



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

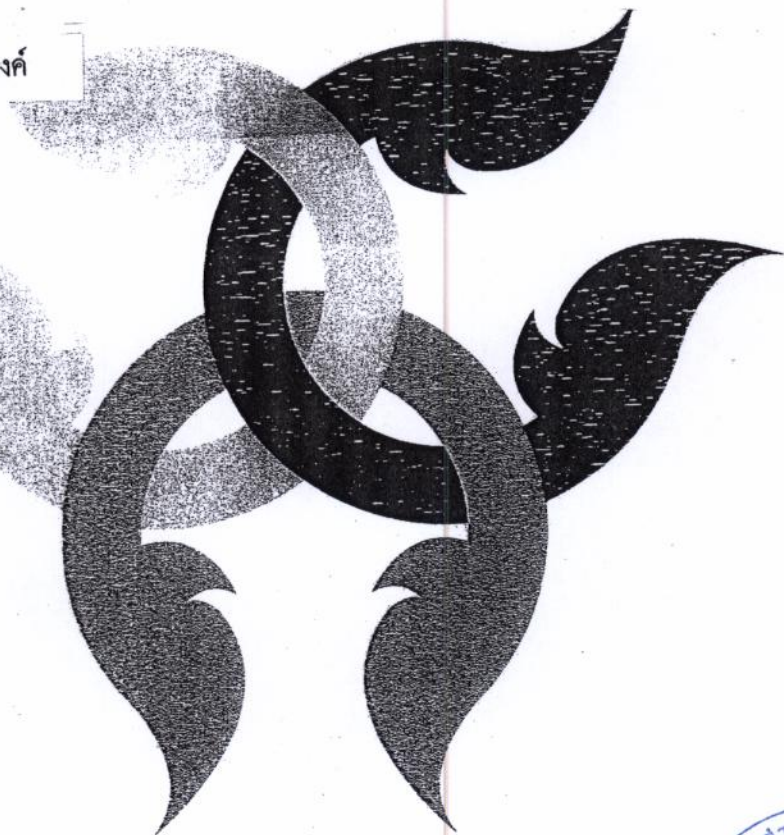


การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4
(The 4th National Conference on Technical Education)

Engineering & Technical Education

การพัฒนาการปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพของสายอากาศรอกเหล็กในด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม
แบบแถบความถี่กว้าง

ผศ.รัฐพล จินะวงศ์



วันที่ 7-8 กรกฎาคม 2554
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม





การประชุมวิชาการวิศวกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4
The 4th National Conference on Technical Education

