



บทที่ ๖

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยได้เน้นที่โครงสร้างของโคแอคเซียลสล็อตเทคโนโลยีที่สร้างขึ้น เพื่อใช้เป็นเครื่องมือวัด อิมพีแดนซ์ของสายส่งหรือสายอากาศ สำหรับใช้กับงานในย่าน ความถี่ตั้งแต่ ๕๐ เมกกะเฮิร์ตขึ้นไป

การดำเนินการค้นคว้าและวิจัย ได้เริ่มจากการศึกษาคุณสมบัติของสายส่งแบบ โคแอคเซียล เพื่อนำไปกำหนดขนาดและชนิดของวัสดุที่จะใช้ประกอบเป็นโครงสร้าง ทำ การสร้างและทดสอบ ได้ผลทอที่จะสรุปได้ดังนี้

๑. การเลือกใช้วัสดุ ส่วนประกอบของโคแอคเซียลสล็อตเทคโนโลยี ใช้ โลหะทองแดง เพราะมีสภาพการนำไฟฟ้าที่ตรงจากเงิน มีราคาถูกและมีความแข็งพอ ที่จะใช้เครื่องจักรสร้างทำส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ โดยที่ขนาดและรูปทรงไม่เปลี่ยนแปลง ยกเว้นคร่าววิศวกรรมตั้งใช้เหล็กสี่เหลี่ยมกลวง เพราะเป็นส่วนประกอบที่ไม่มีติดกับสนาม แม่เหล็กไฟฟ้า

ส่วนโพรมบ์ต้องใช้โลหะทองเหลือง เพราะมีความแข็งมากกว่าทองแดง เนื่องจากโพรมบ์เป็นส่วนประกอบที่มีขนาดเล็กมาก ต้องใช้วัสดุที่มีความแข็งจึงจะสามารถกลึงลง ขนาดตามที่ต้องการได้

Supportors เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาก ต้อง เลือกใช้วัสดุที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ต่ำ และค่าคงที่การความแข็งเมื่อถูกคักเป็นแผ่น บาง ๆ แล้วนำไปใส่ไว้เป็นระยะเพื่อรักษาระยะห่างระหว่างตัวนำทั้งสองได้ จึงเลือก

ใช้ Teflon ซึ่งมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสัมพันธ์เท่ากับ ๒.๑

๒. ปัญหาในการเลือกใช้วัสดุ การกำหนดขนาดของตัวนำทั้งสอง ใช้วิธีกำหนดขนาดของตัวนำนอกเท่ากับขนาดที่มีขายในท้องตลาด แล้วคำนวณขนาดของตัวนำในให้ใกล้เคียงแคแบริคเตอร์สติกอิมพีแดนซ์ ตามเป้าหมายของการวิจัย แต่ปรากฏว่าขนาดที่คำนวณได้นั้นไม่มีขายในท้องตลาด และไม่สามารถที่จะสร้างขึ้นได้ จึงเลือกขนาดที่มีค่าใกล้เคียงกันและให้ค่าแคแบริคเตอร์สติกอิมพีแดนซ์ใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดไว้ในเป้าหมายของการวิจัย

ในการเลือกซื้อตัวนำนอก ต้องเลือกที่มีความหนาสม่ำเสมอ เพราะถ้ามีความหนาไม่เท่ากัน จะมีปัญหาในการสร้างรอยต่อ เมื่อนำมาประกบกันแล้วจะมีส่วนหนึ่งหนาและอีกส่วนหนึ่งบาง ซึ่งจะมีผลกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านไปมาก

ส่วนประกอบอื่นไม่มีปัญหาทั้งชนิดและขนาดของวัสดุ สามารถเลือกซื้อและนำมาใช้เครื่องจักรคมแต่งให้มีขนาดและรูปร่างตามที่ต้องการได้

๓. การสร้าง เนื่องจากโคแอคเซียลสล็อตเทคไลน์ เป็นเครื่องมือที่ใช้กับย่านความถี่สูง ๆ และวัสดุที่นำมาประกอบใช้โลหะทองแดง ทองเหลือง และเหล็ก ต้องใช้เครื่องจักรตัด ฆ่า ใส เจาะ และกลึง ให้มีขนาดและลักษณะตามที่ต้องการ โดยเฉพาะการสร้างหัวค้อน รอยต่อ เขาระวัง รางเลื่อน Supporters และโพรบ ต้องมีความปราณีตเป็นพิเศษ เพราะเป็นส่วนประกอบที่มีผลกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามาก

๔. ปัญหาในการสร้าง จากการกำหนดขนาดและชนิดของวัสดุที่จะใช้ทำการสร้างเครื่องมือดังกล่าว ซึ่งมีความยาว ๑.๑๐ เมตร เครื่องจักรไม่สามารถที่จะทำงานได้ เพราะมีความยาวมากเกินไป เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย ถอดประกอบ และเก็บรักษา จึงต้องแบ่งออกเป็น ๓ ท่อน ซึ่งมีปัญหาในการสร้างพอที่จะสรุปได้ดังนี้

๔.๑ ช่วงไม่มีความรู้เกี่ยวกับลักษณะของชิ้นงานที่มีผลกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

๔.๒ ความสามารถของเครื่องจักรไม่พอกับชิ้นงาน เช่น การเขาระ่องของแต่ละท่อน มีความยาวเกินกว่าระยะช่วงที่เครื่องจักรทำงานได้ ต้องเลื่อนชิ้นงานเพื่อให้เครื่องจักรเขาระ่องได้ตลอด จะมีปัญหาในการจับยึดต้องให้แน่น ต้องใช้เวลาปรับแต่งชิ้นงาน เพื่อความเที่ยงตรงจึงจะไ้ร่องอยู่ในแนวเดียวกันตลอด ต้องใช้เวลามากถ้าผิดพลาดชิ้นงานก็จะเสีย

ปัญหาในการสร้างตรงรอยต่อก็เช่นกัน โดยเฉพาะตัวนำใน เนื่องจากมีขนาดเล็กและยาว เกินช่วงที่เครื่องจักรจะจับยึดและกลึงได้ จะมีส่วนเกินยื่นออกมานอกเครื่อง ในขณะที่กำลังกลึงส่วนเกินนั้นจะหมุนและเหวี่ยง ถ้าจับยึดชิ้นงานไม่ดีพอ ชิ้นงานจะคด หรือหักงอเป็นมุมฉากหมุนไปรอบ ๆ ชิ้นงานก็จะเสียและเป็นอันตรายกับผู้ที่อยู่ใกล้อีกด้วย

๕. การทดสอบ

การทดสอบเริ่มจากการทดสอบหาค่าแห่งความลึกของโพรมที่ให้ค่าผิดพลาดของสนามไฟฟ้าที่มีลักษณะการกระจายแบบคลื่นยื่น และความยาวช่วงคลื่น โดยเปรียบเทียบกับการกระจายรูปคลื่นแบบไซน์ที่ใช้อากาศเป็นตัวกลาง ปรากฏว่าได้ความลึกค่าแห่งที่ ๕ ซึ่งมีความลึกประมาณ ๔๕ % เมื่อเทียบกับระยะห่างระหว่างตัวนำทั้งสอง

นำความลึกที่ได้จากการทดสอบ ไปทำการทดสอบหาจำนวน Supporters ต่อช่วงความยาว (N) โดยเริ่มจาก N เท่ากับ ๒ แล้วเปลี่ยนเป็น ๓, ๔ และ ๖ เปรียบเทียบผลการทดสอบเกี่ยวกับการกระจายของสนามไฟฟ้าแบบคลื่นยื่น ความยาวช่วงคลื่น VSWR และ Z_0 ที่มีค่าผิดพลาดน้อยที่สุด

จากการทดสอบปรากฏว่า ตรงช่องของ Supporters มีสนามไฟฟ้ามากกว่าปกติ เพราะ คาปาซิแตนซ์ ตรงที่ได้ Supporters เพิ่มขึ้น และ Z_0 ลดลง ไม่เท่ากับตรงที่ใช้อากาศเป็นตัวกลาง จึงเกิดการไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) ขึ้น

เพื่อแก้ปัญหากการไม่ต่อเนื่องตรงที่ได้ Supporters ใช้วิธีการลดขนาดของตัวนำใน เพื่อลดค่า คาปาซิแตนซ์ ลงและคำนวณให้ Z_0 มีค่าเท่ากับตลอดความยาว เริ่มทำการทดสอบที่ N เท่ากับ ๓ โดยอาศัยผลการทดสอบที่ N เท่ากับ ๓ ที่ไม่ได้ชกเซย พิจารณาจำนวน N ที่จะใช้กับการชกเซย

ผลการทดสอบปรากฏว่าสนามไฟฟ้าตรงช่องของ Supporters ลดลงทันที ในขณะที่โพรบเลื่อนผ่านไป ซึ่งตรงกันข้ามกับแบบที่ไม่มีการชกเซย ซึ่งทำให้การทดสอบมีค่าผิดพลาดมากยิ่งขึ้น แสดงว่าการชกเซย คาปาซิแตนซ์ โดยลดขนาดของตัวนำใน ไม่ได้ผลที่จะนำมาใช้เป็นโครงสร้างของโคแอกเซียลสตัดเทคไลน์ เพราะ Supporters ไม่สามารถที่จะหุ้มตัวนำในที่ถูกลดขนาดได้หมด ตรงช่องของของ Supporters สำหรับให้โพรบผ่านไปมานั้น ตัวนำในจะมีขนาดเล็กกว่าบริเวณที่ใช้ อากาศเป็นตัวกลาง จึงทำให้ค่า คาปาซิแตนซ์ เปลี่ยนแปลง จึงได้ผลการทดสอบทั้งที่กล่าวแล้วในตอนต้น

เพราะฉะนั้น จึงพิจารณาผลการทดสอบที่ไม่ชกเซย ปรากฏว่าที่ N เท่ากับ ๔ และใช้หัวต่อแบบลดขนาดของตัวนำทั้งสองให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด

จากผลการทดสอบสามารถนำมาวิเคราะห์โครงสร้างได้ว่า Supporters รอยต่อระหว่างช่วงของตัวนำ หัวต่อ Shunt Admittance ที่เกิดจากโพรบและกลไกสำหรับการเคลื่อนที่ของโพรบ ทำให้เกิดการไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) จึงเกิดคลื่นสะท้อนกลับทับกัน (Superimposed Reflection)

จากการวิเคราะห์โครงสร้างที่กล่าวมาแล้วนั้น สามารถที่จะทำการทดสอบได้ โดยใช้หลักการของ Node Shift และทดสอบความลึกของโพรมที่ความถี่ต่างกัน

ผลการทดสอบโดยใช้หลักการของ Node Shift ปรากฏว่า หัวต่อที่ใช้ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดคลื่นสะท้อนกลับ เพราะระยะห่างของ E_{min} จากการเลื่อนตำแหน่งของตัวภาาระแบบวงจรมืด ไม่เท่ากับระยะของตัวภาาระที่เปลี่ยนแปลง ถ้าระยะเท่ากัน แสดงว่าไม่มีคลื่นสะท้อนกลับ เมื่อพิจารณาระยะห่างของ E_{min} บนโคแอกเซียลสล็อตเทคโนโลยีทั้งสามท่อน ปรากฏว่าไม่เท่ากัน แสดงว่าโครงสร้างภายในเกิดการไม่ต่อเนื่องจริง

ผลการทดสอบโดยการเปลี่ยนความลึกของโพรมและความถี่พบว่า ที่ความลึกของโพรมค่าหนึ่งเดียวกัน และที่ความถี่เดียวกันค่า VSWR ของแต่ละท่อนไม่เท่ากัน ที่ความลึกของโพรมค่าหนึ่งเดียวกัน แต่ความถี่ต่างกัน ค่า VSWR ไม่เท่ากัน และที่ความถี่เดียวกัน แต่ความลึกของโพรมต่างกัน ค่า VSWR ก็ไม่เท่ากัน แสดงว่า Shunt Admittance ของโพรมที่มี Susceptance เป็นส่วนประกอบ เมื่อความลึกของโพรม เปลี่ยนแปลงหรือความถี่เปลี่ยนแปลง ค่า Susceptance ก็เปลี่ยนแปลงไปด้วย ทำให้มีผลกับสนามไฟฟ้าที่อยู่ภายใน และทำให้เกิดคลื่นสะท้อนกลับได้ และในกรณีที่ VSWR ทั้ง ๓ ท่อนไม่เท่ากัน แสดงว่าโครงสร้างเกิดการไม่ต่อเนื่องจริงตามที่ได้วิเคราะห์จากผลการทดสอบความลึกของโพรม และเลือกจำนวน Supporters ค่อนข้างความยาว

และจากผลการทดสอบที่ผ่านมา ยังสามารถทราบได้อีกว่า เครื่องมือดังกล่าว มี VSWR สูงสุด ๑.๑๘ เพราะในการทดสอบวัดสนามไฟฟ้าตรงช่องของ Supporters ทุกช่อง ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ให้ค่า E_{max} มากกว่าปกติ ถ้า E_{max} อยู่นอกช่องหรือตรงช่องพอดี

๖. ปัญหาในการทดสอบ

จากผลการทดสอบในหัวข้อที่ ๕ เป็นผลการทดสอบที่ให้ค่าผิดพลาดสูงสุด เพราะมีปัญหาในการทดสอบพอที่จะสรุปได้ดังนี้

- ก. ตัวภาระ (Load) ไม่เป็น Matched Load ที่แท้จริง มีส่วนประกอบเป็น อินคักแทนซ์ จะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดคลื่นสะท้อนกลับ
- ข. ตัวภาระ (Load) เป็นของบริษัท General Radio GR ๔๓๔ ต้องใช้หัวต่อหลายแบบจึงจะทำการต่อตัวภาระได้ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการไม่ต่อเนื่องของ คาปาซิแทนซ์ ได้
- ค. Supportors ตรงช่องของ Supportors มีสนามไฟฟ้าหนาแน่นมากกว่าปกติ ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับตำแหน่งของ
- ง. กลไกของรางเลื่อนคิเทคเคอร์โพรบ มีปัญหาตรงรอบต่อทำให้โพรบเปลี่ยนระดับได้
- จ. สัญญาณรบกวนจากภายนอกพอประมาณในบางความถี่ โดยเฉพาะที่ความถี่ของสถานีวิทยุ F.M และสถานีโทรทัศน์

ผลที่ได้รับจากการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ทำให้ทราบวิธีการและเทคนิคต่าง ๆ ในการที่จะเลือกใช้วัสดุ การกำหนดขนาด เทคนิคในการสร้าง และการทดสอบ ของเครื่องมือดังกล่าวขึ้นใช้ของภายในประเทศ มีราคาถูกลงกว่าเมื่อเทียบกับของต่างประเทศ พอที่จะประเมินราคาในการสร้างสำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้คือ

๑.	ค่าโลหะทองแดง	๓,๐๐๐	บาท
๒.	ค่าคิเทคเตอร์ไพรม ๑ ทิว	๒,๘๐๐	บาท
๓.	ค่าหัวต่อชนิดต่าง ๆ	๑,๕๐๐	บาท
๔.	ค่าเฟลลอน	๒๐๐	บาท
๕.	ค่านัดและสกรู	๑๐๐	บาท
๖.	ค่าแรง	<u>๔,๐๐๐</u>	บาท
	รวม	<u>๑๒,๐๐๐</u>	บาท

เมื่อเปรียบเทียบกับของต่างประเทศและมีความยาวเท่ากัน ทำขึ้นใช้เองจะ
ถูกกว่าโดยประมาณ ๑ ต่อ ๕ เท่า

จะเห็นว่าถ้าเครื่องมือที่สร้างขึ้นทำการวิจัยครั้งนี้ ได้รับการปรับปรุงแก้ไขส่วน
ประกอบของโครงสร้างที่ได้วิเคราะห์แล้วนั้น ก็จะได้เครื่องมือไว้ใช้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่ง
เป็นการพึ่งตนเองในทางเทคโนโลยีได้เป็นอย่างดีเพราะเครื่องมือประเภทนี้ ในสถาบัน
การศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ อีกมากที่มีความจำเป็นต้องใช้

ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์โครงสร้างพบว่า ยังมีส่วนประกอบบางส่วนที่ต้องได้รับการ
ปรับปรุงแก้ไขลักษณะและขนาด เพื่อให้เป็นเครื่องมือที่ใช้งานได้สมบูรณ์แบบต่อไป พอที่
จะเสนอแนะได้ดังนี้

ก. คิเทคเตอร์ไพรม ต้องใช้ Stub เพื่อปรับ (Tune) ค่า
Susceptance ที่เกิดจากไพรมออกไป จะทำให้ไพรมไม่ต้องการความถี่มาก และจะ
ลดคลื่นสะท้อนกลับที่เกิดจากไพรมได้

ข. หัวต่อ ควรปรับปรุงแก้ไขตรงรอยต่อ หรือทำขึ้นใหม่ให้ดีกว่าเดิม

ก. Supportors ควรเปลี่ยนรูปแบบไปจากเดิม เพื่อลดความหนาแน่นของสนามไฟฟ้าที่อยู่ตรงช่อง

ง. กลไกตรงรอยต่อของรางเลื่อน ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขจนกว่าตำแหน่งของโพรมไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านไป

จ. ให้ใช้ teflon หรือโพลีเป็น dielectric แทนอากาศ จะช่วยให้แก้ปัญหาร่อง supportors ที่ทำให้เกิด discontinuity และทำให้ความยาวของสายสั้นลงกว่าตอนที่ dielectric เป็นอากาศ

จากข้อเสนอแนะทั้งนี้กล่าวแล้วนั้น หวังเป็นอย่างยิ่งว่า โคแอคเซียสสออกเทคโนโลยี ที่ได้ทำการสร้างขึ้นเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ คงจะได้รับการพัฒนาต่อไป เพื่อให้สามารถใช้งานในย่านความถี่ที่ทำการวิจัยได้ดียิ่งขึ้น และจะเป็นประโยชน์สำหรับห้องปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสารมาก แล้วยังเป็นการพัฒนาทางค่านเทคโนโลยีเกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือใช้ภายในประเทศด้วย