บทที่1

บทนำทั่วไป

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าถือเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆอย่างมาก มีการแข่งขันทางการค้าและเทคโนโลยีอย่างสูง กระบวนการผลิตที่ดี คือกระบวนการผลิตที่สามารถดำเนินงานได้ต่อเนื่องตามความต้องการ และเมื่อเกิดความผิดพร่องในระบบไฟฟ้ากำลังขึ้น ระบบป้องกันจำเป็นต้องมีการกำจัดความผิดพร่องด้วยเวลาที่รวดเร็วที่สุด ความผิดพร่องในระบบไฟฟ้ากำลังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะการเกิดความผิดพร่องดังนี้

1. ความผิดพร่องแบบเฟส (Phase Fault) เป็นความผิดพร่องที่เกิดขึ้นระหว่างสายเฟส ซึ่งได้แก่ ความผิดพร่องแบบสามเฟส (Three Phase Fault) และความผิดพร่องแบบเฟสต่อเฟส (Line-to-line Fault)

2. ความผิดพร่องลงดิน (Ground Fault) เป็นความผิดพร่องที่เกิดขึ้นระหว่างสายเฟสลงดินได้แก่ ความผิดพร่องแบบเฟสเดียวลงดิน (Single-line-to-ground Fault) และความผิดพร่องแบบ 2 เฟสลงดิน (Double-line-to-ground Fault)

ในความผิดพร่องทั้งหมดนั้น ความผิดพร่องแบบเฟสเดียวลงดิน เป็นความผิดพร่องที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งที่สุด คือคิดเป็นประมาณ 80 % ของความผิดพร่องที่เกิดขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังทั้งหมด[1] ต่อมาก็คือความผิดพร่องแบบ 2 เฟสลงดิน ซึ่งเป็นความผิดพร่องที่โดยมากจะเกิดต่อเนื่องจากการเกิดความผิดพร่องแบบเฟสเดียวลงดินที่ไม่กำจัดความผิดพร่องออกภายในระยะเวลาที่ฉนวนสามารถทนแรงดันที่สูงขึ้นระหว่างเกิดความผิดพร่องแบบเฟสเดียวลงดินนั้นได้ ดังนั้นระบบไฟฟ้าที่มีระบบป้องกันความผิดพร่องลงดินที่รวดเร็ว การเลือกส่วนวงจรที่ทำการป้องกันที่ดี ก็จะทำให้ระบบส่วนใหญ่สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมากต่อการเกิดความผิดพร่องลงดิน และการป้องกันความผิดพร่องลงดินนั้นก็คือ ระบบต่อลงดินที่เลือกใช้และค่าอิมพีแดนซ์ (Impedance)ที่นำมาต่อลงดิน

เมื่อพิจารณาการต่อลงดินของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง (Distribution Power System) ในประเทศไทย ได้แก่ ระบบ 12 kV และ 24 kV ของการไฟฟ้านครหลวง และระบบ 22 kV และ 33 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปัจจุบันนั้นมักเป็นการต่อลงดินแบบการต่อลงดินโดยตรง (Solidly

Grounded) แม้ว่าการต่อลงดินโดยตรงจะมีข้อดีคือเป็นระบบต่อลงดินที่มีโอกาสเกิดแรงดันเกินชั่วครู่ (Transient Over-voltage) น้อยที่สุดและระบบป้องกันสามารถทำงานได้ไวที่สุดก็ตาม แต่เมื่อเกิดความผิดพร่องจะมีกระแสผิดพร่องปริมาณมาก อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้ากำลัง นอกจากนี้เมื่อเกิดความผิดพร่องลงดินขึ้นแรงดันไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังจะลดลงเป็นบริเวณกว้าง ทำให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกผิดปกติ (Voltage Dip) ในระบบ มีผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิด เช่น หลอดเมทัลเฮไลด์ (Metal Halide) จะดับทันทีถ้าแรงดันไฟฟ้าตกลงเหลือ 70 % ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด หรือ คอนแทกเตอร์ (Contactor) จะปลดมอเตอร์ออกถ้าแรงดันไฟฟ้าตกลงเหลือประมาณ 60-70 % ของแรงดันพิกัด[2] วิธีแก้ไขมีได้หลายแบบแต่วิธีหนึ่งก็คือ การต่อลงดินโดยผ่านความต้านทาน การออกแบบการต่อลงดินที่เหมาะสมกับระบบไฟฟ้าจะช่วยลดความเสียหายเมื่อเกิดความผิดพร่องและช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของอุปกรณ์ป้องกันในระบบไฟฟ้ากำลังได้

ดังนั้นการต่อลงดินโดยผ่านความต้านทานที่ระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลังนั้นสามารถลดผลกระทบดังกล่าวเมื่อเทียบกับการต่อลงดินโดยตรง เนื่องจากระบบการต่อลงดินผ่านความต้านทานนั้นมีข้อเด่นที่สามารถจำกัดความเสียหายจากกระแสผิดพร่องลงดินได้ สามารถควบคุมค่าแรงดันเกินชั่วครู่ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ ดังจะได้กล่าวในบทการวิเคราะห์ความผิดพร่องลงดินระบบต่อลงดินผ่านความต้านทานต่ำเทียบกับการต่อลงดินโดยตรง แต่การต่อลงดินผ่านความต้านทานนี้จะทำให้ความไวของระบบป้องกันนั้นลดลง ผู้ออกแบบที่เลือกใช้ระบบต่อลงดินผ่านความต้านทานจึงควรพิจารณาปัจจัยต่างๆเบื้องต้นดังนี้[3]

1. Sensitivity และ Selectivity ของรีเลย์ป้องกันความผิดพร่องลงดิน (Ground Fault Protective Relay)
2. ข้อจำกัดของกระแสผิดพร่องลงดิน
3. ข้อจำกัดของขนาดแรงดันเกินชั่วครู่
4. ความต้องการของระบบการป้องกันแรงดันเกินของกับดักเสิร์จ(Arrester)

ปัจจัยต่างๆเหล่านี้จะกล่าวถึงโดยละเอียดต่อไป หลังจากสามารถคำนวณหาค่าความต้านทานการต่อลงดินที่เหมาะสมแล้ว จะนำมาประกอบการออกแบบระบบป้องกันความผิดพร่องลงดินต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาผลกระทบของการติดตั้งความต้านทานลงดินในระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง เปรียบเทียบกับการต่อลงดินโดยตรง

2. สามารถทำการเลือกขนาดความต้านทานลงดินที่เหมาะสมได้

3. พัฒนาโปรแกรมช่วยวิเคราะห์ผลการต่อความต้านทานลงดิน และช่วยออกแบบระบบป้องกันความผิดพร่องลงดิน

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาการต่อลงดินแบบต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลัง
2. รวบรวมข้อมูลระบบที่จะใช้ทดสอบ
3. ศึกษาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์
4. ทำการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ระบบต่อลงดินผ่านความต้านทาน
5. เปรียบเทียบผลที่ได้กับระบบต่อลงดินโดยตรง
6. นำผลที่ได้มาออกแบบระบบป้องกันความผิดพร่องลงดิน
7. วิเคราะห์ และสรุปผลงานวิจัย
8. เรียบเรียงผลงานวิจัย พิมพ์ผลงาน และจัดเข้ารูปเล่มเพื่อทำการเสนอต่อคณะกรรมการต่อไป

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการต่อลงดินผ่านความต้านทานกับการต่อลงดินโดยตรงในระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง
2. สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์และออกแบบระบบป้องกันความผิดพร่องลงดินสำหรับระบบเรเดียล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยวิเคราะห์ผลการต่อความต้านทานลงดินเพื่อนำผลที่ได้มาทำการเลือกค่าที่เหมาะสมดังนี้
   - ขนาดความต้านทานลงดินที่เหมาะสม
   - ค่าพิกัดของอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน

- ค่าปรับตั้งกระแส (Current Setting) ของรีเลย์ป้องกันความผิดพร่องลงดิน

2. สามารถใช้ผลจากงานวิจัยในการออกแบบระบบป้องกันความผิดพร่องลงดินแบบมีความต้านทานต่อลงดิน สำหรับสถานีจ่ายไฟฟ้ากำลัง (Substation) ได้

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้ระบบต่อลงดินผ่านความต้านทานเมื่อเปรียบเทียบกับระบบต่อลงดินโดยตรง การเลือกค่าความต้านทานที่เหมาะสมและการออกแบบระบบป้องกันสำหรับระบบต่อลงดินผ่านความต้านทาน โดยจะเริ่มต้นศึกษาระบบต่อลงดินแบบต่างๆและความเหมาะสมในการเลือกใช้ระบบต่อลงดินแต่ละประเภท จากนั้นนำระบบต่อลงดินที่เลือกใช้มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับระบบต่อลงดินโดยตรง เพื่อใช้ในการหาค่าความต้านทานและระบบป้องกันที่เหมาะสมซึ่งเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทจะแบ่งดังนี้

บทที่ 2 จะกล่าวถึงวัตถุประสงค์ในการต่อลงดิน และทฤษฎีการเลือกระบบต่อลงดิน การเลือกใช้ระบบการป้องกันที่เหมาะสมกับระบบการต่อลงดินแบบต่างๆ และการป้องกันความผิดพร่องลงดินแบบต่างๆ

บทที่ 3 กล่าวถึงการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้แก่ ค่ากระแสผิดพร่อง แรงดันแต่ละเฟสเมื่อเกิดความผิดพร่อง ค่ากระแสและแรงดันตกค้าง ซึ่งใช้ในระบบป้องกัน ค่าแรงดันตก ค่าแรงดันเกินชั่วครู่ที่เกิดขึ้น แล้วนำผลของระบบต่อลงดินผ่านความต้านทานมาเปรียบเทียบกับระบบต่อลงดินโดยตรง

บทที่ 4 กล่าวถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากแรงดันและกระแสของระบบกับอุปกรณ์ต่างๆ และระบบป้องกันของระบบ เมื่อเลือกใช้ระบบต่อลงดินผ่านความต้านทาน รวมถึงมาตรฐานในการเลือกค่าความต้านทานเพื่อใช้ในการต่อลงดิน

บทที่ 5 หลักการออกแบบระบบต่อลงดินผ่านความต้านทาน และ ตัวอย่างการออกแบบระบบต่อลงดินผ่านความต้านทานสำหรับระบบต่อลงดินที่มีขนาดเล็ก และระบบต่อลงดินที่ใช้ในสถานีจ่ายไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้ากำลัง

บทที่ 6 แสดงการใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ช่วยวิเคราะห์ระบบต่อลงดินผ่านความต้านทานซึ่งช่วยในการนำไปวิเคราะห์ออกแบบระบบป้องกันความผิดพร่องลงดินต่อไป

บทที่ 7 สรุปผลการดำเนินงานรวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