หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการออกแบบและกำหนดขนาดระดับฉนวนไฟฟ้าของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ากำลังเกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มระดับแรงดันของระบบไฟฟ้ากำลังถึงระดับไฟฟ้าแรงดันสูง (High Voltage) และระดับไฟฟ้าแรงดันสูงพิเศษ (Extra High Voltage) นั่นคือการเลือกขนาดระดับฉนวนไฟฟ้าทั้ง BIL (Basic Impulse Insulation Level) และ BSIL (Basic Switching Impulse Insulation Level) ของอุปกรณ์อาจไม่เหมาะสม ในกรณีที่เลือกระดับฉนวนไฟฟ้าต่ำ อุปกรณ์ไฟฟ้าอาจเกิดความเสียหายได้เนื่องจากแรงดันเกิน ส่วนการเลือกระดับฉนวนไฟฟ้าสูงเกินความจำเป็นทำให้เสียค่าใช้จ่ายสำหรับฉนวนไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมาก

การศึกษาทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้าเป็นประโยชน์ในการออกแบบและกำหนดขนาดระดับฉนวนไฟฟ้าของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยทั่วไปการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลังซึ่งมีแรงดันต่ำกว่าหรือเท่ากับ 230 กิโลโวลท์นั้น ปรากฏการณ์ของเสิร์จ (Surge)ที่มีต่อผลต่อระบบไฟฟ้าเกิดเนื่องจากฟ้าผ่า (Lightning Surge)การออกแบบและกำหนดขนาดระดับฉนวนไฟฟ้าของอุปกรณ์ได้อาศัยวิธีทางทฤษฎีและผลรวบรวมจากการทดลอง (1) ค่าสถิติจำนวนครั้งของการเกิดฟ้าผ่าในพื้นที่นั้น ๆ รวมทั้งการศึกษาแรงดันเกินเนื่องจากฟ้าผ่า (Lightning Overvoltage) เพื่อประโยชน์ในการเลือกขนาดพิกัด (Rating)ของกับดักฟ้าผ่า(Lightning Arrester) และตำแหน่งในการติดตั้ง (2) ดังนั้นการศึกษาและจำลองเพื่อหาขนาดและรูปร่างของแรงดันและกระแสไฟฟ้าเนื่องจากแรงดันเกินเสิร์จจึงเป็นสิ่งจำเป็น อย่างไรก็ดีสำหรับระบบไฟฟ้าแรงดันสูงพิเศษ (Extra High Voltage Power System) ปรากฏการณ์ของสวิทชิงเสิร์จ (Switching Surge) มีผลค่อนข้างมากต่อการออกแบบเลือกฉนวนของอุปกรณ์ให้เหมาะสมและถูกต้องทางเศรษฐศาสตร์ นอกจากนั้นเสิร์จจากการลัดวงจร (Fault Surge)ก็มีความสำคัญ แต่มิได้รวมในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้

การศึกษาทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้าในระยะเริ่มต้นด้วยวิธีการ Lattice Diagram (3)- เป็นวิธีการคำนวณด้วยมือ สามารถใช้งานได้กับระบบที่มีเพียง 2 หรือ 3 บัสเท่านั้น แต่ในระบบไฟฟ้ากำลังประกอบด้วยบัสเป็นจำนวนมากไม่สามารถคำนวณด้วยมือได้ และเมื่อประมาณปี ค.ศ.1930 ได้เริ่มทำการศึกษาทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้าด้วย TNA (Transient Network Analyzer) ซึ่งยังมีการใช้งานอยู่จนถึงปัจจุบัน (4) แต่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถศึกษาเสิร์จจากฟ้าผ่าได้ ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ Computer ได้พัฒนาขึ้นอย่างมาก การใช้คอมพิวเตอร์ศึกษาทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้าได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาแบบจำลองของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้ากำลัง (5, 6, 7,8) ตลอดมา

<u>วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย</u>

วัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Transient) ในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งพัฒนาขึ้นด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิท เพื่อสะดวกในการใช้งานและง่ายในการแสดงผลทางกราฟิค (Graphic) โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. การศึกษาและวิเคราะห์ทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้า ได้รวมถึงภาระงานต่าง ๆ ดังนี้

1.1 คำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายส่ง (9) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1.1 คำนวณพารามิเตอร์ของสายส่งสำหรับวงจรส่วนมูลฐานพาย โดยใช้อิมพีแดนซ์และแอดมิตแตนซ์ของสายส่งทั้งแบบเฟสเดียวและหลายเฟส รวมทั้ง Mutual Coupling ของแต่ละเฟส

1.1.2 คำนวณพารามิเตอร์ของสายส่งโดยใช้พารามิเตอร์แบบกระจาย (Distributed Parameter) หาค่าเสิร์จอิมพีแดนซ์ (Surge Impedance) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเสิร์จ (Surge Velocity)และความต้านทานของสายส่ง

การคำนวณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 ประเภทนี้สามารถคำนวณได้ที่ความถี่ใด ๆ เนื่องจากได้รวมผลของ Skin Effect และ Earth Path (10) ด้วย เพื่อเป็นอินพุทสำหรับศึกษาทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้าต่อไป

1.2 สามารถศึกษา Traveling Wave ในระบบส่งกำลังไฟฟ้า เพื่อประโยชน์ในการเลือกขนาดพิกัดของกับดักฟ้าผ่าและตำแหน่งที่ติดตั้ง

1.3 สามารถศึกษาสวิทชิงเสิร์จพื้นฐานในระบบส่งกำลังไฟฟ้า โดยไม่รวมถึงผลภายในอุปกรณ์ เช่น ขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือขดลวดของหม้อแปลง เป็นต้น และละเลยผลของ Frequency Dependent ของสายส่ง

โดยที่วิธีการที่จะใช้เขียนโปรแกรมคือ Optimally Ordered Triangular Factorization (12)

2. การศึกษาและวิเคราะห์ทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้า สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในระบบไฟฟ้ากำลังได้ดังนี้

2.1 ผลของแรงดันเกิน (Overvoltage) ในระบบเนื่องจาก

-Line Energization

-Lightning Discharge

-Capacitor Switching

-Ferroresonance

2.2 การป้องกันแรงดันเกิน (Overvoltage Protection)โดยการเลือกขนาดพิกัดของกับดักฟ้าผ่าที่เหมาะสม (2, 8) และ Insulation Coordinationในระบบแรงดันสูง (High Voltage Power System)

3. ศึกษาแรงดันเกินในระบบสายส่ง 500 kV

4. การศึกษาระบบขนาดใหญ่สามารถทำได้โดยแทนวงจรที่ห่างไกลจากบริเวณที่ต้องการศึกษาด้วย Driving point impedance โดยที่การคำนวณ Driving point impedance อาจใช้โปรแกรมอื่น (19, 20) ช่วยในการคำนวณ

<u>การดำเนินการวิจัย</u>

1. ศึกษาชนิดของเสิร์จ (Surge)ต่าง ๆ ที่มีผลต่อระบบไฟฟ้ากำลัง

2. ศึกษาทฤษฎีการคำนวณและเขียนโปรแกรมการคำนวณพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสายส่งไฟฟ้ากำลัง

3. ศึกษาทฤษฎีการคำนวณและเขียนโปรแกรมการคำนวณทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลัง

4. เปรียบเทียบผลการคำนวณกับผลจากเอกสารอ้างอิง

ทฤษฎีและแนวความคิดในการวิจัย

โปรแกรมวิเคราะห์ทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้าเซียนขึ้นตามแนวทางของ Dommel (5) ซึ่งใช้วิธีการออปติไมเซชั่นแบบ Order Triangular และเทคนิคแบบสปาร์สิตี้ (Sparsity Technique) (12) ด้วยวิธีการเช่นนี้จะช่วยทำให้ลดขนาดของหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลลงมาได้

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ในบทที่ 2 ได้กล่าวถึงทฤษฎีหลักในการวิเคราะห์ทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้าและวงจรสมมูลย์ของพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าได้แสดงวิธีการแทนอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้ากำลังในบทที่ 3 บทที่ 4 กล่าวถึงรายละเอียดของโปรแกรมการวิเคราะห์ทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งได้พัฒนาขึ้นโดยได้อธิบายไว้เป็นขั้นตอน บทที่ 5 เป็นโปรแกรมแสดงตัวอย่างการคำนวณพารามิเตอร์ของสายส่งและการคำนวณทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้า บทสุดท้ายเป็นการสรุปและข้อเสนอแนะต่าง ๆ

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

1. สามารถนำโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมาใช้ศึกษาทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้ากำลังโดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นพื้นฐานในการออกแบบและกำหนดขนาดฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อไป

2. ทำให้การวิเคราะห์หาสาเหตุความเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้า เนื่องจากแรงดันเกินได้ถูกต้องและสะดวกขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ในการหาวิธีป้องกันและแก้ไข

3. สามารถนำมาใช้ประกอบในการเรียนการสอนทางทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ากำลังได้

4. ทำให้เข้าใจปรากฏการณ์ทรานเซียนต์แม่เหล็กไฟฟ้ามากขึ้น