3.15 The operation of the Caton arc trap

ข. Minimum Oil Circuit Breakers

OCB ชนิดนี้มีหลักการในการดับอาร์กเช่นเดียวกับแบบแรก แต่ใช้น้ำมันเพียงเล็กน้อย หน้าสัมผัสจะเป็นชนิดเฟสเดียวแบบ Single break บรรจุอยู่ในกระบอกฉนวนซึ่งทนความดันสูง การดับอาร์กทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ. สามารถสร้างให้ใช้งานกับแรงดันไฟฟ้าสูงๆ ได้ (รูปที่ 3.16) OCB ชนิดนี้มีการพัฒนามากในยุโรป



1. Oil guage
2. Oil filter prug
3. pressure compensation chamber
5. Guenening chamber tacke
8. Guice tube
12. Switch pin
16. Rone contact guice
19. Arc-Guenening insert
21. Tube contact
26. Contact noider
31. Oil separater

รูปที่ 3.16 Minimum oil circuit-breakers

ข้อดีของ Oil Circuit Breakers (OCB)

ก. สร้างง่าย มีกลไกประกอบไม่จุกจิก

ข. ไม่ต้องมีระบบอัดอากาศ

ค. น้ำมันเป็นฉนวนที่ดีกว่าอากาศ จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการดับอาร์กมากกว่า

ข้อเสียของ Oil Circuit Breakers (OCB)

ก. ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันใหม่ เมื่อน้ำมันสกปรกหรือมีคุณภาพต่ำลง

ข. ต้องมีการตรวจสอบเป็นประจำ

ค. สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติมีน้ำหนักมาก

ง. น้ำมันเป็นอันตรายต่อการเกิดอัคคีภัย

2. Air Circuit Breakers (ACB)

ในยุโรป ACB ได้พัฒนาขึ้นมามาก และใช้แทน OCB ในระบบแรงดันปานกลางในหลายประเทศ อย่างไรก็ตามในบางแห่ง เช่น ฝรั่งเศส และอิตาลี ก็มีการพัฒนา ACB มาใช้ในระบบแรงดัน 15 KV แต่ส่วนใหญ่จะถูกจำกัดให้ใช้เฉพาะแรงดันต่ำ หรือบริเวณที่เสี่ยงต่อการติดไฟของน้ำมัน ในสหรัฐอเมริกา ACB มีใช้อยู่ส่วนใหญ่ในระบบแรงดันถึง 15 KV ก่อนที่จะมีเทคโนโลยีใหม่ของ Vacuum และ SF_6 มาใช้งานแทน หลักการในการดับอาร์กของ ACB คือ

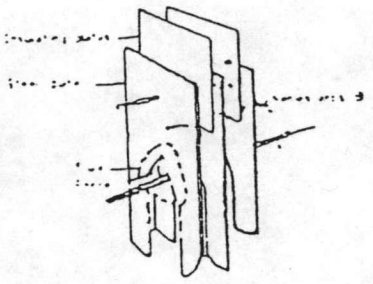
ก. ลดอุณหภูมิของอาร์กอย่างรวดเร็ว โดยใช้รางดับอาร์ก (arc chute) (รูปที่ 3.17)

ข. ยืดอาร์กให้ยาวขึ้นเพื่อเพิ่มแรงดันอาร์ก โดยใช้สนามแม่เหล็ก (magnetic field)

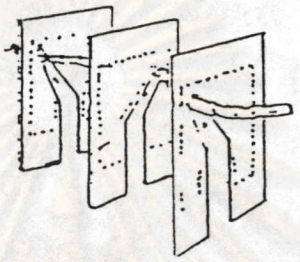
ค. แยกอาร์กออกเป็นส่วนๆ โดยใช้ arc splitter plate ในรางดับอาร์ก

การดับอาร์กโดยใช้อากาศของ ACB นี้จะเกิดพลังงานสูงมากในรางดับอาร์ก ทำให้อุปกรณ์มีขนาดใหญ่ หนัก และราคาแพง การดับอาร์กของ ACB ไม่ขึ้นอยู่กับกระแสขณะเป็นศูนย์ ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้ควบคุม และป้องกันวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ACB แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ Air-blast circuit-breskers และ Magnetic air-break circuit-breskers

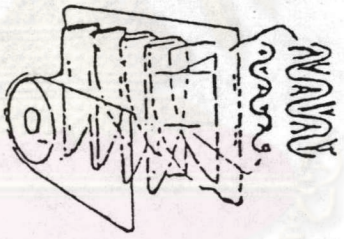
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



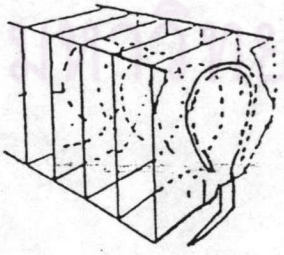
ก. Mutiple arc chute



ข. Offset-slot arc chut



ค. Serpenting arc chute



ง. Sotangrc arc chute

รูปที่ 3.17 Air circuit-breakers arc chutes

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อดีของ Air Circuit Breakers (ACB)

ก. ไม่มีอันตรายจากระเบิดหรือเกิดไฟไหม้ จึงสามารถติดตั้งทั้งภายในและภายนอกอาคาร

ข. การทำงานมีความเร็วสูง จึงเหมาะใช้สำหรับการสับซ้ำรวดเร็ว

ค. สามารถจัดให้อินเตอร์รัพเตอร์ต่ออนุกรม เพื่อใช้กับแรงดันและสามารถอินเตอร์รัพต์สูงๆได้

ง. มีน้ำหนักมาก

ข้อเสียของ Ail Circuit Breakers (ACB)

ก. การทำงานมีเสียงดัง

ข. มีโอกาสที่ลมจะรั่ว

ค. การบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศมีความยุ่งยาก

ง. มีราคาแพงกว่า Oil Circuit-Breaker (OCB)

3. Gas Circuit Breaker (GCB)

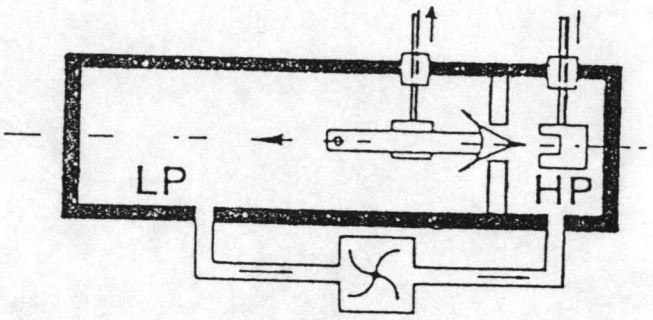
GCB ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ในระบบส่งกำลังไฟฟ้าในปี 1960 โดยบริษัทเวสติ้งเฮาส์ของอเมริกาโดยใช้ก๊าซ SF_6 (Sulphur Hexafluoride) เป็นฉนวน และเป็นตัวดับอาร์ก ก๊าซ SF_6 เป็นสารประกอบ ที่มีโครงสร้างมั่นคงมากที่สุด ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่ติดไฟ ไม่ช่วยให้ไฟติด ไม่เป็นพิษ เป็นก๊าซเฉื่อย เป็นก๊าซที่หนักที่สุดชนิดหนึ่ง (หนักประมาณ 5 เท่าของอากาศ) ในทางไฟฟ้าที่อุณหภูมิปกติเป็นฉนวนที่ดี มีค่าความคงทนของไดอิเล็กตริคเป็น 2.5 เท่าของอากาศที่ความดันปกติ และที่ความดัน 3 บาร์ จะมีค่าความคงทนของไดอิเล็กตริคสูงกว่าน้ำมันหม้อแปลง GCB สามารถใช้ทดแทน ACB ได้เป็นอย่างดี เหมาะสำหรับใช้กับระดับแรงดันสูงและแรงดันปานกลาง GCB แบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ

ก. SF_6 two-pressure type gas circuit-breakers (รูปที่ 3.18)

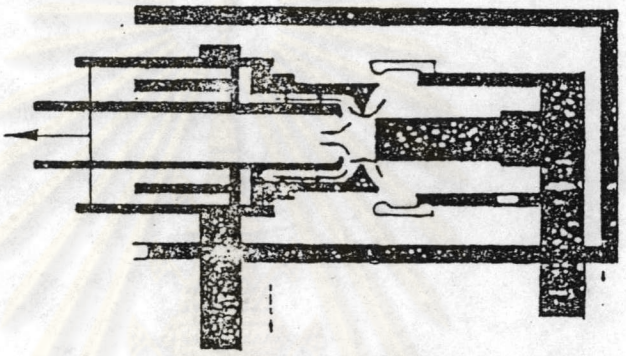
ข. SF_6 puffer-type gas circuit-breakers (รูปที่ 3.19 และ 3.20)

ค. Self-extinguishing SF_6 gas circuit-breakers (รูปที่ 3.21)

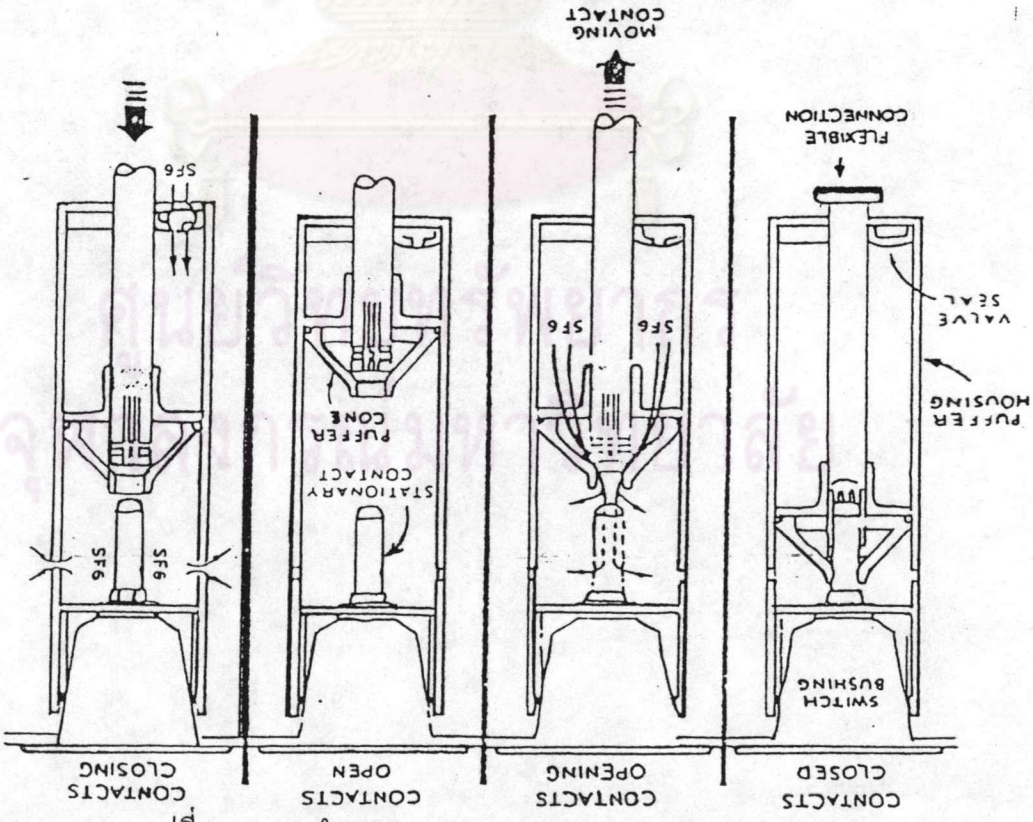
ง. Rotating arc SF_6 gas circuit-breakers (รูปที่ 3.22)



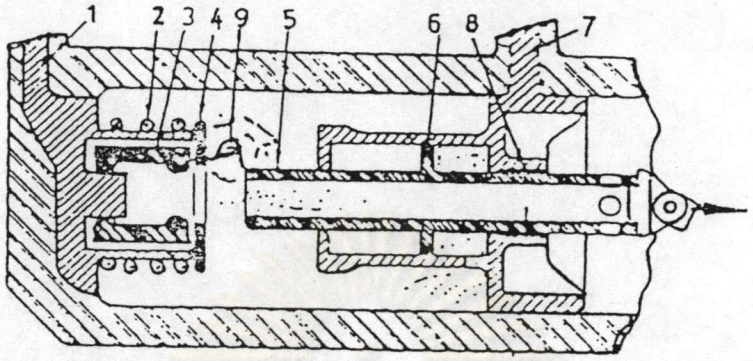
รูปที่ 3.18 SF_6 two-pressure type gas circuit-breakers



รูปที่ 3.19 SF_6 puffer-type gas circuit-breakers

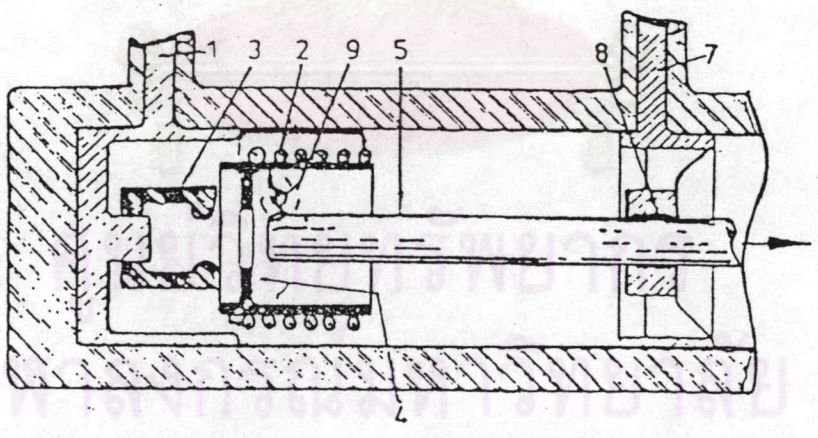


รูปที่ 3.20 การทำงานของ SF_6 puffer-type gas circuit-breakers



1. Upper terminal
2. Magnetic field coil
3. Fixed contact
4. Moving contact
5. Moving contact
6. Supplementary gas piston
7. Lower terminal
8. Transfer contact
9. Arc

รูปที่ 3.21 Self-extinguishing SF_6 gas circuit-breakersI



1. Upper terminal
2. Magnetic field coil
3. Fixed contact
4. Arcing electrode
5. Moving contact
7. Lower terminal
8. Transfer contact
9. Arc

รูปที่ 3.22 Rotating arc SF6 gas circuit-breakers

ข้อดีของ Gas Circuit Breakers (GCB)

ก. มีความสามารถในการอินเตอร์รัพเตอร์สูง เนื่องจากก๊าซ SF_6 ทนต่อกระแสขณะอินเตอร์รัพเตอร์ได้ดีเยี่ยม เมื่อมีสาเหตุการผิดปกติเช่นการลัดวงจร

ข. แรงดันไฟฟ้าคร่อมอาร์กต่ำ ทำให้สภาพของอาร์กกลับคืนสู่สภาพการเป็นฉนวนได้เร็ว

ค. ในการทำงานมีเสียงดังน้อย ซึ่งจะใช้ความดันก๊าซ SF_6 น้อยๆในการดับอาร์ก

ง. ก๊าซ SF_6 เป็นก๊าซเฉื่อยจึงไม่ทำปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน (oxidation) หรือปฏิกิริยาเคมีใดๆ

จ. มีความปลอดภัยสูง เพราะก๊าซ SF_6 ไม่เป็นพิษ และไม่ติดไฟ จึงไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และไม่ต้องกังวลเรื่องเพลิงไหม้

ข้อเสียของ Gas Circuit Breakers (GCB)

ก. ถ้าก๊าซ SF_6 มีความชื้น จะทำให้เกิดกรดไฮโดรฟลูออริค จะเกิดการกัดกร่อนผิวโลหะ

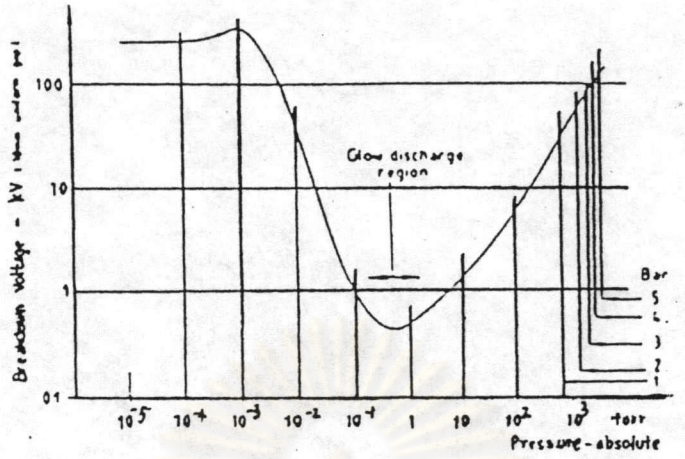
ข. การรั่วซึมของก๊าซต้องมีอุปกรณ์ป้องกันเป็นอย่างดี ถ้าความดันของก๊าซลดลงความเป็นฉนวนก็จะลดลงตามไปด้วย

ค. ต้องมีอุปกรณ์เตือนก๊าซรั่ว

ง. ถึงระยะเวลาหนึ่งจำเป็นต้องตรวจสอบสภาพหน้าสัมผัส

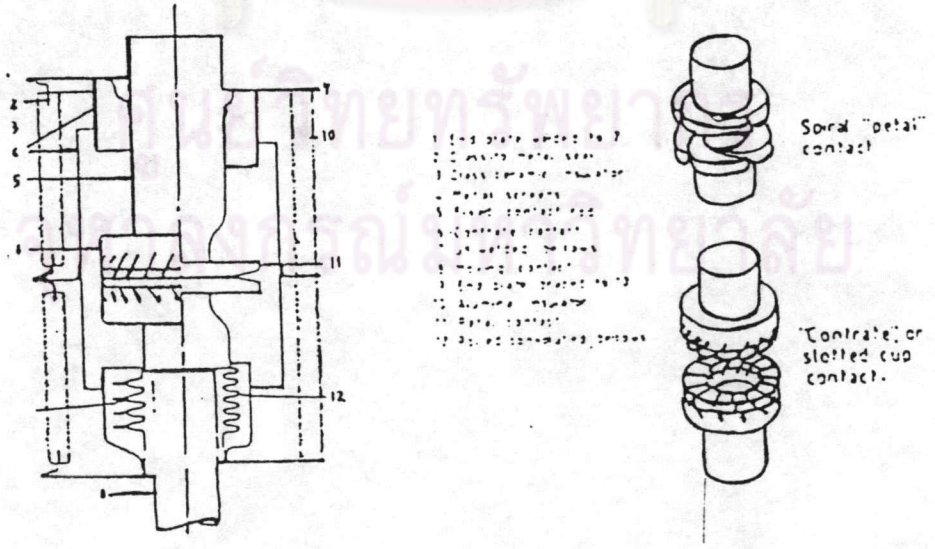
4. Vacuum Circuit Breakers (VCB)

VCB ใช้ตัวตัดกระแสแบบสูญญากาศ (vacuum interrupter) มาช่วยในการดับอาร์ก มีใช้มากในระบบแรงดันปานกลางแทน OCB และ ACB VCB จะใช้แรงในการปลดสับน้อยที่สุด จึงมีขนาดเล็ก ในอากาศค่าเสียสภาพฉับพลันของแรงดัน (voltage breakdown) จะเป็นสัดส่วนกับความดัน นั่นคือถ้าลดความดันลงก็จะทำให้ความคงทนของแรงดัน (voltage strength) ลดลงด้วย แต่พอถึงจุดๆหนึ่งความคงทนของแรงดันกับเพิ่มขึ้นจะกลับเพิ่มขึ้น (รูปที่ 3.23)

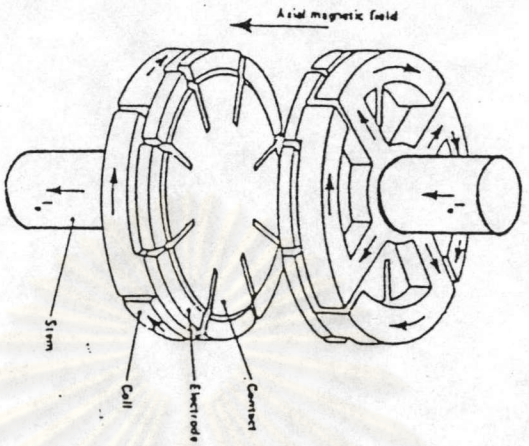


รูปที่ 3.23 Breakdown strength of air at different pressure (10 mm.gap)

จากหลักการอันนี้จึงนำไปสร้าง Vacuum Interrupter ซึ่งต้องมีความดันไม่เกิน 10^{-6} Torr (มม.ปรอท) โดยมีระยะห่างของหน้าสัมผัสเพียงประมาณ 8-12 มม. หน้าสัมผัสของตัวตัดกระแสแบบสูญญากาศนี้จะต้องทำด้วยโลหะพิเศษ เพื่อป้องกันการหลอมตัวติดกันของหน้าสัมผัสในตัวตัดกระแสแบบสูญญากาสได้เป็น 3 ชนิดคือ แบบ Spiral petal contact (รูปที่ 3.24) และแบบ Axial magnetic field (รูปที่ 3.25) ข้อควรระวังของการใช้ VCB ในการ switching inductive current คืออาจทำให้เกิดแรงดันเกิน ทำให้อุปกรณ์ชำรุดได้ จึงควรติดล่อฟ้า (Lightning arrester) ไว้ป้องกัน switching surge ด้วย



รูปที่ 3.24 UK and USA vacuum interrupter



รูปที่ 3.25 Axial magnetic field electrodes

ข้อดีของ Vacuum Circuit-Breakers (VCB)

ก. ค่าความคงทนของไดอิเลคตริกของสูญญากาศจะมีค่าสูงกว่าตัวกลางดับอาร์กชนิดอื่นๆ

ข. ระยะห่างระหว่างหน้าสัมผัส สามารถทำให้แคบกว่าปกติได้ จึงทำให้ Vacuum Interrupter สามารถที่จะสับหรือปลดวงจรได้รวดเร็วกว่าอินเตอร์รัพเตอร์แบบอื่นๆ ระยะห่างระหว่างหน้าสัมผัสของ. Vacuum Circuit Breaker โดยทั่วไปจะประมาณ 1/4 นิ้ว ถึง 3/4นิ้ว ประกอบกับชุดกลไกที่กำกับการเคลื่อนที่หน้าสัมผัสไม่ยุ่งยากซับซ้อน และมีน้ำหนักเบา

ค. อินเตอร์รัพเตอร์ เป็นแบบที่ไม่จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษา ทั้งนี้เพราะหน้าสัมผัสบรรจุอยู่ในสูญญากาศที่ปิดแน่นไม่มีสิ่งสกปรกเกิดขึ้นหรือเข้าไปได้ อีกทั้งยังไม่มีผลกระทบกระเทือนจากอุณหภูมิภายนอก ส่วนอายุการใช้งานก็ยาวนานทัดเทียมกับสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติแบบอื่นๆ

