

บทที่ 6

การจำลองสนามไฟฟ้าของสายส่งโดยระเบียบวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์แบบ 3 มิติ

6.1 บทนำ

บทที่ 3 และ บทที่ 4 เป็นการคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ และระเบียบวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 บทเป็นการคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าแบบ 2 มิติ สำหรับบทที่ 6 จะเป็นบทที่นำเสนอการคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าแบบ 3 มิติ เพื่อให้เห็นลักษณะการกระจายค่าสนามไฟฟ้าที่สอดคล้องกับเหตุการณ์จริงมากยิ่งขึ้น โดยการวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าแบบ 3 มิติของระบบสายส่ง จะอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป COMSOLTM Multiphysics Version 3.4 ในการหาผลเฉลยของระบบไฟฟ้า 1 เฟสขนาด 69 kV กับระบบไฟฟ้า 3 เฟสสมมูลขนาด 230 kV และ 500 kV ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปดังกล่าวเป็นโปรแกรมที่ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ในการหาผลเฉลย

6.2 การกำหนดพารามิเตอร์และเงื่อนไขขอบเขต

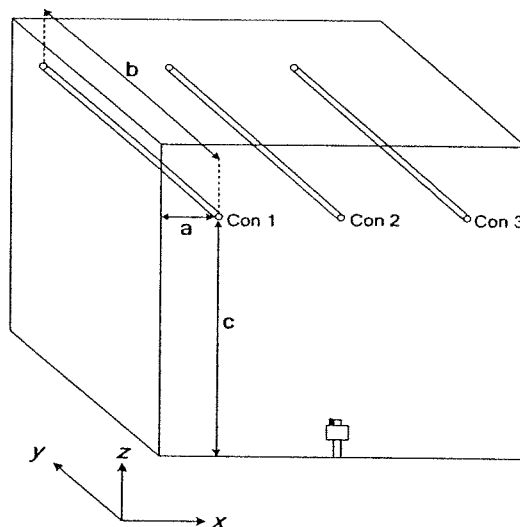
การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรมสำเร็จรูป COMSOLTM Multiphysics Version 3.4 ให้กับระบบสายส่งจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนประกอบหลัก ๆ คือ พารามิเตอร์การขึ้นรูปโครงสร้างของระบบขนาดต่าง ๆ และค่าพารามิเตอร์ที่แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ ค่าสนามไฟฟ้าภายในตัวนำสายส่ง ค่าสนามไฟฟ้าของโทรศัพท์มือถือ ค่าสภาพขอบซึมทางแม่เหล็ก และค่าสภาพยอมทางไฟฟ้า เป็นต้น เพื่อใช้ในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขต ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่แยกกล่าวไปแล้วในบทก่อนหน้านี้ ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวเฉพาะรายละเอียดการกำหนดพารามิเตอร์สำหรับการขึ้นรูปโครงสร้างของระบบขนาดต่าง ๆ เท่านั้น โดยสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ได้ดังตารางที่ 6.1 - 6.2 และสามารถพิจารณาภาพประกอบตามรูปที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์โครงสร้างของระบบไฟฟ้าแบบ 3 มิติ

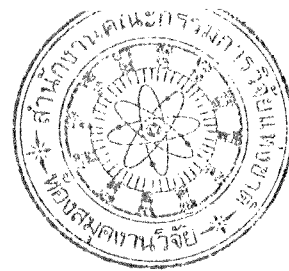
ระบบไฟฟ้า 1 เฟส	มิติของพื้นที่ศึกษา (m)		
	แกน x	แกน y	แกน z
69 kV	15	15	20

ตารางที่ 6.1 การกำหนดค่าพารามิเตอร์โครงสร้างของระบบไฟฟ้าแบบ 3 มิติ (ต่อ)

ระบบไฟฟ้า 3 เฟส	มิติของพื้นที่ศึกษา (m)		
	แกน x	แกน y	แกน z
69 kV	15	15	15
115 kV	20	20	20
230 kV	20	20	23
500 kV	25	25	25
มนุษย์	มิติของพื้นที่ศึกษา (m)		
	แกน x	แกน y	แกน z
ส่วนที่ 1	0.2	0.2	1.8
ส่วนที่ 2	0.6	0.2	0.6
โทรศัพท์มือถือ	มิติของพื้นที่ศึกษา (m)		
	แกน x	แกน y	แกน z
ส่วนที่ 1	0.1	0.2	0.2



รูปที่ 6.1 ลักษณะการกำหนดค่าพารามิเตอร์โครงสร้างของระบบไฟฟ้าแบบ 3 มิติ

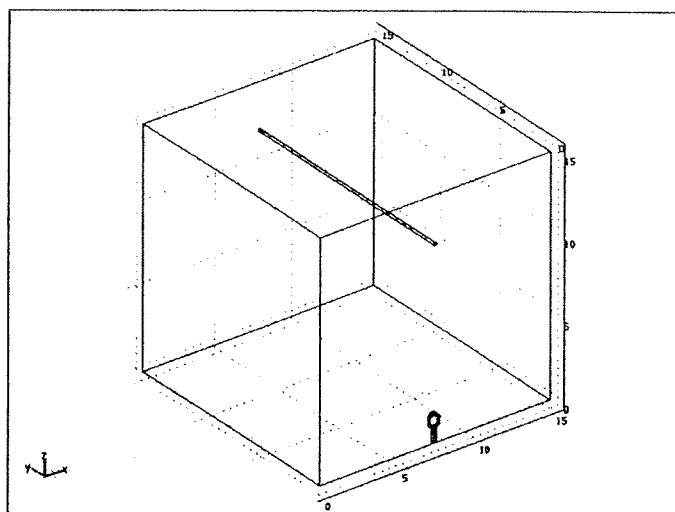


ตารางที่ 6.2 ค่าพารามิเตอร์การวางตำแหน่งตัวนำของระบบไฟฟ้าแบบ 3 มิติ

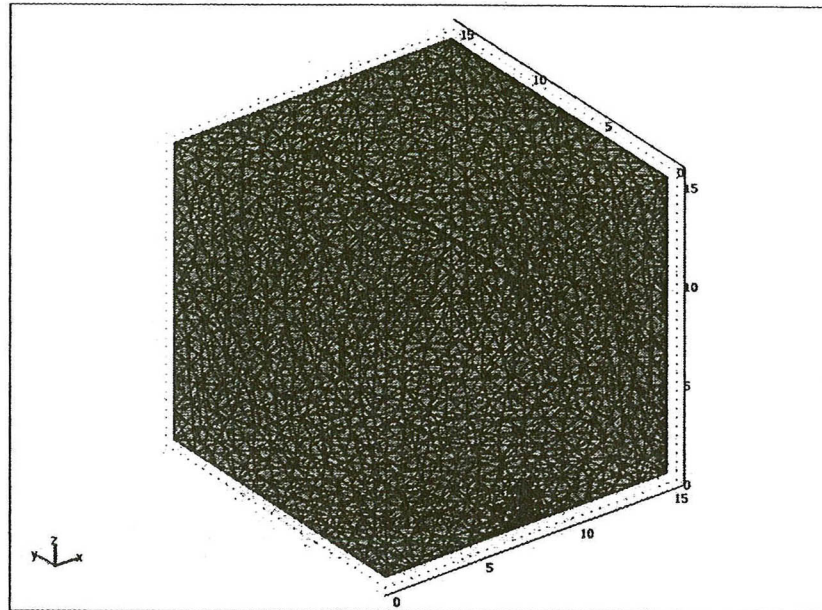
ระบบไฟฟ้า 1 เฟส			
ตัวนำ	ตำแหน่งการวางตัวนำ (m)		
	a	b	c
69 kV	7.5	15	12
ระบบไฟฟ้า 3 เฟส			
230 kV	ตำแหน่งการวางตัวนำ (m)		
	a	b	c
ตัวนำที่ 1	3	20	17
ตัวนำที่ 2	10	20	17
ตัวนำที่ 3	17	20	17
500 kV	ตำแหน่งการวางตัวนำ (m)		
	a	b	c
ตัวนำที่ 1	2.5	25	20
ตัวนำที่ 2	12.5	25	20
ตัวนำที่ 3	22.5	25	20

6.3 ระบบสายส่งไฟฟ้า 1 เฟส

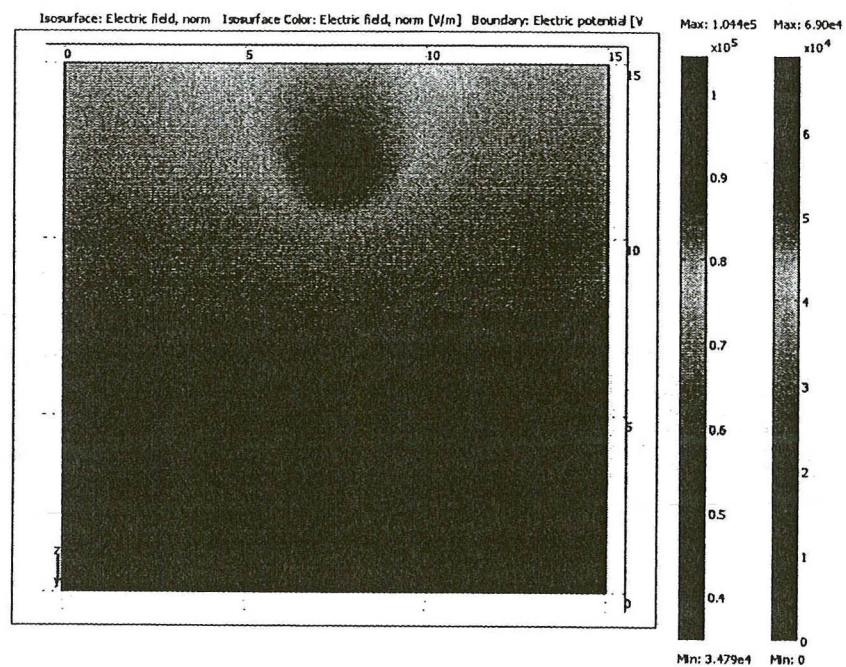
- ระบบสายส่งไฟฟ้า 1 เฟสขนาด 69 kV



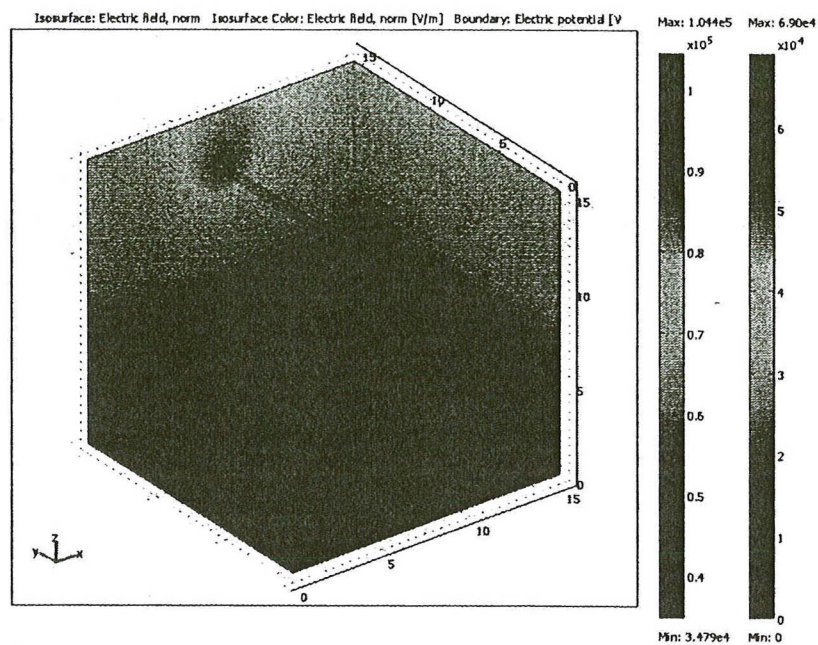
รูปที่ 6.2 โครงสร้างของระบบสายส่งไฟฟ้า 1 เฟสขนาด 69 kV ($x = 7.5$ m)



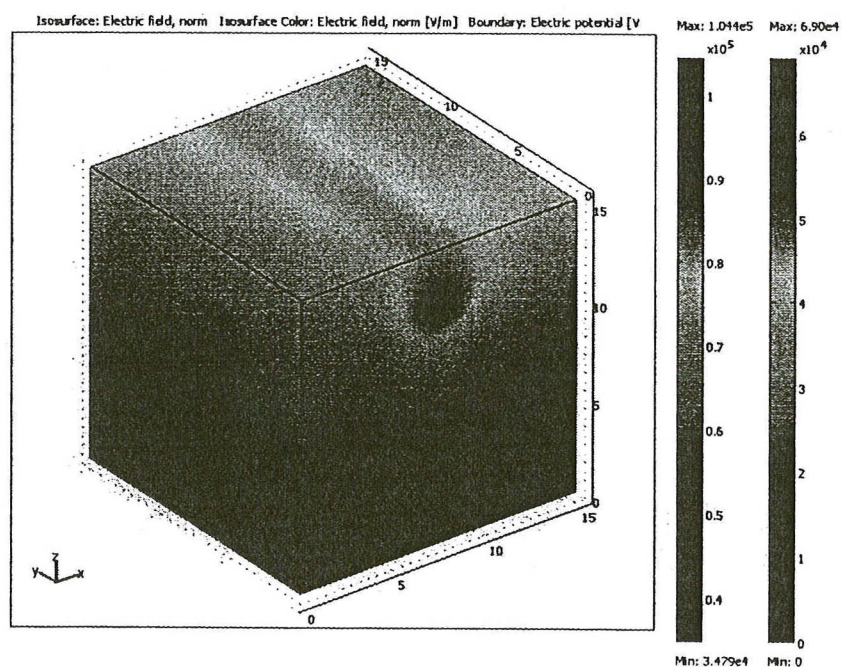
รูปที่ 6.3 การออกแบบกริดของระบบสายส่งไฟฟ้า 1 เฟสขนาด 69 kV ($x = 7.5$ m)



รูปที่ 6.4 คอนทัวร์ค่าสนามไฟฟ้าแบบ 2 มิติของระบบสายส่งไฟฟ้า 1 เฟสขนาด 69 kV ($x = 7.5$ m)



รูปที่ 6.5 ลักษณะค่าสนามไฟฟ้าแบบ 3 มิติบริเวณภายในระบบสายส่งไฟฟ้า 1 เฟสขนาด 69 kV
 ($x = 7.5$ m)



รูปที่ 6.6 ลักษณะค่าสนามไฟฟ้าแบบ 3 มิติบริเวณพื้นผิวภายนอกของ
 ระบบสายส่งไฟฟ้า 1 เฟสขนาด 69 kV ($x = 7.5$ m)

6.4 ระบบสายส่งไฟฟ้า 3 เฟสสมดุล

- ระบบสายส่งไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 230 kV

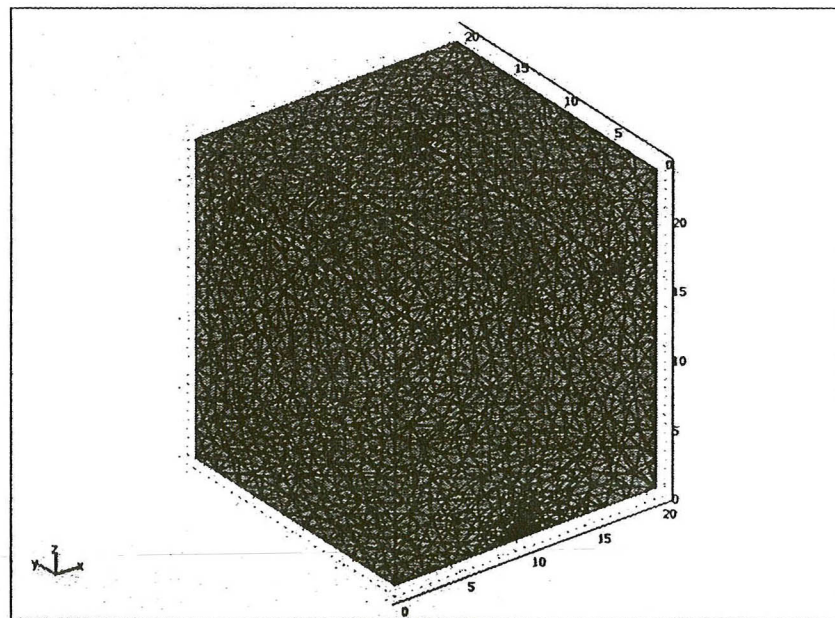
ระบบสายส่งไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 230 kV เมื่อมนุษย์ใช้งานโทรศัพท์มือถือ ณ ตำแหน่งใด ๆ ได้ทำการพิจารณาลักษณะของระบบไฟฟ้า 3 เฟสสมดุล ออกเป็น 3 กรณี คือ

$$\text{เมื่อ } V_A = 230\angle 0^\circ \text{ kV } V_B = 230\angle -120^\circ \text{ kV } V_C = 230\angle 120^\circ \text{ kV}$$

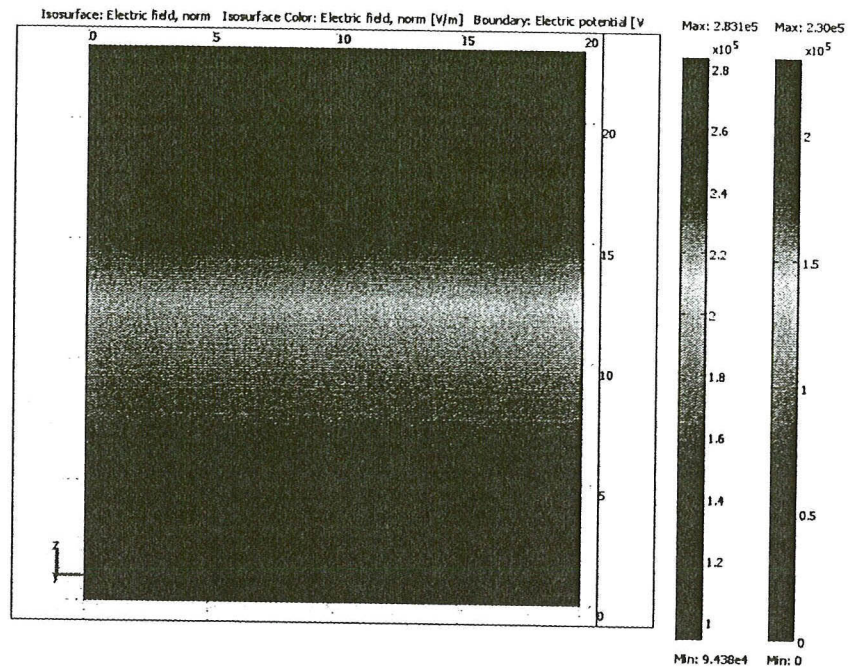
$$\text{เมื่อ } V_A = 230\angle 120^\circ \text{ kV } V_B = 230\angle 0^\circ \text{ kV } V_C = 230\angle -120^\circ \text{ kV}$$

$$\text{เมื่อ } V_A = 230\angle -120^\circ \text{ kV } V_B = 230\angle 120^\circ \text{ kV } V_C = 230\angle 0^\circ \text{ kV}$$

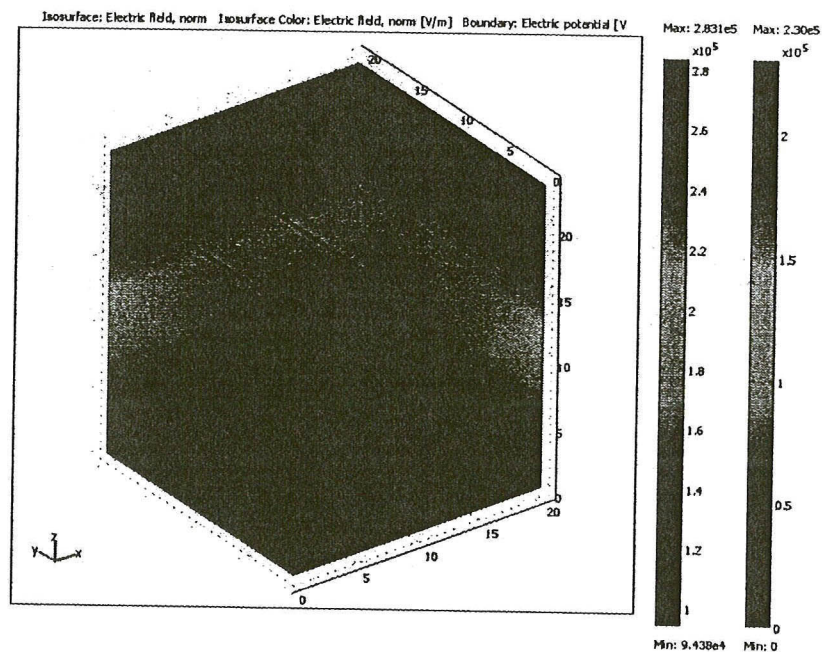
โดยลักษณะการกระจายค่าสนามไฟฟ้าและคอนทัวร์ค่าสนามไฟฟ้าของระบบสายส่งไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 230 kV ทั้ง 3 กรณี จะให้ลักษณะการจำลองผลที่เหมือนกัน ในทำนองเดียวกับบทที่ 6 ที่ผ่านมา ดังนั้นการนำเสนอการจำลองผลสนามไฟฟ้าแบบ 3 มิติของระบบไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 500 kV จะนำเสนอในลักษณะเดียวกับระบบไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 230 kV ซึ่งมีรายละเอียดการนำเสนอ ดังนี้



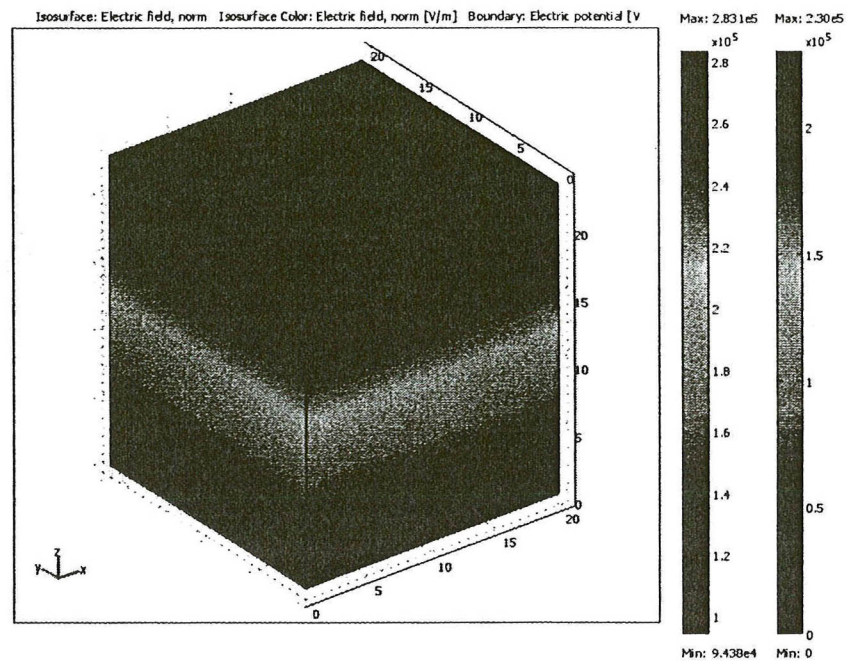
รูปที่ 6.7 การออกแบบกริดของระบบสายส่งไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 230 kV ($x = 10$ m)



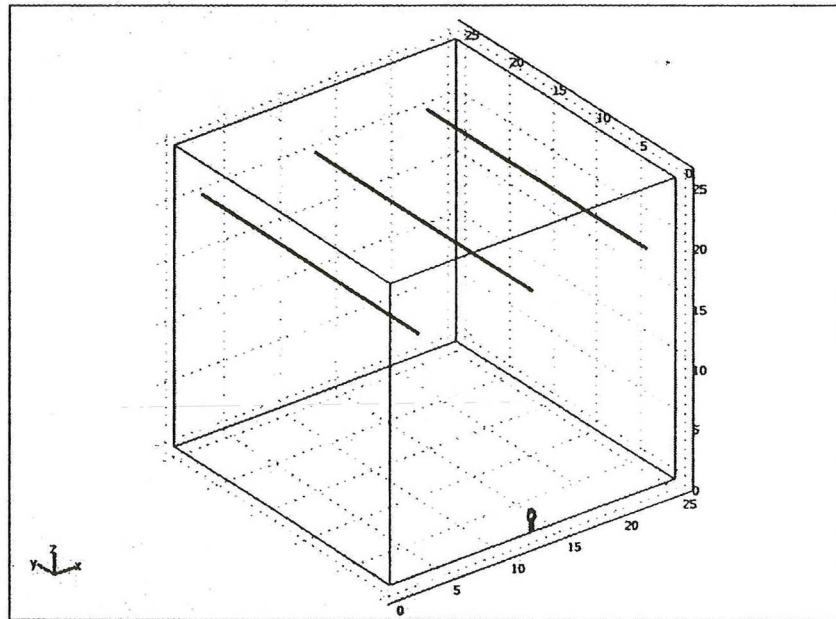
รูปที่ 6.8 คอนทัวร์ค่าสนามไฟฟ้าแบบ 2 มิติของระบบสายส่งไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 230 kV
เมื่อ $V_A = 230\angle 0^\circ$ kV $V_B = 230\angle -120^\circ$ kV $V_C = 230\angle 120^\circ$ kV ($x = 10$ m)



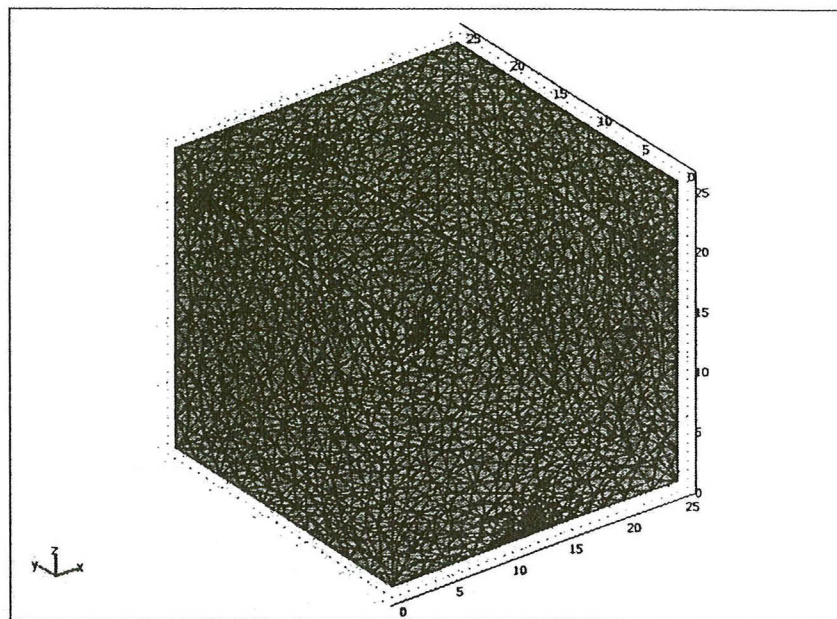
รูปที่ 6.9 ลักษณะค่าสนามไฟฟ้าแบบ 3 มิติบริเวณภายในระบบสายส่งไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 230 kV
เมื่อ $V_A = 230\angle 0^\circ$ kV $V_B = 230\angle -120^\circ$ kV $V_C = 230\angle 120^\circ$ kV ($x = 10$ m)



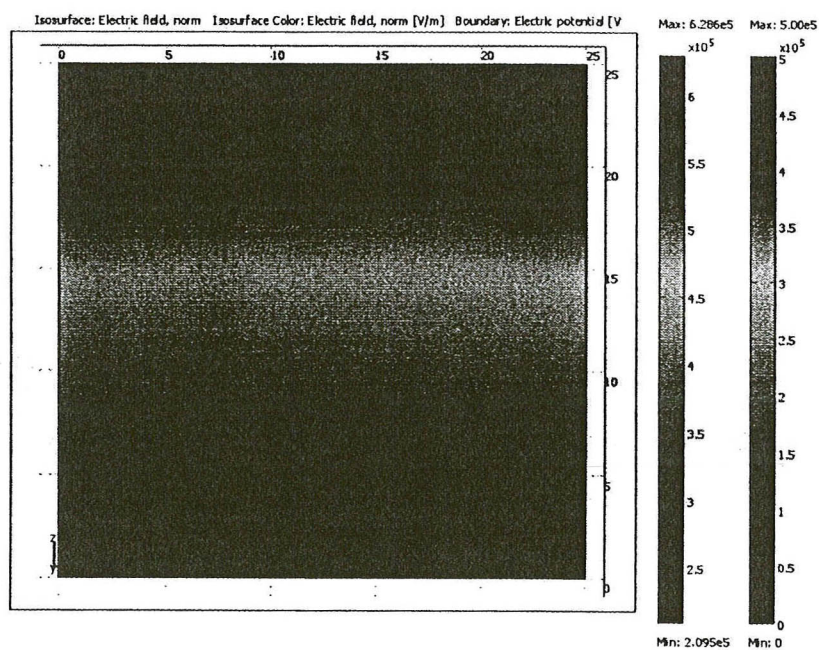
รูปที่ 6.10 ลักษณะค่าสนามไฟฟ้าแบบ 3 มิติบริเวณพื้นผิวภายนอกของระบบไฟฟ้า 3 เฟส 230 kV
เมื่อ $V_A = 230\angle 0^\circ$ kV $V_B = 230\angle -120^\circ$ kV $V_C = 230\angle 120^\circ$ kV ($x = 10$ m)



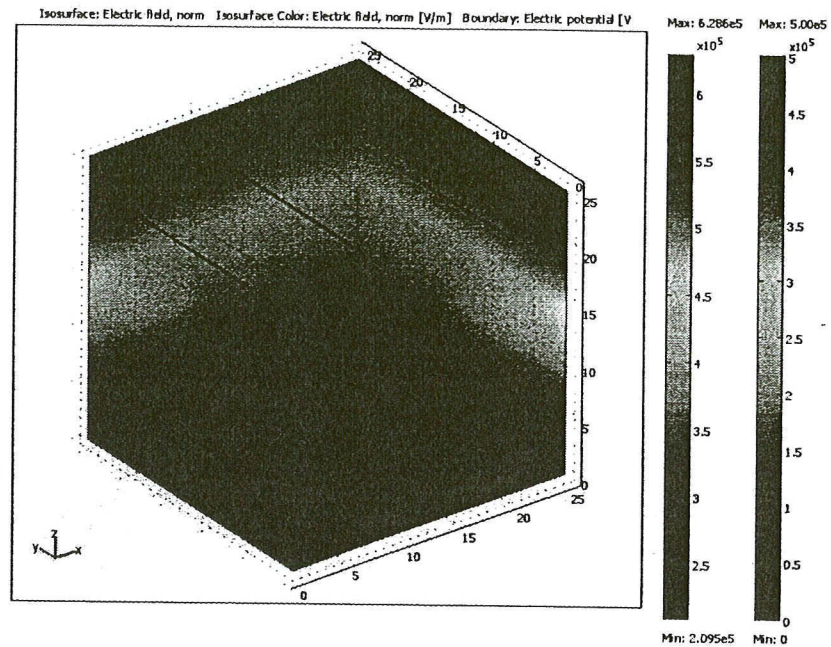
รูปที่ 6.11 โครงสร้างของระบบสายส่งไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 500 kV ($x = 12.5$ m)



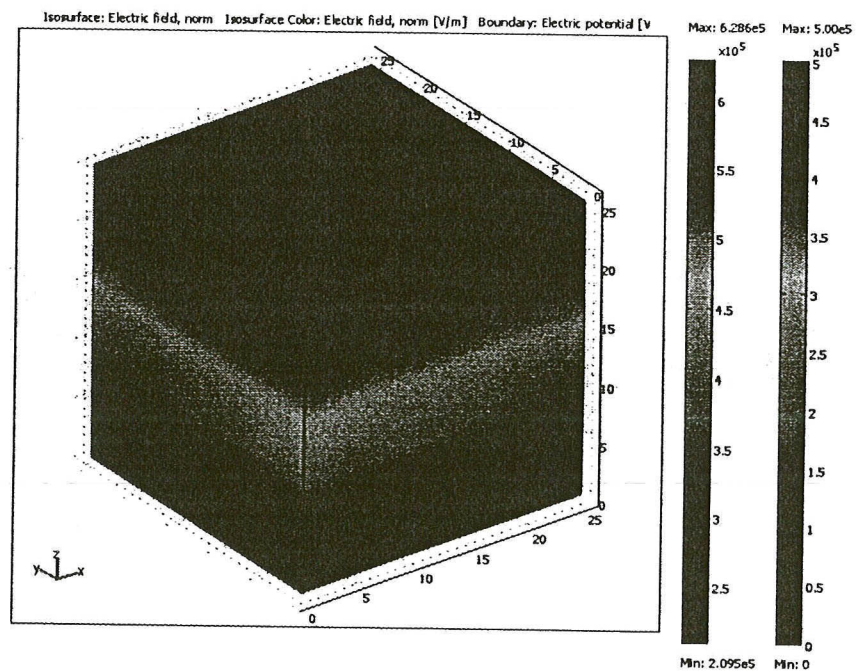
รูปที่ 6.12 การออกแบบกริดของระบบสายส่งไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 500 kV ($x = 12.5$ m)



รูปที่ 6.13 คอนทัวร์ค่าสนามไฟฟ้าแบบ 2 มิติของระบบสายส่งไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 500 kV
เมื่อ $V_A = 500\angle 0^\circ$ kV $V_B = 500\angle -120^\circ$ kV $V_C = 500\angle 120^\circ$ kV ($x = 12.5$ m)



รูปที่ 6.14 ลักษณะค่าสนามไฟฟ้าแบบ 3 มิติบริเวณภายในระบบสายส่งไฟฟ้า 3 เฟสขนาด 500 kV
 เมื่อ $V_A = 500\angle 120^\circ$ kV $V_B = 500\angle 0^\circ$ kV $V_C = 500\angle -120^\circ$ kV ($x = 12.5$ m)



รูปที่ 6.15 ลักษณะค่าสนามไฟฟ้าแบบ 3 มิติบริเวณพื้นผิวภายนอกของระบบไฟฟ้า 3 เฟส 500 kV
 เมื่อ $V_A = 500\angle 0^\circ$ kV $V_B = 500\angle -120^\circ$ kV $V_C = 500\angle 120^\circ$ kV ($x = 12.5$ m)

6.5 สรุป

การจำลองผลเพื่อศึกษาผลกระทบค่าสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จากการใช้งานโทรศัพท์มือถือของมนุษย์ภายใต้บริเวณสายส่งไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ แบบ 3 มิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป COMSOLTM Multiphysics Version 3.4 สามารถแสดงให้เห็นลักษณะการกระจายค่าสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นรอบ ๆ โทรศัพท์มือถือ ณ ขณะที่มนุษย์ใช้งานโทรศัพท์บริเวณสายส่งไฟฟ้า นอกจากนี้ยังเห็นการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า เมื่อตัวนำในสายส่งมีการเปลี่ยนขนาดค่าสนามไฟฟ้าไป รวมถึงปริมาณค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดและต่ำสุดของระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบไฟฟ้า 3 เฟสสมดุลขนาด 230 kV และ 500 kV ที่มีปริมาณค่าสนามไฟฟ้าเกิน 5 kV/m ซึ่งผลการจำลองแบบ 3 มิติก็มีผลสอดคล้องเหมือนแบบ 2 มิติในบทที่ 6 ที่ผ่านมามากประการ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายอย่างยิ่งต่อมนุษย์ที่ใช้งาน โทรศัพท์มือถือในขณะที่เข้าใกล้บริเวณระบบไฟฟ้า 3 เฟสสมดุล