บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์

6.1 สรุป

วิทยานิพนธ์นี้เสนอวิธีการออกแบบสายอากาศแบบคอร์รูเกตเต็ดฮอร์น เพื่อใช้เป็นภาคฟีดฮอร์นของระบบสายอากาศแบบแคสซีเกรน ซึ่งให้ลักษณะสมบัติเด่นๆ อยู่ 2 ประการ คือ แพทเทอร์นการแผ่คลื่นมีลักษณะสมมาตรทั้งในระนาบ E และระนาบ H และขั้วคลื่นไขว้มีขนาดเล็กมาก นอกจากนี้ลักษณะเด่นที่เป็นผลตามมา คือ โลปด้านข้างมีระดับต่ำ การศึกษาค้นคว้าเกิดขึ้นเนื่องจากมีหน่วยงานทั้งภาครัฐบาลและเอกชนให้ความสนใจ และนำข่ายสื่อสารดาวเทียมมาใช้ในประเทศกันอย่างกว้างขวาง แนวการศึกษาค้นคว้าประกอบด้วย การศึกษางานของ MINNETT และ THOMAS [4] เกี่ยวกับการเกิดคลื่นไฮบริดอันเนื่องมาจากการกระจาย SCATTERING ของคลื่นออกจากผิวสะท้อนคลื่นรูปทรงสมมาตรแนววงกลม และมีรูปร่างของเงื่อนไขขอบเขตเป็นผิวคอร์รูเกตและได้นำข้อสรุปดังกล่าวนี้มากำหนดแนวทางในการวิเคราะห์การส่งผ่านคลื่นในท่อนำคลื่นแบบคอร์รูเกต โดยทำการค้นคว้าหาคุณสมบัติต่างๆ โดยวิธีการเชิงวิเคราะห์ และวิธีการเชิงตัวเลข เพื่อนำไปใช้เป็นข้อควรคำนึงในการออกแบบ ได้แก่ คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของการส่งผ่านคลื่นเมื่อความถี่เปลี่ยนไป คุณสมบัติการกระจัดกระจายของโหมดของการส่งผ่านคลื่น คุณสมบัติโหมดไฮบริดสมดุลย์ และคุณสมบัติการแผ่คลื่นจากช่องเปิดเป็นต้น โดยสรุปได้ว่าในการออกแบบเราต้องคำนึงถึงตำแหน่งและเส้นผ่าศูนย์กลางของปากฮอร์นว่าเหมาะสมหรือไม่ สภาพที่เหมาะสมที่เราต้องการคือ สภาพที่ไม่ก่อให้เกิดการกั้นลำคลื่น (BLOCKING) ที่สะท้อนจากจานสะท้อนรองไปยังจานสะท้อนหลักอันเนื่องมาจากขนาดของปากฮอร์น ซึ่งพิจารณาได้จากเงื่อนไขการกั้นคลื่นต่ำสุด (MINIMUM BLOCKING CONDITION) [15] ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตสำหรับคำนวณแพทเทอร์นการแผ่คลื่นของระบบแคสซีเกรน โดยขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของจานสะท้อนรอง ระยะห่างจากจานสะท้อนรอง และความยาวโฟกัสของจานสะท้อนหลัก และขณะเดียวกันก็ไม่ต้องการให้เกิดลำคลื่นหลักล้นขอบจานสะท้อนรอง (SPILLOVER) อันเนื่องมาจากลำคลื่นหลักกว้างเกินไป ซึ่งขนาดของลำคลื่นหลักที่เหมาะสมนี้กำหนดขึ้นจากค่าพารามิเตอร์ t และระดับความแรงสัญญาณของแพทเทอร์น ค่า t นี้พิจารณาจากสภาพการเปลี่ยนแปลงของเฟสเมื่อความถี่เปลี่ยนไป ค่า t ที่

ถือว่าดีนั้น คือค่า t ที่การเปลี่ยนแปลงหาเฟสเกิดขึ้นน้อยมากเมื่อความถี่เปลี่ยน อีกทั้งเมื่อพิจารณาประกอบกับระดับสัญญาณของลำคลื่นหลักจะได้ค่าที่เหมาะสม คือ t ต้องไม่น้อยกว่า 0.4 และระดับความแรงสัญญาณจากแพทเทอร์นไม่น้อยกว่า -20 dB และเหล่านี้คือเกณฑ์ที่นำมาใช้พิจารณาตำแหน่งและรูปร่างของฟีดฮอร์นที่จะออกแบบ ส่วนคุณสมบัติที่เป็นรายละเอียดของการแผ่คลื่นขึ้นอยู่กับผิวขอบเขตภายในฟีดฮอร์นที่เป็นผิวคอร์รูเกต ซึ่งในกรณีนี้สามารถพิจารณาได้จากคุณสมบัติดังนี้ คือ คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของการส่งผ่านคลื่นในท่อนำคลื่นคอร์รูเกตเมื่อความถี่เปลี่ยนแปลง ซึ่งขึ้นอยู่กับมิติทางกายภาพของโครงสร้างคอร์รูเกต ได้แก่ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนำคลื่น, ระยะพิตช์, ระยะสล๊อต และความหนาของครีบที่ใช้ทำผิวคอร์รูเกต และเนื่องจากในการออกแบบเราต้องการให้ได้แพทเทอร์นการแผ่คลื่นที่สมมาตรทั้งในระนาบ E และระนาบ H เกิดขั้วคลื่นไขว้น้อยที่สุด ดังนั้นในการออกแบบรายละเอียดของผิวขอบเขตภายในฟีดฮอร์นจะต้องกำหนดความถี่ทำงานให้ค่า $k_{co}a$ ที่สมนัยกันมีค่าใกล้ 2.405 มากที่สุด และให้ค่านี้เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดในช่วงความถี่ทำงาน โดยกำหนดอัตราส่วนระยะสล๊อตต่อระยะพิตช์ของผิวคอร์รูเกตให้มีค่าใกล้ 1 มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งนี้คือสภาวะที่ใกล้โหมดไฮบริดสมดุลย์ที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้คือ แพทเทอร์นมีลักษณะสมมาตรและขั้วคลื่นไขว้มีระดับต่ำ นอกจากนี้ก็มีข้อควรคำนึงอื่นๆ ได้แก่ ขนาดของระยะพิตช์ต้องน้อยเท่าความยาวคลื่นมากๆ และ VSWR ทางด้านคอฮอร์นที่ต่อกับท่อนำคลื่นผิวเรียบต้องมีค่าต่ำ

6.2 วิจารณ์

เนื่องจากลักษณะการกระจายคลื่นของฟีดฮอร์นแบบคอร์รูเกตนี้ให้แพทเทอร์นที่สมมาตร ขั้วคลื่นไขว้ต่ำ และระดับโลปด้านข้างต่ำ ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้รับ-ส่งสัญญาณไมโครเวฟที่ใช้โหมดขั้วคลื่นวงกลม (CIRCULAR POLARIZATION MODE) ได้ดีกว่าท่อนำคลื่นผิวเรียบธรรมดามาก จึงนับเป็นจุดเด่นประการสำคัญที่สุดของสายอากาศที่มีโครงสร้างของผิวขอบเขตเป็นแบบคอร์รูเกต จุดเด่นอีกประการหนึ่งได้แก่ สามารถให้ความกว้างของแถบคลื่น (FREQUENCY BAND-WIDTH) ครอบคลุมกว้างถึง 1 ออคเตฟ ซึ่งทำให้สายอากาศแบบคอร์รูเกตเด็ดฮอร์นมีคุณลักษณะเป็นฮอร์นที่มีแถบความถี่กว้าง (WIDE BAND) ในขณะที่ให้แพทเทอร์นที่มีลักษณะสมมาตรสูงกว่าฮอร์นแบบอื่นๆ ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้ในงานสื่อสารผ่านดาวเทียมที่ใช้ระบบ 2 ความถี่ เช่น ระบบ 4/6 GH_z เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเด่นที่เป็นผลตามมาอีกประการหนึ่ง คือ โลบด้านข้างของแพทเทอร์นมีระดับต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการกระจายสนามบนช่องเปิดในเงื่อนไขไฮบริดสมดุลย์เป็นฟังก์ชั่นแบบ

เกาเซียน ซึ่งเป็นผลดีในแง่ที่ลดการรบกวนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างสถานีไมโครเวฟ (TERRESTRIAL MICROWAVE LINK) หรือสถานีสื่อสารผ่านดาวเทียมภาคพื้นดิน (SATELLITE EARTH STATION) อื่นๆ ได้ ที่กล่าวมานี้เป็นข้อดีที่เป็นจุดเด่นของฮอร์นผิวคอร์รูเกต แต่อย่างไรก็ตามส่วนที่ยังเป็นปัญหาอยู่บ้างก็ได้แก่ โครงสร้างของสายอากาศนี้ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากเงื่อนไขที่ระยะพิตช์ต้องน้อยกว่าความยาวคลื่นมากๆ และระยะสล็อตต่อระยะพิตช์ใกล้ 1 คือ ครีบของคอร์รูเกตบางมากๆ มีผลให้การสร้างต้องทำด้วยความประณีตมาก ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง จึงนับเป็นชิ้นงานที่มีความละเอียดและบอบบางมาก ในการออกแบบจริงจึงต้องทำการประนีประนอมระหว่างคุณสมบัติที่ต้องการและความยากง่ายของโครงสร้าง ซึ่งตัวอย่างการออกแบบที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 5 ก็ได้พิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการสร้าง โดยยอมลดคุณสมบัติเด่นของคอร์รูเกตเต็ดฮอร์นลงไปบ้างเล็กน้อย และเมื่อใดที่เรามีความมั่นใจว่าสามารถสร้างคอร์รูเกตเต็ดฮอร์นที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกับสภาพในอุดมคติได้ ก็จะทำให้ได้คุณสมบัติที่ดีขึ้นอีก

จากที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่าผลการศึกษาของวิทยานิพนธ์นี้ได้ให้ข้อมูลพื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบและสร้างคอร์รูเกตเต็ดฮอร์น เพื่อใช้เป็นฟีดฮอร์นของสายอากาศสถานีภาคพื้นดินของระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย