บทที่ 1

บทนำทั่วไป

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินนับว่ามีความสำคัญต่อสถานีไฟฟ้าย่อยเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับมนุษย์ สัตว์ และอุปกรณ์ทั้งภายในและบริเวณใกล้เคียงสถานีไฟฟ้าย่อย ในปัจจุบันระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยจะประกอบด้วยลวดตัวนำจำนวนมากวางขนาน และตั้งฉากกันใต้ดิน ประกอบขึ้นเป็นเมช (Mesh) ครอบคลุมสถานีไฟฟ้าย่อย โดยมีระยะห่างระหว่างตัวนำที่วางขนานกันเท่ากันในทุกๆ เมช

อันตรายที่อาจเกิดขึ้นนั้นมีสาเหตุได้หลากหลายประการ คือ อาจเกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า ฯลฯ หรืออาจเกิดเนื่องจากความผิดพร่องของระบบไฟฟ้าเอง เช่น การเกิดลัดวงจร ฯลฯ เป็นผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลลงสู่ดิน เกิดเกรเดียน (Gradient) ขึ้นทั้งภายในและบริเวณใกล้เคียงสถานีไฟฟ้าย่อย นั่นคือเกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่าง 2 จุดใดๆ [1] ดังรูปที่ 1.1 เป็นผลให้เกิดศักดาไฟฟ้าขึ้นที่ผิวดินเหนือโครงตาข่าย และศักดาไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นบนผิวดินเมื่อเทียบกับศักดาไฟฟ้าของดินในขณะที่ไม่เกิดการผิดพร่อง หรือเทียบกับศักดาไฟฟ้าของดิน ณ จุดที่ไกลจากสถานีไฟฟ้าย่อยนั้น (ศักดาไฟฟ้าของดิน ณ. จุดนี้มีค่าเท่ากับศักดาไฟฟ้าอ้างอิงของดิน คือ ประมาณ 0 โวลท์) เรียกว่า Ground Potential Rise (GPR) และเกิดการไหลของกระแสระหว่าง 2 จุดนั้นเมื่อมีการเชื่อมต่อระหว่างจุด ทั้ง 2 ซึ่งสิ่งที่ทำหน้าที่เชื่อมต่ออาจได้แก่ มนุษย์ สัตว์ที่มีอวัยวะสัมผัสอยู่กับจุดทั้ง 2 นั้น หรืออุปกรณ์ที่มีส่วนของอุปกรณ์สัมผัสอยู่กับจุดทั้ง 2 นั้น เป็นผลให้มนุษย์ หรือสัตว์เกิดอันตราย ซึ่งการเกิดอันตรายนี้สามารถแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ ดังนี้ [1,2,3,4]

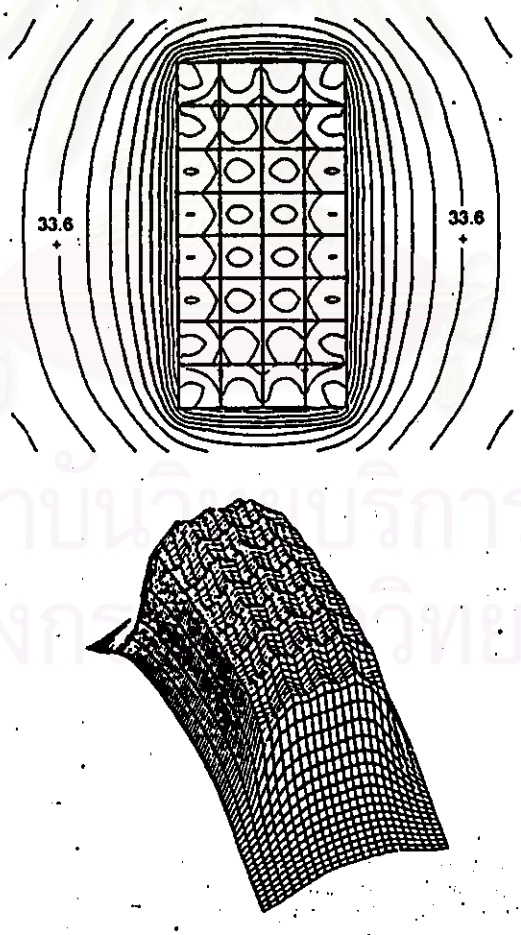
แรงดันไฟฟ้าระหว่างก้าว (Step Voltage) คือ ความต่างศักย์บริเวณผิวดินระหว่างจุด 2 จุดที่มีระยะห่างกัน 1 เมตร ซึ่งประมาณเท่ากับ 1 ช่วงก้าวของมนุษย์ โดยมีเท้าทั้ง 2 เป็นสิ่งที่เชื่อมต่อระหว่างจุดทั้ง 2 และไม่มีส่วนอื่นใดของร่างกายสัมผัสกับดิน หรือสัมผัสกับโครงสร้างหรืออุปกรณ์ที่มีการต่อลงดิน

แรงดันไฟฟ้าสัมผัส (Touch Voltage) คือ ความต่างศักย์ระหว่าง GPR กับศักดาไฟฟ้าที่ผิวดิน ณ. จุดที่มนุษย์ หรือสัตว์นั้นยืนอยู่ ในขณะที่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายสัมผัสกับโครงสร้างหรืออุปกรณ์ที่มีการต่อลงดิน

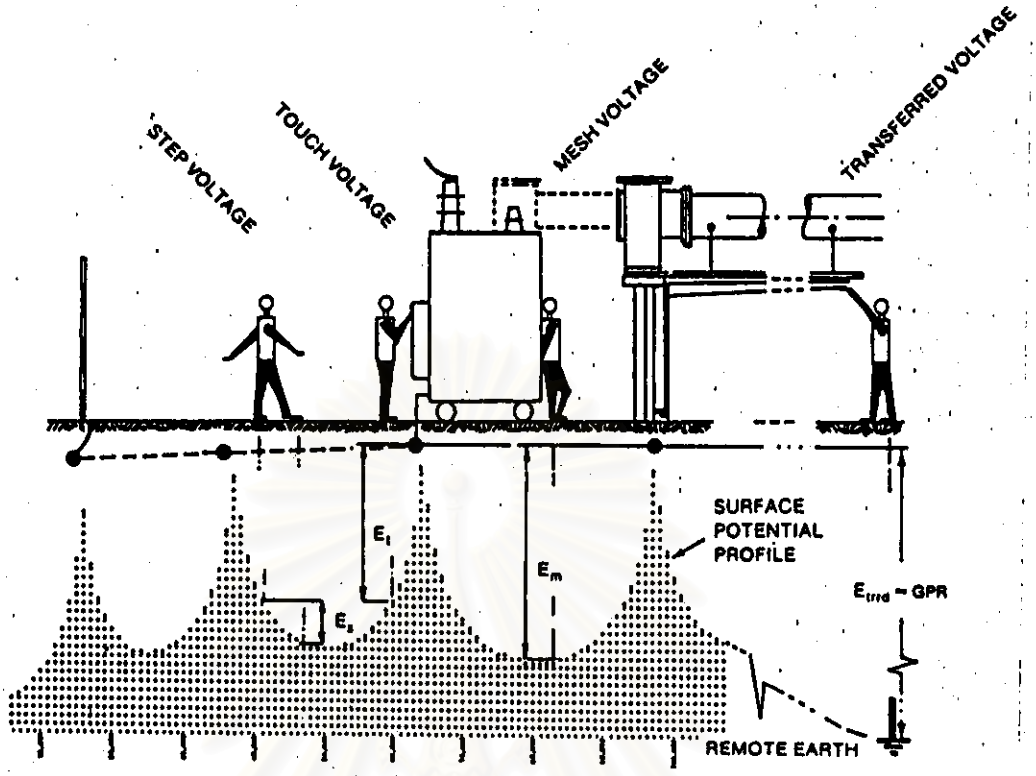
แรงดันไฟฟ้าเมช (Mesh Voltage) คือ แรงดันไฟฟ้าสัมผัสสูงสุดที่เกิดขึ้นภายในโครงตาข่ายการต่อลงดิน ซึ่งเท่ากับความต่างศักย์ระหว่าง GPR กับศักดาไฟฟ้าบริเวณผิวดิน ณ. จุดกึ่งกลางของเมช

แรงดันไฟฟ้าทรานเฟอร์ (Transfer Voltage) คือ แรงดันไฟฟ้าสัมผัสที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลที่ยืนอยู่ภายในสถานีไฟฟ้าย่อยสัมผัสกับโครงสร้าง หรืออุปกรณ์ที่ต่อลงดิน ณ. จุดที่อยู่ห่างออกไป หรือบุคคลนั้นยืนอยู่ ณ. จุดที่ห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยแต่ไปสัมผัสกับโครงสร้าง หรืออุปกรณ์ที่มีการต่อลงดินกันสถานีไฟฟ้าย่อยในขณะที่เกิดความผิดพร่อง ซึ่งเป็นกรณีพิเศษ โดยทั่วไปแรงดันทรานเฟอร์จะมีค่าเท่ากับค่า GPR

ลักษณะของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นทั้ง 4 แบบ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 แสดงเกรเดียนที่เกิดขึ้นภายใน และบริเวณใกล้เคียงสถานีไฟฟ้าย่อย



รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นทั้ง 4 แบบ

1.2 สภาพปัญหาและแนวทางแก้ไข

การออกแบบระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนั้น พบว่าการกระจายแรงดันบนผิวดินตลอดทั่งทั้งสถานีไฟฟ้าย่อยมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ เป็นผลให้ศักดไฟฟ้าสูงสุด และศักดาไฟฟ้าต่ำสุดมีค่าต่างกันมาก อีกทั้งยังสิ้นเปลืองลวดตัวนำที่ใช้ในการสร้างระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยด้วย แต่การใช้ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำไม่เท่ากันช่วยให้การกระจายแรงดันบนผิวดินตลอดทั่วทั้งสถานีไฟฟ้าย่อยมีความสม่ำเสมอกว่าระบบการต่อลงดินแบบเดิม ศักดาไฟฟ้าสูงสุด และศักดาไฟฟ้าต่ำสุดจึงมีค่าใกล้เคียงกัน และยังใช้ลวดตัวนำในการสร้างระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยน้อยลงกว่าเดิมเป็นจำนวนมาก นอกจากยังนี้พัฒนาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะช่วยช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบได้อย่างสะดวก ถูกต้อง และรวดเร็ว ลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ (Human Error) ลงได้

1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.3.1 เพื่อศึกษา และวิเคราะห์ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำเท่ากัน ไม่เท่ากัน และไม่เท่ากันแบบโพลิโนเมียลของสถานีไฟฟ้าย่อย

1.3.2 เพื่อพัฒนาการออกแบบระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยให้สามารถป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับมนุษย์ สัตว์ และอุปกรณ์ทั้งภายใน และบริเวณใกล้เคียงสถานีไฟฟ้าย่อยได้มากยิ่งขึ้น

1.3.3 พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินให้มีความสะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง

1.4 ขั้นตอน และวิธีดำเนินการ

ขั้นตอน และวิธีดำเนินการสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ

1.4.1 ศึกษา และทำความเข้าใจระบบการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อย

1.4.2 สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบระบบการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อย

1.4.3 ทดลองออกแบบระบบการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยด้วยโปรแกรมที่ได้สร้างขึ้น พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลที่ได้

โดยในแต่ละส่วนของการทำงานสามารถแสดงให้เห็นในรายละเอียดย่อยได้ดังนี้

1. ส่วนที่ต้องศึกษาและทำความเข้าใจ

ต้องมีความเข้าใจเป็นอย่างดีในหัวเรื่องเกี่ยวกับ

- อันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับมนุษย์ สัตว์ และอุปกรณ์ต่างๆ ภายใน และบริเวณใกล้เคียงสถานีไฟฟ้าย่อย
- ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อระบบการต่อลงดินของสถานไฟฟ้าย่อย
- ระบบการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำเท่ากัน และไม่เท่ากัน
- การออกแบบระบบการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำเท่ากัน ไม่เท่ากัน และไม่เท่ากันแบบลำดับเรขาคณิต

การศึกษารายละเอียดในส่วนนี้ ได้จากการค้นคว้าจากทั้งหนังสือ บทความ มาตรฐานต่างๆ และจากบริษัทผู้ออกแบบ หรือติดตั้งสถานีไฟฟ้าย่อย โดยการศึกษานี้มุ่งเน้นถึงเนื้อหาที่ใช้กับมาตรฐานระบบการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ใช้ในประเทศไทยเป็นหลัก นอกจากนี้ยังต้องศึกษาถึงการใช้งานของคำสั่งต่างๆ ในภาษา Visual Basic [5,6,7,8] ด้วย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความมุ่งหวังจากการศึกษานี้ คือ ความเข้าใจในทฤษฎี และหลักการออกแบบระบบการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อย เพื่อนำไปสร้างสรรค์โปรแกรมพัฒนาการออกแบบที่มีประสิทธิภาพต่อไป

2. ส่วนในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการออกแบบระบบการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยนั้น หากออกแบบแล้วไม่สามารถป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ เราจำเป็นต้องออกแบบใหม่ซ้ำไปมาจนกว่าระบบการต่อลงดินนั้นจะสามารถป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ จะเห็นว่าหากการออกแบบโดยใช้มือในการขีดเขียน และเครื่องคิดเลขในการคำนวณจะมีความยุ่งยาก และอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่าย จึงควรจะมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบระบบการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อย

โครงสร้างของโปรแกรมสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน หลักๆ ดังนี้

- โปรแกรมส่วนกลาง
- โปรแกรมส่วนออกแบบระบบโครงตาข่ายการต่อลงดิน

โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้

1) โปรแกรมส่วนกลาง

ภายในส่วนนี้จะประกอบด้วย 3 ส่วนย่อย คือ ส่วนของแถบเมนู, ส่วนรับข้อมูลพื้นฐาน และส่วนเลือกวิธีการออกแบบ โดยส่วนของแถบเมนูจะทำหน้าที่ในลักษณะเดียวกับแถบเมนูของโปรแกรมต่างๆ ที่มีระบบปฏิบัติการบน Windows เช่น สามารถเปิด (Open) โครงงานเดิมที่มีอยู่, จัดเก็บ (Save) โครงงานที่ได้ออกแบบเสร็จแล้ว หรือ พิมพ์ (Print) ผลการออกแบบที่ได้ออกมาทางเครื่องพิมพ์ (Printer) ในขณะที่ส่วนรับข้อมูลพื้นฐานจะให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบระบบโครงตาข่ายที่เหมือนกันของทั้ง 3 วิธี เพื่อขจัดความยุ่งยาก ซับซ้อน และสิ้นเปลืองเวลาออกไป ท้ายสุดคือส่วนเลือกวิธีการออกแบบ ซึ่งจะผู้ใช้เลือกวิธีที่ต้องการก่อนเข้าสู่การออกแบบแต่ละวิธีต่อไป

2) ส่วนออกแบบระบบโครงตาข่ายการต่อลงดิน

ในส่วนนี้จะประกอบด้วย 3 ส่วนย่อยตามวิธีการออกแบบแต่ละวิธี คือ การออกแบบระบบโครงตาข่ายที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำเท่ากัน ไม่เท่ากัน และไม่เท่ากันแบบลำดับเรขาคณิต ซึ่งผู้ใช้เพียงแค่ใส่ข้อมูลเฉพาะบางอย่างสำหรับการออกแบบวิธีนั้นๆ นอกนั้นจะเป็นหน้าที่ของเครื่องคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ และแสดงผลการออกแบบที่ได้ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

1.5 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.5.1 วิเคราะห์เฉพาะระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมฝังอยู่ในดินชั้นเดียวที่มีค่าความต้านทานดินสม่ำเสมอ และมีความสมมาตรกันทั้งซ้าย-ขวา และบน-ล่าง โดยไม่คิดผลเนื่องจากแท่งดิน

1.5.2 สร้างโปรแกรมในการออกแบบ และวิเคราะห์ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยแรงดันปานกลาง และแรงดันสูง

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทเป็นดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึง มาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ในการออกแบบ ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อระบบโครงตาข่ายการต่อดิน และการออกแบบระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อย

บทที่ 3 กล่าวถึง ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำเท่ากัน

บทที่ 4 กล่าวถึง ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำไม่เท่ากัน

บทที่ 5 กล่าวถึง ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำไม่เท่ากันแบบลำดับเรขาคณิต

บทที่ 6 กล่าวถึง ลักษณะของ Visual Basic และโปรแกรมการออกแบบระบบการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมา โดยในส่วนแรกจะอธิบายถึงภาพรวม และหลักการที่สำคัญของ Visual Basic ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในยุคใหม่ที่มีระบบปฏิบัติการบน Window ในส่วนที่ 2 จะกล่าวถึงลักษณะของโปรแกรมอย่างละเอียด

บทที่ 7 เป็นการแสดงตัวอย่างการออกแบบระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อย พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลที่ได้จากการออกแบบทั้ง 3 วิธี

บทที่ 8 เป็นการสรุปการศึกษา และผลการออกแบบที่ได้ พร้อมทั้งเสนอแนะงานที่สามารถดำเนินการต่อไปได้

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์

1.7.1 เข้าใจถึงทฤษฎี และเทคนิคที่ใช้ในการออกแบบระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อย

1.7.2 สามารถคำนวณ และออกแบบระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยได้อย่างถูกต้อง สะดวก รวดเร็ว และประหยัดเวลา โดยใช้คอมพิวเตอร์

1.7.3 เป็นต้นแบบในการนำเทคนิคระยะห่างไม่เท่ากันมาใช้ในการออกแบบระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยในประเทศไทย

1.7.4 เป็นตัวอย่างที่ดีในการจัดทำโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้เสริมประสิทธิภาพในการใช้งานและการสอนทางวิศวกรรม

1.7.5 เพิ่มความสนใจในการเรียนรู้ของนักศึกษา และดึงดูดให้เขาเหล่านั้นมีการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย