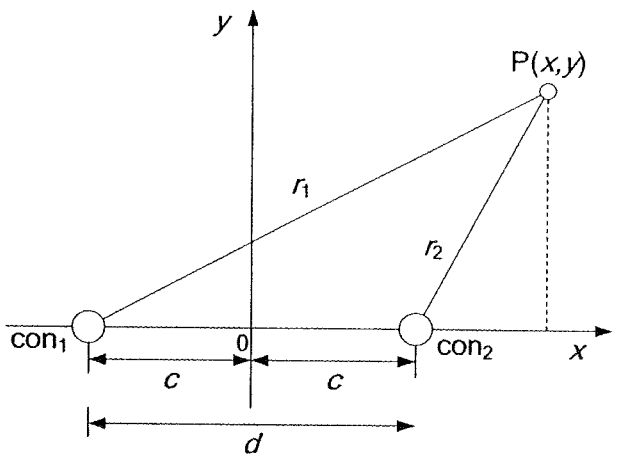
ภาคผนวก ก

การพิสูจน์สมการคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าภายใต้ระบบสายส่ง

การพิสูจน์สมการคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าภายใต้ระบบสายส่ง

จากทฤษฎี: ประจุตัวนำและประจุตัวนำเทียมที่มีลักษณะเป็นเส้นที่มีความยาวอนันต์วางห่างกันเป็นระยะทาง d ตามรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 ประจุตัวนำและประจุตัวนำเทียมที่เป็นเส้นยาวอนันต์

โดยที่ con_1 คือ ประจุตัวนำเทียม

con_2 คือ ประจุตัวนำ

$P(x,y)$ คือ จุดที่ต้องการพิจารณา

d คือ ระยะห่างระหว่างประจุตัวนำและประจุตัวนำเทียม (m)

c คือ ระยะห่างระหว่างตำแหน่งประจุกับแกน y (m)

r_1 คือ ระยะห่างระหว่าง con_1 กับ $P(x,y)$ (m)

r_2 คือ ระยะห่างระหว่าง con_2 กับ $P(x,y)$ (m)

จาก

$$v_p = -\int_{r_0}^{r_1} \mathbf{E}_r dr + (-\int_{r_0}^{r_2} \mathbf{E}_r dr)$$

$$= \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\left(\ln\frac{r_0}{r_1} + \ln\frac{r_2}{r_0}\right)$$

$$= \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right) \qquad \text{(ก-1)}$$

จากรูปที่ ก.1 สามารถหาค่า r_1 และ r_2 โดยอาศัยความรู้พื้นฐานตรีโกณมิติจะได้ดังสมการที่ (ก-2) และ(ก-3) ตามลำดับ

$$r_1 = \sqrt{(x+c)^2 + y^2} \qquad \text{(ก-2)}$$

$$r_2 = \sqrt{(x-c)^2 + y^2} \qquad \text{(ก-3)}$$

แทนค่าสมการที่ (ก-2) และ (ก-3) ในสมการที่ (ก-1) จะได้ดังสมการ (ก-4)

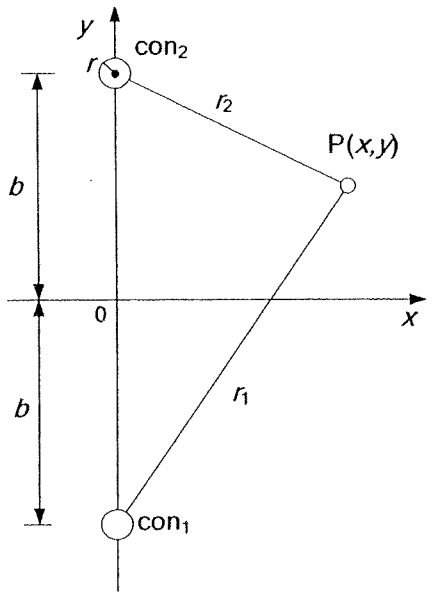
$$v_p = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\left(\frac{\sqrt{(x+c)^2 + y^2}}{\sqrt{(x-c)^2 + y^2}}\right) \qquad \text{(ก-4)}$$

ดังนั้นถ้าระบบสายส่งมีตำแหน่งประจุตัวนำและประจุตัวนำเทียมตามรูปที่ ก.2 จะได้สมการที่ (ก-5) ที่ประดิษฐ์ขึ้นในทำนองเดียวกับสมการที่ (ก-4) เป็น

$$v_p = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln\left(\frac{\sqrt{x^2 + (b+y)^2}}{\sqrt{x^2 + (b-y)^2}}\right) \qquad \text{(ก-5)}$$

เมื่อ

$$r_1 = \sqrt{x^2 + (b+y)^2} \quad \text{และ} \quad r_2 = \sqrt{x^2 + (b-y)^2}$$



รูปที่ ก.2 ประจุตัวนำและประจุตัวนำเทียมในระบบสายส่ง

โดยที่ B คือ ระยะห่างระหว่างตำแหน่งประจุกับแกน x (m)

r คือ รัศมีภายในตัวนำ (m)

ถ้าพิจารณาค่า self potential ที่เกิดขึ้นเฉพาะตัวนำสายส่งจะได้

$$v = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0} \ln\left(\frac{2b}{r}\right) \qquad \text{(ก-6)}$$

นำสมการที่ (ก-5) หารด้วย (ก-6) หารกันตลอดทั้งสมการจะได้สมการที่ (ก-7)

$$\frac{v_p}{v} = \frac{\left(\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\right)\ln\left(\frac{\sqrt{x^2+(b+y)^2}}{\sqrt{x^2+(b-y)^2}}\right)}{\left(\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\right)\ln\left(\frac{2b}{r}\right)}$$

$$v_p = \frac{v}{n_{11}} n_{1p} \qquad \text{(ก-7)}$$

เมื่อ

$$n_{1p} = \ln\left(\sqrt{\frac{x^2+(b+y)^2}{x^2+(b-y)^2}}\right) \text{ และ } n_{11} = \ln\left(\frac{2b}{r}\right)$$

สามารถหาค่าสนามไฟฟ้าที่จุด P(x,,y) ณ ตำแหน่งใด ๆ ได้ดังสมการที่ (ก-8)

$$\mathbf{E} = \sqrt{\left|\frac{\partial v_p}{\partial x}\right|^2 + \left|\frac{\partial v_p}{\partial y}\right|^2}$$

$$\mathbf{E} = \frac{2bv}{n_{11}\sqrt{x^4+y^4+b^4+2b^2x^2+2x^2y^2-2b^2y^2}} \qquad \text{(ก-8)}$$

ภาคผนวก ข

การประยุกต์เงื่อนไขค่าขอบเขต

การประยุกต์เงื่อนไขค่าขอบเขต

หลังจากได้ระบบสมการรวม ขั้นตอนสำคัญที่ต้องดำเนินการก่อนการแก้สมการหาผลเฉลยทุกครั้ง คือ การประยุกต์เงื่อนไขค่าขอบเขต โดยในส่วนของภาคผนวกนี้ จะขอยกตัวอย่างเมทริกซ์ของระบบสมการรวมขนาดเล็ก เพื่อให้พอเห็นภาพการประยุกต์เงื่อนไขค่าขอบเขตดังกล่าว กำหนดให้ระบบสมการรวมที่เกิดขึ้นประกอบด้วย 4 สมการย่อยตามสมการที่ (ค-1)

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 1 \\ 3 & 4 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 20 \\ 30 \\ 40 \end{bmatrix} \qquad \text{(ค-1)}$$

โดยสมมติให้ ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาค่าสนามไฟฟ้าภายในระบบสายส่งซึ่งทราบค่า $x_3 = 100$ V/m จากสมการที่ (ค-1) สามารถดัดแปลงให้อยู่ในรูปของการประยุกต์เงื่อนไขค่าขอบเขตได้ดังสมการที่ (ค-2)

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & 4 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 4 & 1 & 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10-3(100) \\ 20-4(100) \\ 100 \\ 40-2(100) \end{bmatrix} \qquad \text{(ค-2)}$$

ถ้าระบบที่พิจารณามีการกำหนดค่าเงื่อนไขขอบเขตทั้งหมด n โนด จะต้องดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้นทั้งหมด n ครั้ง ถึงจะสามารถนำเมทริกซ์ของระบบสมการรวมไปแก้สมการหาผลเฉลยได้

ภาคผนวก ค

การเผยแพร่ผลงานในขณะศึกษา

การเผยแพร่ผลงานในขณะศึกษา

รายชื่อบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการนานาชาติ

1. R. Boonwutiwiwat, T. Kulworawanichpong, and P. Pao-la-or. (2007). **Electric Field Estimation around an Overhead Power Transmission Line using Neural Network Model.** The 7th WSEAS International Conference on Systems. Crete island, Agios, Greece.: 97-102.

2. R. Boonwutiwiwat, T. Kulworawanichpong, and P. Pao-la-or. (2007). **Electric Field Estimation around an Overhead Power Transmission Line using Neural Network Model.** The 24th IASTED International Conference on Applied Simulation and Modelling. Palma de Mallorca, Spain.

3. R. Boonwutiwiwat, T. Kulworawanichpong, and P. Pao-la-or. (2007). **Electric Field Distribution Resulting from a Mobile-Phone-Human Interfacing With an Overhead Power Transmission Line.** The 11th WSEAS International Conference on Systems. Beijing, China.: 300-303.

รายชื่อบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการภายในประเทศ

1. รัฐธรงค์ บุญวุฒิวิวัฒน์ ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์ และ เผด็จ เผ่าละออ. (2550). **ผลการจำลองเชิงตัวเลขของการกระจายสนามไฟฟ้าจากการใช้งานโทรศัพท์มือถือของมนุษย์.** การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 30 (EECON30) ณ โรงแรมเฟลิกซ์ริเวอร์แคว รีสอร์ท จังหวัดกาญจนบุรี วันที่ 25-26 ตุลาคม: 273-276.