ง. โครงสร้างของ Vacuum Interrupter มีรูปร่างเล็กกระทัดรัด มีน้ำหนักเบา สามารถนำไปติดตั้งในที่จำกัดได้

ข้อเสียของ Vacuum Circuit Breaker

ก. เทคนิคการผลิตค่อนข้างจะละเอียดอ่อน

ข. โลหะที่จะนำมาทำหน้าสัมผัสต้องเป็นพวกโลหะผสมที่มีคุณสมบัติพิเศษ

ค. ยังไม่สามารถสร้างให้มีขนาดแรงดันสูงๆได้

ตารางที่ 3.2 วิธีการปลด-สับ Circuit Breakers ชนิดต่างๆ ที่มีใช้อยู่ในการไฟฟ้านครหลวง

วิธีการปลด-สับ สวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ	ผลิตภัณฑ์
1. Solinoid Close + Spring Trip	Yorkshire 12 kv, Fuji 12 kv, Brush, English Electric Crompton
2. Motor Charge Spring Close + Spring Trip	Oerlikon, ASEA, Sprecher & Schuh, South Wales, Yorkshire 24 kv, Fuji 24 kv, Meidensha 12 kv, Mitsubishi 12 kv
3. Hydraulic Close + Spring Trip	Delle Alstom (LPT)
4. Hydraulic Charge Spring Close + Spring Trip	Galileo 69 kv & 115 kv
5. Hydraulic Close + Hydraulic Trip	BBC 69 kv & 115 kv, Delle Alsthom 69 kv, Fuji 115 kv
6. Compress Air (Pneumatic) Close + Spring Trip	GE, Mitsubishi 69 kv, Meidensha 115 kv

<u>หลักเกณฑ์ในการพิจารณาอายุการใช้งาน</u>

อายุการใช้งานของสวิตช์ตัดตอนอัตโนมัติ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณกระแสลัดวงจรที่ได้รับในแต่ละครั้ง จำนวนครั้งที่อุปกรณ์มีการตัด-ต่อวงจร ความผิดปกติต่างๆ จากระบบไฟฟ้า เป็นต้น แต่ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานมากๆ คือ ปริมาณกระแสลัดวงจร จำนวนครั้งของการตัด-ต่อวงจร โดยทั่วไปจะมีวิธีการในการพิจารณาว่าจะเปลี่ยนอุปกรณ์หรือไม่ ดังนี้

1. คำนวณหาปริมาณกระแสลัดวงจรสะสม (Cumulated Short Circuit Current (ΣI_a) และ ($\Sigma(I_a)^2$))

กล่าวคือ ถ้าค่า r.m.s ของกระแสลัดวงจร (I_a) ที่บันทึกได้แต่ละเฟสจะถูกสะสมในแต่ละเฟส ((ΣI_a) และ ($\Sigma(I_a)^2$)) การพิจารณาเปลี่ยนจะเกิดขึ้นเมื่อค่าผลรวมของค่ากระแสลัดวงจรในแต่ละเฟสมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่ากระแสลัดวงจรสะสม (Breaking Current (ΣI_a) และ ($\Sigma(I_a)^2$)) ที่ได้ตั้งไว้

2. จำนวนครั้งของการตัด-ต่อวงจรอันเนื่องมาจากการลัดวงจร (Number of Short Circuit Interruptions, n_t)

กล่าวคือ ถ้าจำนวนครั้งของการตัด-ต่อวงจร ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าแรงดันและความยาวของสาย การพิจารณาจะเปลี่ยนจะเกิดขึ้นเมื่อ จำนวนครั้งของการตัด-ต่อวงจรถึงค่าที่กำหนดไว้ค่าหนึ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย