บทที่ 8

สรุป และข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษา และวิเคราะห์ถึงระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำเท่ากัน ไม่เท่ากัน และไม่เท่ากันแบบลำดับเรขาคณิตของสถานีไฟฟ้าย่อย รวมทั้งสรุปหลักเกณฑ์การออกแบบระบบโครงตาข่ายทั้ง 3 แบบด้วย นอกจากนี้ยังพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการศึกษา และวิเคราะห์ โดยใช้ชื่อว่า "Substation Grounding Design Program" ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1). โปรแกรมส่วนกลาง

2). โปรแกรมส่วนการออกแบบระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อย

โปรแกรมที่กล่าวถึงนี้ได้รับการพัฒนาจากภาษา Visual Basic เวอร์ชัน 4 ซึ่งถือว่าเป็นภาษาของโปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟฟิกสมัยใหม่ที่มีระบบปฏิบัติการบน Windows และจะมีบทบาทสำคัญต่อไปสำหรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ในอนาคต นอกจากนี้ยังมีลักษณะการออกแบบที่ต่างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการบน Dos อย่างมาก เนื่องจาก Visual Basic ได้เปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงาน โดยเฉพาะในส่วนของการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ หรือส่วนติดต่อกับผู้ใช้ นั่นคือจากการที่ต้องออกแบบหน้าจอคอมพิวเตอร์บนกระดาษก่อนนำมาเขียนโปรแกรมมาเป็นการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งแสดงส่วนแสดงผลบนหน้าจอได้ทันที หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า Visual Basic ได้เปลี่ยนแปลงขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมจากหน้ามือเป็นหลังมือ เพราะวิธีเดิมนั้นจะเริ่มจากการเขียนโปรแกรมไปสู่การแก้ไขส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ในขณะที่ Visual Basic จะให้ผู้เขียนโปรแกรมออกแบบส่วนหน้าจอแสดงผลก่อนแล้วจึงค่อยเขียนโปรแกรม นั่นคือจะเริ่มจากส่วนแสดงผลไปสู่ตัวโปรแกรม

การวิเคราะห์ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินทั้ง 3 แบบ พบว่าระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำไม่เท่ากันสามารถป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับมนุษย์ สัตว์ และอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งภายใน และบริเวณใกล้เคียงสถานีไฟฟ้าย่อยได้ดีที่สุด เนื่องจากศักดาไฟฟ้าเมช และผลต่างระหว่างศักดาไฟฟ้าสูงสุด และต่ำสุดมีค่าต่ำกว่าศักดาไฟฟ้าสัมผัสสูงสุดที่มนุษย์สามารถทนได้มาก อีกทั้งยังใช้ลวดตัวนำน้อยที่สุดอีกด้วย รองลงมาคือระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มี

ระยะห่างระหว่างตัวนำไม่เท่ากันแบบลำดับเรขาคณิต และระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำเท่ากัน ตามลำดับ ในขณะที่บางกรณี ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำไม่เท่ากันแบบลำดับเรขาคณิตใช้ลวดตัวนำมากกว่าเล็กน้อย หรือใกล้เคียงกับระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำเท่ากัน แต่ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำเท่ากันจะมีข้อจำกัดในการออกแบบคือ ไม่เหมาะสมสำหรับสถานีไฟฟ้าย่อยขนาดใหญ่ เพราะสมการที่ใช้ในการคำนวณถูกกำหนดให้ใช้กับสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก และระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำไม่เท่ากันก็มีข้อจำกัดเช่นกันคือ ไม่สามารถใช้ได้กับสถานีไฟฟ้าย่อยขนาดเล็ก ดังนั้นระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำไม่เท่ากันแบบลำดับเรขาคณิตจะมีความยืดหยุ่นในการออกแบบมากที่สุด ซึ่งใช้ได้ดีกับสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีขนาดกลาง และขนาดเล็ก โดยเฉพาะขนาดเล็ก

ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อย และโปรแกรม SGDP ที่กล่าวถึงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถใช้เป็นแนวทาง และนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติ และยังใช้เป็นต้นแบบของการพัฒนาโปรแกรมกราฟฟิกในหัวข้อ Substation Grounding ต่อไปได้ แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ศึกษาภายใต้ขอบเขตที่จำกัด ดังนั้นการที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้จำเป็นต้องปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น และยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย ซึ่งสามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1). วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่ได้คำนึงถึงผลของแท่งดิน (Ground Rod) ซึ่งจะช่วยให้สามารถใช้จำนวนลวดตัวนำลดลงได้ ดังนั้นหากสามารถศึกษาระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำไม่เท่ากัน และไม่เท่ากันแบบลำดับเรขาคณิต โดยคำนึงถึงผลนี้ได้จะช่วยให้ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินของสถานีไฟฟ้าย่อยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2). วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาเฉพาะสถานีไฟฟ้าย่อยที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม ซึ่งระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินจึงมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมด้วย แต่ในความเป็นจริงมีสถานีไฟฟ้าย่อยบางแห่งที่มีลักษณะไม่เป็นสี่เหลี่ยม ซึ่งระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินก็จะมีลักษณะตามพื้นที่ของสถานีไฟฟ้าย่อยนั้น เช่น เป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก (Triangular-Shape) เป็นรูปตัวที (T-Shape) หรือเป็นรูปตัวแอล (L-Shape) ฯลฯ หากสามารถนำเทคนิคระยะห่างระหว่างตัวนำไม่เท่ากัน และไม่เท่ากันแบบลำดับเรขาคณิตมาประยุกต์ใช้กับระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีลักษณะต่างๆ ดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับมนุษย์ สัตว์ และอุปกรณ์ทั้งภายใน และบริเวณใกล้เคียงสถานีไฟฟ้าย่อยเป็นอย่างยิ่ง

3). การกำหนดค่าคงที่ของการลดลงสำหรับระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีระยะห่างระหว่างตัวนำไม่เท่ากันแบบลำดับเรขาคณิตนั้น หากกำหนดให้มีค่าน้อยเกินไปจะเป็นผลให้ระยะ

ห่างระหว่างลวดตัวนำในแต่ละช่องจะมีค่าเข้าสู่ศูนย์ และจะเป็นศูนย์ในที่สุด ซึ่งจะเป็นอย่างนั้นไปเรื่อยๆ ทั้งที่ยังไม่ครอบคลุมสถานีไฟฟ้าย่อยทั้งหมด จำนวนเมชของระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินจะมีค่าเป็นอนันต์ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถเก็บค่าอนันต์นี้ได้ (Floating Error) ดังนั้นในการออกแบบควรกำหนดค่าคงที่ของตัวนำให้มีค่ามากก่อนแล้วจึงค่อยๆ ลดลงมาจนถึงค่าที่เหมาะสม

4). การคำนวณ และแสดงผลการกระจายศักดาไฟฟ้าบนผิวดินนั้น หากสถานีไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ระบบโครงตาข่ายการต่อลงดินที่มีขนาดใหญ่ และใช้ลวดตัวนำจำนวนมาก เป็นผลให้ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำ (Memory) สูง และต้องมีการประมวลผลที่รวดเร็ว มิฉะนั้นจะต้องเสียเวลาในการออกแบบเป็นอย่างมาก และอาจเกิดปัญหาหน่วยความจำไม่พอ (Out of Memory) ดังนั้นในการออกแบบจึงไม่ควรเปิดโปรแกรมอื่นควบคู่ไปด้วย

5). จากปัญหาเรื่องหน่วยความจำ และความเร็วในการประมวลผลดังที่กล่าวไว้ในข้อเสนอแนะที่ 4 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบจึงควรมีหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) เป็น Pentium และมีหน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม (RAM) ไม่ต่ำกว่า 32 เมกะไบต์ (Megabyte) นอกจากนั้นคุณภาพของจอคอมพิวเตอร์ก็มีส่วนสำคัญในการแสดงผลบนหน้าจอ ซึ่งควรเลือกคอมพิวเตอร์ที่มีความละเอียดสูง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย