

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาชุดทดลองเพื่อการศึกษาปัญหาการเปลี่ยนโพลาริเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากฝนได้แบ่งงานออกเป็น 2 ส่วนคือ (1) การศึกษาเชิงทฤษฎีเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการเปลี่ยนโพลาริเซชันสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบชุดทดลองและ (2) การออกแบบ จัดสร้างชุดทดลอง และ (3) ทดสอบชุดทดลองที่ได้จัดสร้างขึ้น และทำการตรวจวัดปริมาณการเปลี่ยนโพลาริเซชันเนื่องจากฝนโดยอาศัยชุดทดลอง

การศึกษาเชิงทฤษฎีทำโดยศึกษาลักษณะสมบัติการแพร่กระจาย (ลักษณะสมบัติการลดทอนและการเลื่อนเฟส) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านตัวกลางหรือบรรยากาศขณะที่มีฝนตก โดยพิจารณาบรรยากาศที่มีอนุภาคฝนเจือปนอยู่ถือว่าเป็นตัวกลางเอกพันธ์ที่มีการสูญเสียและแอนไอโซทรอปิก และมีค่าสภาพยอมประสิทธิผลเป็นตัวแสดงลักษณะสมบัติของตัวกลาง ค่าสภาพยอมประสิทธิผลนี้สามารถทำได้จากค่าสภาพยอมสัมพัทธ์ของน้ำและลักษณะสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของฝนอันได้แก่ รูปร่าง ขนาด แนวการวางตัว และการกระจายขนาดของอนุภาคฝน โดยถือว่าที่แต่ละอัตราการตกของฝนภายใต้สิ่งแวดล้อมหรืออิทธิพลของลมที่เหมือนกัน ลักษณะสมบัติดังกล่าวจะมีค่าเท่ากันเป็นผลให้ค่าสภาพยอมประสิทธิผลที่แต่ละอัตราการตกมีค่าคงที่ การพิจารณาบรรยากาศขณะที่มีฝนตกว่าเป็นตัวกลางเอกพันธ์ที่มีการสูญเสียและแอนไอโซทรอปิกแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนโพลาริเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดเนื่องจากปรากฏการณ์ย่อย 2 ปรากฏการณ์คือ (1) การเกิดผลต่างของการลดทอน และ (2) การเกิดผลต่างของการเลื่อนเฟส โดยค่าสภาพยอมประสิทธิผลเป็นตัวกำหนดปริมาณของปรากฏการณ์ทั้งสอง ปริมาณผลต่างของการลดทอนและผลต่างของการเลื่อนเฟสต่อ 1 หน่วยระยะทางที่คลื่นแพร่กระจายหรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ผลต่างของการลดทอนและการเลื่อนเฟสตามลำดับจะเป็นตัวกำหนดว่าบรรยากาศขณะนั้น ๆ สามารถทำให้คลื่นเกิดการเปลี่ยนโพลาริเซชันเป็นปริมาณเท่าใด

สำหรับในข้อเชื่อมโยงที่เพิ่มความจุของสัญญาณโดยการใช้คลื่นโพลาไรซ์คู่ การเปลี่ยนโพลาริเซชันเนื่องจากฝนมีผลทำให้พลังงานจากช่องสัญญาณหนึ่งถ่ายโอนไปยังอีกช่องหนึ่งได้ นอกเหนือจากสัมประสิทธิ์ผลต่างของการแพร่กระจายแล้วปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการถ่ายโอนพลังงานข้ามช่องคือมุมสัมพัทธ์ระหว่างแนวการวางตัวของอนุภาคฝนและทิศการแพร่กระจายคลื่น ดังนั้นในการบ่งปริมาณการถ่ายโอนพลังงานข้ามช่องซึ่งแสดงในรูปการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้จึงต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่างแนวทั้งสองด้วย

ผลการศึกษาเชิงทฤษฎีทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการเปลี่ยนโพลาริเซชัน ซึ่งปัจจัยที่สำคัญมีอยู่ด้วยกัน 3 ประการคือ (1) ความถี่ (2) อัตราการตกของฝนซึ่งเป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรและขนาดและรูปร่างของอนุภาคฝน และ (3) ความสัมพันธ์ระหว่างแนวการวางตัวของอนุภาคฝนและแนวโพลาริเซชันของคลื่น ค่าปัจจัยสองประการแรกเป็นตัวกำหนดลักษณะสมบัติของตัวกลางหรือบรรยากาศในขณะนั้น ขณะที่ค่าปัจจัยประการสุดท้ายกำหนดปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ด้วย จากค่าปัจจัยทั้งสามนำไปสู่การออกแบบชุดทดลองโดยมีเป้าหมายให้สามารถแสดงการเปลี่ยนโพลาริเซชันเนื่องจากฝนได้ด้วยชุดทดลองที่มีโครงสร้างที่ง่าย ราคาไม่สูง ขณะเดียวกันยังสามารถปรับค่าปัจจัยเหล่านี้ได้ในระดับหนึ่ง ผลการตรวจวัดโดยอาศัยชุดทดลองแสดงให้เห็นว่าเกิดการลดทอน การเลื่อนเฟส ผลต่างของการลดทอน และผลต่างของการเลื่อนเฟสของสัญญาณเมื่อให้คลื่นแพร่กระจายผ่านฝนที่ได้จากชุดทดลองในระดับที่สังเกตเห็นได้ แต่ผลการตรวจวัดไม่สอดคล้องกับผลการคำนวณทางทฤษฎีโดยเฉพาะปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ซึ่งผลการคำนวณทางทฤษฎีมีขนาดสูงกว่าระดับสัญญาณโพลาริเซชันไขว้ของสายอากาศ ผลที่ได้จากการคำนวณจึงไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในการตรวจวัดจริง อย่างไรก็ตามชุดทดลองที่ได้จัดสร้างขึ้นก็สามารถแสดงกลไกการเปลี่ยนโพลาริเซชันเนื่องจากฝนได้โดยการแสดงผลต่างของการลดทอนและผลต่างของการเลื่อนเฟส สำหรับข้อสังเกตเกี่ยวกับข้อจำกัดของชุดทดลองและกรรมวิธีวิเคราะห์และข้อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงเพื่อให้ชุดทดลองสามารถใช้ศึกษาปัญหาการเปลี่ยนโพลาริเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากฝนได้เหมาะสมยิ่งขึ้นมีดังนี้

ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ

1. ปริมาณการแพร่กระจายจำเพาะที่ได้จากการตรวจวัดและจากการคำนวณมีค่าต่างกันอยู่มาก โดยเฉพาะปริมาณการลดทอนจำเพาะ สาเหตุอาจเกิดจากกรรมวิธีวิเคราะห์และค่าปัจจัยที่นำมาใช้ในการคำนวณไม่เหมาะสมกับสภาพฝนที่เกิดจากชุดทดลอง สาเหตุเหล่านี้ อาจจำแนกได้เป็นข้อดังนี้

1.1 แนวคิดพื้นฐานในการวิเคราะห์คือ การพิจารณาบรรยากาศขณะที่มีฝนตกว่าเป็นตัวกลางเอกพันธ์ที่มีการสูญเสียและแอนไอโซทรอปิกอาจไม่เหมาะสมกับชุดทดลอง เนื่องจากอัตราการตกของฝนที่ได้จากชุดทดลองมีค่าสูงมากจึงอาจมีผลต่อการวิเคราะห์หาสภาพยอมประสิทธิผลได้

1.2 หากใช้แนวทางเดิมในการวิเคราะห์ จำเป็นต้องปรับปรุงกรรมวิธีคำนวณปริมาณน้ำต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดค่าสภาพยอมประสิทธิผลใหม่ เนื่องจากอัตราเร็วในการตกของฝนที่ได้จากชุดทดลองได้รับผลโดยตรงจากแรงดันจากเครื่องสูบน้ำจึงไม่ใช่อัตราเร็วปลายในการตกอย่างอิสระตามวิธีการคำนวณที่ใช้ในขณะนี้

1.3 เนื่องจากไม่สามารถหารูปร่างที่ถูกต้องของฝนที่เกิดจากชุดทดลองได้ ทำให้ไม่ทราบค่าปัจจัยการเปลี่ยนโพลาริเซชัน ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณผลต่างของการลดทอนและผลต่างของการเลื่อนเฟสจึงไม่สามารถทำได้

แนวทางในการแก้ปัญหาผลข้อ 1.2 และ 1.3 อาจทำได้โดยเปลี่ยนกรรมวิธีการทำฝนให้เป็นการฉีดน้ำพุ่งขึ้นแล้วปล่อยให้ตกลงอย่างอิสระที่ระดับความสูงมากกว่า 12 เมตร แต่การทำในลักษณะนี้จำเป็นต้องควบคุมกรรมวิธีการฉีดเพื่อไม่ให้น้ำมีลักษณะเป็นละอองหรือเป็นสายมากเกินไป

2. ผลการคำนวณหาปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้ที่มีความถี่ต่ำมีขนาดสูงกว่าระดับสัญญาณโพลาริเซชันข้ามขั้วที่สูงสุดของสายอากาศตั้งที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ดังนั้นกรรมวิธีที่ใช้วิเคราะห์จึงควรได้รับการปรับปรุงเพื่อให้ผลการตรวจวัดและผลการวิเคราะห์มีความสอดคล้องกัน

3. ปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนในการกำหนดปริมาณการแยกแยะโพลาริเซชันไขว้คือ ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโพลาริเซชันของคลื่นและแนวการวางตัวของอนุภาคฝนซึ่งตามสมมติฐานในการสร้างชุดทดลองถือว่าฝนที่ได้จากชุดทดลองตกลงมาในแนวตั้ง แต่ในสภาพการทดลองจริงแนวการวางตัวของฝนได้รับผลกระทบจากลมทำให้เบนไปจากแนวตั้งซึ่งอาจมีผลต่อการวิเคราะห์ได้ แนวทางการแก้ไขที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดคือการปรับปรุงการวิเคราะห์เพื่อให้คำนึงผลของลมที่มีต่อแนวการวางตัวของอนุภาคฝนด้วย

4. เนื่องจากระยะทางที่ใช้ในการตรวจวัดมีค่าน้อยดังนั้นควรเพิ่มความถี่ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อให้สามารถเห็นผลการตรวจวัดที่ชัดเจนขึ้น

5. สายอากาศที่ใช้ในการตรวจวัดควรมีความกว้างลำน้อยเพื่อลดผลกระทบจากโครงของชุดทดลองและสิ่งแวดล้อมที่อยู่ภายนอกบริเวณฝนตก หากสายอากาศที่ใช้ในการตรวจวัดมีความกว้างลำน้อยแล้วชุดทดลองก็ไม่จำเป็นต้องมีความกว้างมากทำให้สามารถประหยัดน้ำในการทดลองได้ด้วย

นอกจากข้อสังเกตและข้อเสนอแนะที่ได้กล่าวมาแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงเพิ่มเติมในการตรวจวัดคือ ระดับสัญญาณและเฟสอาจมีการแกว่งตัวสูงเนื่องจากผลของลมที่มีต่อการวางสายอากาศและกระจายตำแหน่งของฝนที่ได้จากชุดทดลองด้วย