บทที่ 4

ผลการวัดจากระบบวัดโพลาไรเซชันของคลื่นกระเจิง

ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึงระบบวัดโพลาไรเซชันของคลื่นกระเจิงที่ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อนำไปใช้วัดพืชไร่ชนิดต่าง ๆ กัน 7 ชนิดได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว งา ทานตะวัน และฝ้าย พร้อมทั้งแสดงขั้นตอนในการดำเนินการวัด ผลการวัดที่ได้คือขนาดกำลัง และมุมเฟสของคลื่นที่กระเจิงกลับเทียบกับคลื่นที่ส่ง ซึ่งมีทั้งหมด 4 กรณี (HH HV VH และ VV) โดยเก็บผล 10 ตำแหน่งจากพืชไร่แต่ละชนิด ดังนั้นในบทที่ 4 จะกล่าวถึงผลการวัดทั้งหมดจากพืชไร่ชนิดต่างๆ พร้อมทั้งแสดงความสัมพันธ์ของผลการวัดที่ได้กับค่าองค์ประกอบทั้ง 4 ของเมตริกซ์การกระเจิง

<u>การปรับเทียบและผลการวัดที่ได้</u>

ระบบวัดโพลาไรเซชันของคลื่นกระเจิงจะส่งและรับคลื่นที่กระเจิงกลับจากพืชไร่ด้วยเครื่องวิเคราะห์ข่ายวงจร ร่วมกับชุดทดสอบพารามิเตอร์เอสที่ความถี่ 3.3 ถึง 4.2 จิกะเฮิรตซ์ โดยอาศัยการปรับของแขนจับสายอากาศก็จะสามารถวัดคลื่นกระเจิงครบทั้ง 4 กรณี ซึ่งข้อมูลที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ฯ คือขนาดกำลังของคลื่นที่รับได้ (หน่วยเป็นเดซิเบล) และ มุมเฟส (หน่วยเป็นองศา) ถูกบันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรแกรมภาษา GWBASIC ควบคุมการทำงาน (แสดงรายละเอียดของโปรแกรมภาษา GWBASIC ไว้ในภาคผนวก ค)

ในการวัดทุกครั้งจะทำการปรับเทียบด้วยแผ่นอะลูมิเนียมเรียบขนาด 2X2 เมตร ดังนั้นข้อมูลที่บันทึกลงคอมพิวเตอร์จึงเป็นค่าสัดส่วนของกำลังคลื่นที่กระเจิงกลับจากพืชไร่ต่อคลื่นที่กระเจิงกลับจากแผ่นสะท้อน ซึ่งมีเหตุผลที่เลือกใช้การปรับเทียบด้วยวิธีนี้คือ

1. การวัดแต่ละครั้งย่อมมีสัญญาณรบกวนจากภายในและภายนอกระบบ เนื่องมาจากความร้อน ความชื้น และสัญญาณแปลกปลอมในอากาศ ดังนั้นเครื่องมือวัดและอุปกรณ์จึงจำเป็นต้องตัดสัญญาณรบกวนเหล่านั้นด้วยการปรับเทียบกับค่ามาตรฐาน[16] สำหรับระบบวัดโพลาไรเซชันของคลื่นกระเจิงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาการกระเจิงของคลื่น จึงใช้แผ่นอะลูมิเนียมเรียบเป็นมาตรฐานในการปรับเทียบ เพราะคลื่นที่สะท้อนจากแผ่นอะลูมิเนียมเรียบมีทิศทางและขนาดที่

แน่นอน สามารถคำนวณได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ จึงใช้แผ่นอะลูมิเนียมเรียบเพื่อตัดผลของสัญญาณรบกวนและใช้อ้างอิงค่าของคลื่นที่กระเจิงกลับจากพืชไร่ได้

2. การวัดคลื่นกระเจิงทั้ง 4 กรณี จะเทียบกับการปรับเทียบจากแผ่นอะลูมิเนียมเรียบในกรณี HH เพียงกรณีเดียว เพราะว่าข้อมูลที่ได้ทุกกรณีจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์กับค่าองค์ประกอบทั้ง 4 ของเมตริกซ์การกระเจิง และระดับขั้นการโพลาไรซ์ ซึ่งต้องคำนวณจากค่าของทุกกรณี จึงต้องปรับเทียบด้วยระดับสัญญาณที่เหมือนกัน ดังนั้นระบบวัดโพลาไรเซชันของคลื่นกระเจิงจึงใช้การปรับเทียบเพียงกรณีเดียวสำหรับการวัดทุกกรณี

ฉะนั้นข้อมูลที่บันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์ (ค่าสัมประสิทธิ์การกระเจิงกลับ และมุมเฟส) จึงเป็นข้อมูลของคลื่นที่กระเจิงกลับจากพืชไร่เทียบกับคลื่นที่กระเจิงกลับจากแผ่นอะลูมิเนียม ในกรณี HH ข้อมูลของพืชไร่ทุกชนิด อันได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว งา ทานตะวัน และฝ้าย ดังแสดงในภาคผนวก ง รูป ง.1 ถึง ง.14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าองค์ประกอบทั้ง 4 ของเมทริกซ์การกระเจิง

กำลังของคลื่นกระเจิงที่บันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์ (P^M) คือกำลังของคลื่นที่กระเจิงกลับจากพืชไร่ (P^S) เทียบกับคลื่นที่กระเจิงกลับจากแผ่นสะท้อน (P^C) ดังนั้นค่าที่บันทึกมีความสัมพันธ์กับคลื่นกระเจิงดังสมการที่ (4.1ก) ถึง (4.1ค)

$$\frac{P^M}{P^i} = \frac{P^S}{P^C} \qquad \text{.....(4.1ก)}$$

$$10\log\frac{P^M}{P^i} = 10\log\frac{P^S/P^i}{P^C/P^i} = 10\log\frac{P^S}{P^i} - 10\log\frac{P^C}{P^i} \qquad \text{.....(4.1ข)}$$

$$10\log\frac{P^S}{P^i} = M + C \qquad \text{.....(4.1ค)}$$

โดยที่ P^M คือ ขนาดกำลังของคลื่นกระเจิงที่บันทึก

P^i คือ ขนาดกำลังของคลื่นที่ส่ง

P^S คือ ขนาดกำลังของคลื่นกระเจิงที่กลับจากพืชไร่

P^C คือ ขนาดกำลังของคลื่นกระเจิงที่กลับจากแผ่นอะลูมิเนียมเรียบ

M คือ อัตราส่วนกำลังของคลื่นกระเจิงที่บันทึกต่อคลื่นที่ส่งออก (หน่วยเป็นเดซิเบล)

C คือ อัตราส่วนกำลังของคลื่นกระเจิงจากแผ่นอะลูมิเนียมเรียบต่อคลื่นที่ส่งออก (หน่วยเป็นเดซิเบล)

มุมเฟสของคลื่นกระเจิงที่บันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์ (ϕ^M) มีความสัมพันธ์กับมุมเฟสของคลื่นกระเจิงจากพืชไร่ (ϕ^S) และมุมเฟสจากแผ่นอะลูมิเนียม (ϕ^C) ดังแสดงในสมการที่ (4.2)

$$\phi^S - \phi^i = \phi^M + \phi^C \qquad \text{.....(4.2)}$$

โดยที่ ϕ^S คือ มุมเฟสของคลื่นกระเจิงที่กลับจากพืชไร่

ϕ^i คือ มุมเฟสของคลื่นที่ส่งออก

ϕ^M คือ มุมเฟสของคลื่นกระเจิงที่บันทึก

ϕ^C คือ มุมเฟสของคลื่นกระเจิงที่กลับจากแผ่นอะลูมิเนียม

ถ้าพิจารณาสายอากาศส่งและรับ มีการทำงานใน mode TE_{10} แสดงว่าคลื่นที่ส่งไปมีการโพลาไรซ์แบบเชิงเส้น ตามแนวแกน H ดังนั้นสมการที่ (2.8ง) สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$E_H^S = S_{HH} E_H^I \qquad \text{.....(4.3ก)}$$

$$S_{HH} = \frac{E_H^S}{E_H^I} = \left|\frac{E_H^S}{E_H^I}\right| e^{j(\phi_H^S - \phi_H^I)} \qquad \text{.....(4.3ข)}$$

พิจารณาการส่งและรับคลื่นในกรณี HH สมการที่ (4.1ค) (4.2) และ (4.3ข) สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} S_{HH} &= 10^{(M_{HH}+C)/20} \cdot e^{j(\phi_{HH}^M + \phi^C)} \\ &= 10^{M_{HH}/20} \cdot e^{j\phi_{HH}^M} \cdot 10^{C/20} \cdot e^{j\phi^C} \end{aligned} \qquad \text{.....(4.4ก)}$$

ในทำนองเดียวกันกรณี HV VH และ VV จะได้ว่า

$$S_{HV} = 10^{M_{HV}/20} \cdot e^{j\phi_{HV}^M} 10^{C/20} \cdot e^{j\phi^C} \qquad \text{.....(4.4ข)}$$

$$S_{VH} = 10^{M_{VH}/20} \cdot e^{j\phi_{VH}^M} 10^{C/20} \cdot e^{j\phi^C} \qquad \text{.....(4.4ค)}$$

$$S_{VV} = 10^{M_{VV}/20} \cdot e^{j\phi_{VV}^M} 10^{C/20} \cdot e^{j\phi^C} \qquad \text{.....(4.4ง)}$$

ซึ่งสามารถเขียนสมการที่ (4.4ก-4.4ง)ใหม่โดยการหารด้วยพจน์ที่เกิดจากการปรับเทียบ จะได้ดังนี้

$$S_{HH}^C = 10^{M_{HH}/20} \cdot e^{j\phi_{HH}^M} \qquad \text{.....(4.5ก)}$$

$$S_{HV}^C = 10^{M_{HV}/20} \cdot e^{j\phi_{HV}^M} \qquad \text{.....(4.5ข)}$$

$$S_{VH}^C = 10^{M_{VH}/20} \cdot e^{j\phi_{VH}^M} \qquad \text{.....(4.5ค)}$$

$$S_{VV}^C = 10^{M_{VV}/20} \cdot e^{j\phi_{VV}^M} \qquad \text{.....(4.5ง)}$$

โดยที่ $S_{HH}^C, S_{HV}^C, S_{VH}^C, S_{VV}^C$ คือ ค่าองค์ประกอบทั้ง 4 ของเมทริกซ์การกระเจิงเทียบกับคลื่นที่กระเจิงกลับจากแผ่นอะลูมิเนียมเรียบ

จากสมการที่ (4.5ก) ถึง (4.5ง) แสดงให้เห็นว่าสามารถหาค่าองค์ประกอบทั้ง 4 ของเมทริกซ์การกระเจิงของพืชไร่ชนิดต่างๆ ได้จากผลการวัดโดยตรง แม้ว่าค่าที่ได้จะเป็นค่าที่อ้างอิงกับการกระเจิงกลับจากแผ่นอะลูมิเนียมเรียบ จากผลการวัดที่ได้สามารถหาค่าองค์ประกอบทั้ง 4 ของเมทริกซ์การกระเจิงดังแสดงในภาคผนวก ง รูป ง.15 ถึง ง.21