สารบัญ

NCTechEd04TEE01	การแก้ปัญหาการวางแผนระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม ภักวี หะมะมิน, พิเชษฐ์ ศรีयरรงค์	1
NCTechEd04TEE02	Fuzzy Control for Temperature and Humidity of Chicken Room using Lab VIEW Chaiyos Commee, Chaiyapon Thongchaisuratkrul	7
NCTechEd04TEE03	<u>การพัฒนาการปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพของสายอากาศร่อนหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำ</u> <u>สัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง</u> รัฐพล อินะวงศ์, สมศักดิ์ อรรถทิมากุล	12
NCTechEd04TEE04	การพัฒนาโปรแกรมตรวจสอบการคำนวณโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ณัฐวัฒน์ เขมแก้ว, วันเพ็ญ ผลิศร, สมคิด แซ่หลี	18
NCTechEd04TEE05	การศึกษาการปรับเปลี่ยนระบบเครื่องอัดอากาศ กรณีศึกษา การตรวจวัดและพิสูจน์ ชัยชิต วรรณศรี, ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง, พิสิฐ ยงยิ่งศักดิ์ถาวร	24
NCTechEd04TEE06	การศึกษาโดยการจำลองสำหรับการกรองรังสีความร้อนโดยวัสดุพูนขนาดไมโครสำหรับระบบ ผลิตไฟฟ้าแบบเทอร์โมโฟโวลเทจ มานนท์ สุขละมัย	30
NCTechEd04TEE07	การศึกษาและวิเคราะห์ความปลอดภัยจากผลกระทบของสนามไฟฟ้าโดยรอบสายส่ง สลักจิตร นิลบวร, สมคิด ลีลาชนะชัยพงษ์, กัมตภณ มะหะหมัด	36
NCTechEd04TEE08	การศึกษาและออกแบบวงจรกรองผ่านแถบความถี่ในท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยมโดยใช้วงจรช่อง แคบตัวเหนี่ยวนำสำหรับระบบการสื่อสารดาวเทียม สมศักดิ์ อรรถทิมากุล, วิฑูรย์ โคตรมณี, ศรีณย์ ชุคคี	41
NCTechEd04TEE09	การสร้างแบบจำลองทางไฟฟ้าของเซลล์เชื้อเพลิงชนิด PEM แบบ 1 มิติ คำนวณการขนถ่ายเชิงมวล P. NOIYING, M. HINAJE, P. THOUNTHONG, S. RAOL, B. DAVAT	46
NCTechEd04TEE10	การออกแบบและติดตั้งสถานีมินิโมบายโดยใช้การเชื่อมต่อไวไฟกับชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ธวัช ขมภู, สมศักดิ์ อรรถทิมากุล, สุรพันธ์ ดันศรีวงษ์, วิทยา ฉิมพลี, เกษน อินทรเนตร	52
NCTechEd04TEE11	การออกแบบวงจรกรองผ่านแถบด้วยสายไมโครสตริปิมพีแดนซ์แบบขึ้นย่านความถี่ 900 MHz สำหรับประยุกต์ใช้วัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า อลงกรณ์ พรหมที, จุไรรัตน์จินดา อรรถนิตย์, สมบูรณ์ ธีรวิสิฐพงศ์, สมศักดิ์ อรรถทิมากุล	58
NCTechEd04TEE12	คอนเวอร์เตอร์ 2 ทิศทาง 3 ระดับ ขนาด 1 เฟส สำหรับขั้วเปอร์ลาปาซิเตอร์ บุริมสิทธิ์ จอมแก้ว, คลนภา เจ็ญบุญลาภ, สุวัฒน์ ลิกบุตร, พงษ์ศิริ มุ่งพร, ปฏิพัทธ์ ทวนทอง	64
NCTechEd04TEE13	คอนเวอร์เตอร์ 2 ทิศทางแบบเหลื่อมเฟสของกระแส 4 เฟส สำหรับขั้วเปอร์ลาปาซิเตอร์ ภาคภูมิ เรืองขจร, ทชุด กาญจนการ, พงษ์ศิริ มุ่งพร, สุวัฒน์ ลิกบุตร, ปฏิพัทธ์ ทวนทอง	70
NCTechEd04TEE14	เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ผ่านอุปกรณ์ไร้สาย ประกาศิต ดันค็องการ, พูนศักดิ์ เอื้อคุณเดชา, พิสุทธิ สุดสนอง	76

การพัฒนาการปรับปรุงประสิทธิภาพของสายอากาศร่องหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำ
สัญญาณรวมแบบแถบความถี่กว้าง
**Efficiency Improvement Development of Broadband CPW Fed
Equilateral Hexagonal Slot Antenna**

รัฐพล จินะวงศ์ สมศักดิ์ อรรถทิมากุล

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

J_rattapon@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอการศึกษาและปรับปรุงประสิทธิภาพของสายอากาศร่องหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณรวมแบบแถบความถี่กว้าง โดยใช้เทคนิคการปรับจูน 2 รูปแบบคือ (1) ใช้เทคนิคสตริปและสลิต (Strip and Slit) (2) ใช้เทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Band Gap : EBG) ในการปรับจูน โดยทำการวิเคราะห์ด้วยการจำลองแบบ (Simulation) โครงสร้างของสายอากาศด้วยโปรแกรม IE3D สายอากาศที่นำเสนอออกแบบให้มีการแมตช์อิมพีแดนซ์ที่ 50 โอห์ม เพื่อประยุกต์ใช้งานกับเครือข่ายการสื่อสารไร้สายย่านความถี่กว้าง ทำให้ได้ความถี่ใช้งานเท่ากับ 1.8 - 10.39 GHz และมีแบนด์วิดท์กว้าง ประมาณ 140.66% ผลการทดสอบสายอากาศร่องหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณรวมแบบแถบความถี่กว้าง จะครอบคลุมความถี่ใช้งานตามมาตรฐาน PCS, UMTS, WLAN 802.11 a/b/g, Bluetooth และ IEEE 802.16 WiMAX โดยผลจากการวัดค่าแบนด์วิดท์และแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศมีแนวโน้มใกล้เคียงกันกับผลจากการวิเคราะห์ด้วยการจำลองแบบโครงสร้างสายอากาศ

คำสำคัญ: สายอากาศแบบไมโครสตริป, สายอากาศความถี่กว้าง, การปรับจูนสแตบ, ช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า

Abstract

This research presents the efficiency improvement of broadband CPW-Fed equilateral hexagonal slot antenna structure, by using two tuning types: (1) Strip and Slit technique and (2) Electromagnetic Band Gap technique. The antenna structure is simulated by IE3D program. The Proposed antenna is designed to have the matched impedance at 50 ohm, for broad band wireless communication network application. The measurement bandwidth of proposed antenna is about 140.66% (1.8 -10.39 GHz). The proposed antenna can be applied for PCS, UMTS, WLAN IEEE802.11 a/b/g, Bluetooth and IEEE802.16 WiMAX applications. The simulated bandwidth and radiation pattern of prototype antenna are agreed with the measured results.

Keywords: Microstrip Antenna, Broadband Antenna, Tuning Stub , EBG.



1. บทนำ

เทคโนโลยีทางการติดต่อสื่อสารโทรคมนาคม ถือได้ว่ามีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดต่อสื่อสารในย่านความถี่ไมโครเวฟ ซึ่งมีการใช้งานในระบบสื่อสารต่างๆ มากมาย เช่น ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบสื่อสารดาวเทียม ระบบวิทยุสื่อสาร ระบบเรดาร์ อีกทั้งยังนำมาใช้ประโยชน์ในงานด้านการศึกษา งานด้านสำรวจทรัพยากร งานด้านธุรกิจ งานด้านการแพทย์และทางการแพทย์ การสื่อสารไร้สายนั้นมีหลายระบบด้วยกันเช่น ระบบ DCS (1720–1880 MHz), ระบบ PCS (1850–1990 MHz), ระบบ IMT – 2000 (1920 – 2170 MHz), ระบบ WLAN IEEE 802.11 มีสองความถี่คือ 2.4 GHz (2400 – 2484 MHz) และที่ความถี่ 5.2 GHz (5130 – 5350 MHz); ระบบ WPAN IEEE 802.15.3a (3.1 – 10.6 GHz) และ WIMAX IEEE 802.16a (2 – 11 GHz)

สายอากาศเป็นส่วนประกอบสำคัญชิ้นหนึ่งของระบบสื่อสาร ส่วนมากจะรองรับการใช้งานได้เพียงไม่กี่ระบบเท่านั้น ทำให้มีผู้พัฒนาสายอากาศชนิดใหม่ที่สามารถใช้งานครอบคลุมย่านความถี่กว้าง ดังเช่น

1) สายอากาศร่อนหกล้อมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้างที่ใช้สลับโพลครูปสามเหลี่ยม [1] มีย่านความถี่เรโซแนนซ์ตั้งแต่ 1.866 - 6.382 GHz มีค่าแบนด์วิดท์เท่ากับ 4.516 GHz หรือ 109.5 %

2) สายอากาศร่อนหกล้อมด้านเท่าที่ปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพด้วยเทคนิคสลับโพล [2] มีค่าแบนด์วิดท์ที่กว้างกว่าสายอากาศร่อนหกล้อมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมที่ใช้สลับโพลครูปสามเหลี่ยม [1] มีย่านความถี่เรโซแนนซ์ตั้งแต่ 1.676 - 8.224 GHz มีค่าแบนด์วิดท์เท่ากับ 6.548 GHz หรือ 132.3% เพิ่มขึ้นจากเดิม 22.78 %

3) สายอากาศร่อนหกล้อมด้านเท่าที่ปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพโดยใช้เทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า [3] มีค่าแบนด์วิดท์ที่กว้างกว่าสายอากาศร่อนหกล้อมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมที่ใช้สลับโพลครูปสามเหลี่ยม [1] มี

ย่านความถี่เรโซแนนซ์ตั้งแต่ 1.45 – 9.82 GHz มีค่าแบนด์วิดท์เท่ากับ 8.37 GHz หรือ 148.66% เพิ่มขึ้นจาก [1] เท่ากับ 39.16%

จากงานวิจัย [1-3] พบว่ายังไม่ครอบคลุมมาตรฐานการสื่อสารไร้สายได้กล่าวไว้ข้างต้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอ “การพัฒนาการปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพของสายอากาศร่อนหกล้อมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง” ที่มีผลการตอบสนองต่อความถี่สูง ครอบคลุมมาตรฐานการสื่อสารไร้สายได้กล่าวไว้ข้างต้น

2. การออกแบบสายอากาศ

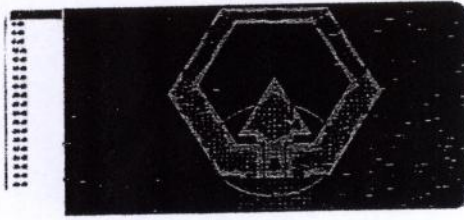
การออกแบบเพื่อพัฒนาการปรับเปลี่ยนประสิทธิภาพของสายอากาศร่อนหกล้อมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบแถบความถี่กว้าง [1-3] เริ่มต้นการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ด้วยการนำโครงสร้างสายอากาศร่อนหกล้อมด้านเท่าที่ได้รับการออกแบบแล้ว มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมจำลอง IE3D เพื่อให้ทราบคุณลักษณะสมบัติของสายอากาศร่อนหกล้อมด้านเท่าด้วยวิธีการ จำลองค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ผลการจำลองค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าของสายอากาศร่อนหกล้อมด้านเท่า [3] ที่ความถี่ 2.26 GHz และ 9.1 GHz แสดงดังภาพที่ 1 (ก) และ (ข) ตามลำดับ

จากภาพที่ 1 (ก) และ (ข) แสดงให้เห็นถึงผลการจำลองการทำงานของสายอากาศร่อนหกล้อมด้านเท่าที่พัฒนาด้วยการเพิ่มสลิป ร่องสลิต และเทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ความถี่ 2.26 และ 9.10 GHz แสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าบริเวณจุดป้อนสัญญาณและบริเวณขอบของตัวนำที่เป็นตัวแพร่กระจายสัญญาณและในส่วนที่เป็นระนาบกราวด์



(ก)



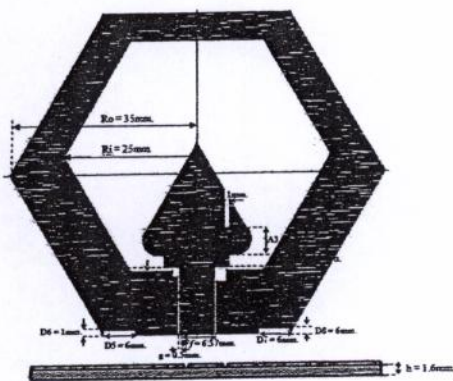
(ข)

ภาพที่ 1 : ค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า

(ก) ที่ความถี่ 2.26 GHz (ข) ที่ความถี่ 9.10 GHz

จากภาพที่ 1 (ข) ณ ความถี่ 9.10 GHz พบว่ามีค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าบริเวณจุดป้อนสัญญาณ และบริเวณขอบของตัวนำทั้งที่เป็นตัวแพร่กระจายสัญญาณและในส่วนที่เป็นระนาบกราวด์ สูงกว่าตำแหน่งอื่น เป็นตำแหน่งที่งานวิจัยนำมาปรับปรุงสัณฐานรูปสามเหลี่ยม และช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ เพื่อให้ได้ผลตอบสนองที่ดีขึ้น

เมื่อทำการออกแบบสัณฐานรูปสามเหลี่ยม และช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ เพื่อให้ได้สายอากาศที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้ $R_o = 35$ มม. $R_i = 25$ มม. $g = 0.5$ มม. $S_1 = 12$ มม. $S_2 = 2.3$ มม. $a = 5$ มม. $b = 7$ มม. $w = 1$ มม. $L = 12$ มม. $D_5, D_7 = 6$ มม. $D_6, D_8 = 1$ มม. แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 : สายอากาศที่ได้ออกแบบสัณฐานรูปสามเหลี่ยม และช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมาใหม่

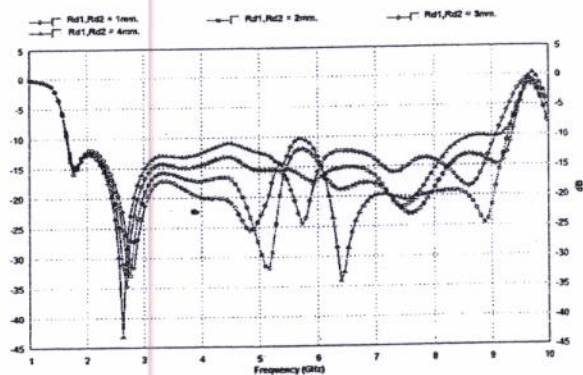
สายอากาศร่องหกเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม ที่ได้ออกแบบสัณฐานรูปสามเหลี่ยมขึ้นมาใหม่ ดังภาพที่ 2 โดยการตัดมุมโค้งของสัณฐานทั้งสองด้าน โดยใช้วงกลมในการออกแบบมุม (Rd_1), (Rd_2) สามารถแสดง

ดังตารางที่ 1 ซึ่งมีค่ารัศมีของวงกลมที่เหมาะสมที่สุดที่ตำแหน่ง $Rd_1 = 3$ มม. $Rd_2 = 3$ มม. ดังแสดงในตารางที่ 1

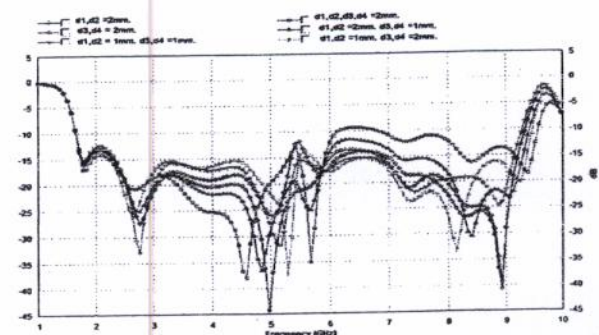
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนค่า Rd_1 และ Rd_2

ระยะห่าง (มม.)								
ตำแหน่ง	Rd_1	Rd_2	b	L	w	a	D_5, D_7	D_6, D_8
1	1	1	7	12	1	5	6	1
2	2	2	7	12	1	5	6	1
3	3	3	7	12	1	5	6	1
4	4	4	7	12	1	5	6	1

จากผลการจำลองภาพที่ 3 จะสังเกตเห็นว่า ค่าสูญเสียย้อนกลับ ในช่วงความถี่ยังมีค่าสูงเพื่อให้ได้สายอากาศที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยการเพิ่ม EBG รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเข้าไปที่กราวด์ บริเวณใต้ฐานของสัณฐานรูปสามเหลี่ยมใกล้กับตำแหน่งสายนำสัญญาณ (Feed Line) โดยมีขนาดของ EBG ซึ่งมีค่าความกว้าง และค่าความสูงที่เหมาะสมที่สุดคือ $d_1, d_2 = 1$ มม. และ $d_3, d_4 = 2$ มม. แสดงดังตารางที่ 2 เนื่องจากมีแบนด์วิดท์ที่กว้างมากกว่าที่เห็นได้ชัด ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 : ผลการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับ โดยการเปลี่ยนค่า Rd_1 และ Rd_2

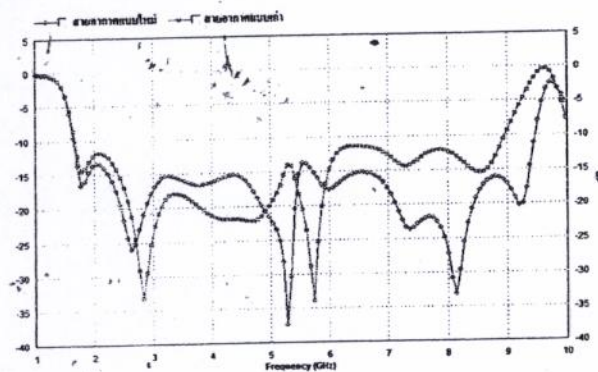


ภาพที่ 4 : ผลการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับ โดยปรับเปลี่ยนค่า d_1, d_2, d_3, d_4

ตารางที่ 2 : การเปลี่ยนขนาดช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า
(EBG) บริเวณใต้ฐานของสักรูปสามเหลี่ยม

ระยะห่าง (mm.)		$f_l - f_u$ (GHz)
d_1, d_2	d_3, d_4	
1	1	1.67GHz - 9.02GHz
2	0	1.67GHz - 9.14GHz
0	2	1.67GHz - 9.09GHz
1	2	1.67GHz - 9.47GHz
2	1	1.67GHz - 9.36GHz
2	2	1.67GHz - 6.34GHz

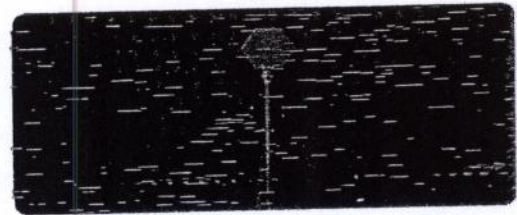
เมื่อเปรียบเทียบผลของการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับ ของสายอากาศใหม่กับสายอากาศเก่า [3] ดังแสดงในภาพที่ 5 สรุปได้ว่าสายอากาศใหม่จะมีค่าแบนด์วิดท์ที่กว้างกว่าสายอากาศแบบเก่า [3] โดยมีแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้นจากเดิม 7% และมีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่ตอบสนองได้ดีขึ้น



ภาพที่ 5 : การเปรียบเทียบผลของการจำลองแบบค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศแบบใหม่กับแบบเก่า [3]

3. การสร้างและทดสอบสายอากาศ

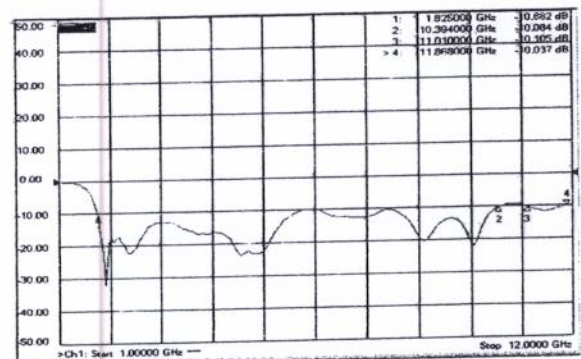
จากผลการจำลองแบบและการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศด้วยวิธีเชิงประจักษ์ (Empirical method) ร่วมกับโปรแกรมโปรแกรม IE3D ให้ได้ค่าที่เหมาะสม และทำการสร้างสายอากาศต้นแบบตามขนาดของสายอากาศดังรูปที่ 4 โดยตัวสายอากาศถูกสร้างขึ้นด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR-4 ซึ่งมี ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ϵ_r) เท่ากับ 4.4 ค่า Loss Tangent เท่ากับ 0.02 ความสูงของฐานรองไดอิเล็กตริกเท่ากับ 1.6 มม. ความหนาของทองแดงเท่ากับ 0.0018 มม. สายอากาศต้นแบบที่สร้างเสร็จแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 : ชิ้นงานสายอากาศต้นแบบและการทดสอบสายอากาศ

3.1 การทดสอบวัดค่าความสูญเสียย้อนกลับ

จากนั้นทำการทดสอบวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานไฟฟ้า (Network Analyzer) รุ่น N5230C และผลที่ได้จากการวัด พบว่าสายอากาศมีแบนด์วิดท์ที่กว้าง ประมาณ 140.66% (1.82 GHz - 10.39 GHz) ที่ค่าการสูญเสียย้อนกลับ เท่ากับ -10 dB ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 : ผลจากการวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศแบบใหม่

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับสายอากาศแบบใหม่กับสายอากาศแบบเก่า [3] ซึ่งเปรียบเทียบแล้วมีขนาดรูปร่างที่ใกล้เคียงกัน แต่สายอากาศที่สร้างขึ้นใหม่นี้มีแบนด์วิดท์ที่กว้างกว่า(จากผลการจำลอง) แสดงดังตารางที่ 3

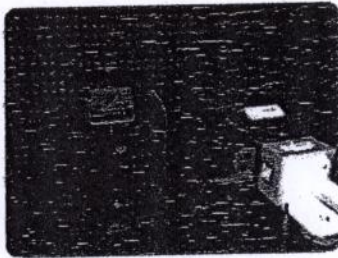
ตารางที่ 3 : ผลการเปรียบเทียบการวัดและทดสอบระหว่างสายอากาศแบบใหม่กับสายอากาศแบบเก่า [3]

สายอากาศ	ผลการดำเนินงาน	$f_l - f_u$ (GHz)	f_c (GHz)	Bandwidth	
				%	GHz
สายอากาศแบบเก่า[3]	ผลจำลอง	1.67- 8.92	5.29	137.05	7.25
	ผลการวัด	1.45- 9.82	5.63	148.66	8.37
สายอากาศแบบใหม่	ผลจำลอง	1.67 - 10.27	5.97	144.05	8.6
	ผลการวัด	1.82-10.39	6.11	140.66	8.56

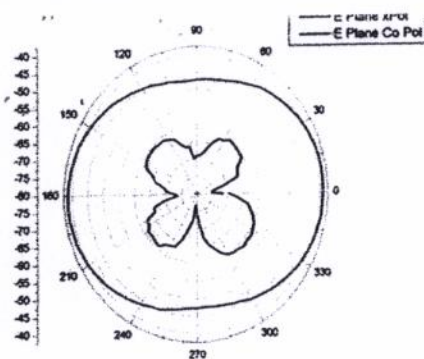
3.2 การทดสอบวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ

การทดสอบวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ โดยต่ออุปกรณ์ตามภาพที่ 8 โดยใช้เครื่องวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้า รุ่น E8257D และโปรแกรม Antenna Measurement studio โดยทำการวัดรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศที่ความถี่ 1.8 GHz, 2.4 GHz 5.2 GHz, 7.92 GHz และ 10.3 GHz

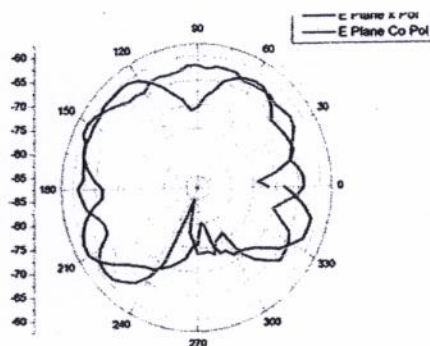
ผลการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศใหม่ที่สร้างขึ้นนี้จะทำการวัดใน ระนาบ x-z และระนาบ y-z



ภาพที่ 8 : การต่ออุปกรณ์วัดแบบรูปการแผ่พลังงานสายอากาศ
ในแนวระนาบ x-z plane (Co-Polarization)



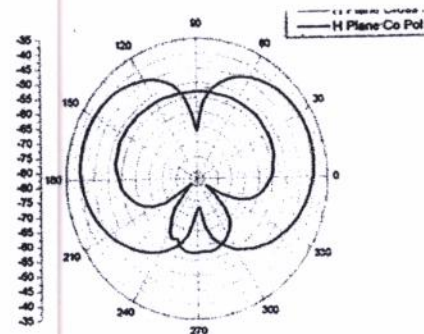
(ก)



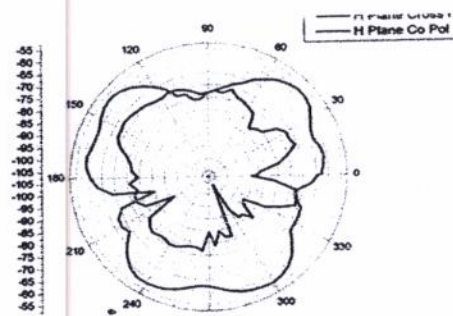
(ข)

ภาพที่ 9 : ผลการวัดการแผ่พลังงานสายอากาศระนาบ x-z
(ก) ที่ความถี่ 1.8 GHz (ข) ที่ความถี่ 10.3 GHz

สำหรับผลการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ ระนาบ x-z ดัง แสดงดังภาพที่ 9 (ก)-(ข) ตามลำดับ พบว่าที่ความถี่ 1.8 GHz สายอากาศจะมีการแบบรูปการแผ่พลังงานแบบสองทิศได้คือ และเมื่อความถี่สูงขึ้นแบบรูปการแผ่พลังงานจะเริ่มบิดเบี้ยวไปบ้าง และที่ความถี่ 10.3 GHz แบบรูปการแผ่พลังงาน จะมีลักษณะกับเปลี่ยนจั่วคลื่นแบบวงกลม(circular polarized)



(ก)



(ข)

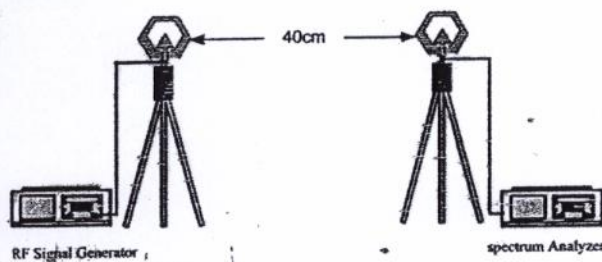
ภาพที่ 10 : ผลการวัดการแผ่พลังงานสายอากาศระนาบ y-z
(ก) ที่ความถี่ 1.8 GHz (ข) ที่ความถี่ 10.3 GHz

สำหรับผลการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ ระนาบ x-z แสดงดังภาพที่ 10 (ก)-(ข) ตามลำดับ พบว่าที่ความถี่ 1.8 GHz สายอากาศจะมีการแบบรูปการแผ่พลังงานแบบสองทิศได้คือ และเมื่อความถี่สูงขึ้นที่ความถี่ 10.3 GHz แบบรูปการแผ่พลังงานจะเริ่มบิดเบี้ยวไป

3.3 การทดสอบวัดอัตราขยายของสายอากาศ

การวัดอัตราขยายของสายอากาศทำการต่ออุปกรณ์ตามภาพที่ 11 มีเครื่องกำเนิดสัญญาณ (RF Signal Generator) เป็นตัวป้อนสัญญาณที่ความถี่ 1-11 GHz ส่งกำลังคลื่นออกไป

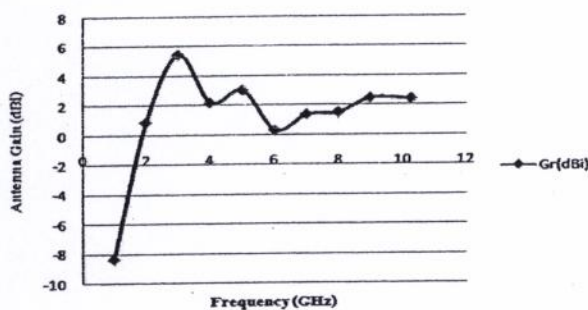
0 dBm โดยผ่านสายโคแอกเซียล ชนิด RG-142 ที่มีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์มไปยังสายอากาศรูปปากแตร (Horn Antenna) ที่เป็นตัวส่งสัญญาณแม่ไปยังสายอากาศหกลี้มที่เป็นตัวรับสัญญาณ ซึ่งเป็นสายอากาศที่จะทำการทดสอบโดยผ่านสายโคแอกเซียลเข้าเครื่องวิเคราะห์แถบความถี่ (Spectrum Analyzer) ซึ่งจะได้ค่าความแรงของสัญญาณความถี่สูงที่รับได้ แล้วนำมาคำนวณเพื่อหาอัตราขยายของสายอากาศของสายอากาศที่สร้าง



ภาพที่ 11 : การวัดอัตราขยายของสายอากาศ

เนื่องจาก สายอากาศที่นำทดสอบดังภาพที่ 11 มีอัตราขยายเท่ากันทั้งด้านรับและส่ง ดังนั้นสามารถคำนวณหาอัตราขยายของสายอากาศที่สร้างขึ้นจากสมการต่อไปนี้

$$(G_{ot})_{dB} = (G_{or})_{dB} = \left(\frac{1}{2}\right)(G_{or})_{dB} \left[20 \log_{10} \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right) + 10 \log_{10} \left(\frac{P_r}{P_t} \right) \right]$$



ภาพที่ 12 : ผลของอัตราขยายของสายอากาศ ที่ได้จากกราฟวัด

จากภาพที่ 12 ผลของอัตราขยายพลังงานสูงสุดของสายอากาศที่ความถี่เรโซแนนซ์ ณ ความถี่ 3 GHz เท่ากับ 5.4 dBi และผลของอัตราขยายพลังงานต่ำสุด ณ ความถี่ 6 GHz เท่ากับ 0.39 dBi ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าสายอากาศที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ในช่วงความถี่ 1.82-10.39

GHz แต่จะมีขีดจำกัดในการทำงานในช่วงความถี่ประมาณ 6 GHz ที่ใช้งานได้ไม่ดัดนัก

4. สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาการปรับปรุงประสิทธิภาพของสายอากาศหกลี้มด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระบบแบบแถบความถี่กว้าง ดังนั้นการออกแบบสายอากาศเพื่อให้ได้สายอากาศที่มีแบนด์วิดท์กว้าง ครอบคลุมการใช้งานในช่วงความถี่ของระบบสื่อสารไร้สาย นั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผสมผสานเทคนิควิธีที่หลากหลายในการออกแบบ เพื่อให้ได้ค่าแบนด์วิดท์เพิ่มขึ้นและค่าการสูญเสียย้อนกลับลดลงซึ่งครอบคลุมการใช้งานในช่วงความถี่ของระบบสื่อสารไร้สาย จากผลการวิจัยพบว่าสายอากาศมีแบนด์วิดท์ที่ค่าการสูญเสียย้อนกลับต่ำกว่า -10 dB ที่ความถี่ 1.82-10.39 GHz หรือ 140.66 % และแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศมีรูปการแผ่พลังงานใกล้เคียงกับผลการจำลอง โดยที่อัตราขยายพลังงานสูงสุดของสายอากาศที่ความถี่ 3 GHz เท่ากับ 5.4 dBi ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และสร้างสายอากาศ แบบแถบความถี่กว้างของระบบสื่อสารไร้สายต่างๆ เช่น PCS, UMTS, WLAN 802.11 a/b/g, Bluetooth และ ครอบคลุมย่านความถี่ IEEE 802.16 WiMAX ได้อย่างดี

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] ไกรสร สาริชา. 2549. "สายอากาศหกลี้มด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระบบแบบแถบความถี่กว้าง". วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [2] รัฐพล จินะวงศ์ และ อำนวย เรืองวาริ, "การพัฒนาสายอากาศหกลี้มด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระบบแบบแถบความถี่กว้าง", การประชุมทางวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (EECON) ครั้งที่ 32, 28-30 ตุลาคม 2552, ปราจีนบุรี, 2552, หน้า 713-716.
- [3] รัฐพล จินะวงศ์, ชลดา ปานสง, อำนวย เรืองวาริ, "การปรับปรุงประสิทธิภาพของสายอากาศหกลี้มด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระบบแบบแถบความถี่กว้างด้วยเทคนิคสกริปโหลดร่วมกับเทคนิคช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสงขลา นครินทร์ ครั้งที่ 9, 2-3 พฤษภาคม 2554, ภูเก็ต, 2552, หน้า 62



สารจากอธิการบดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ยุทธศาสตร์สำคัญในการพัฒนาประเทศ ประการหนึ่ง คือ การมุ่งพัฒนาฐานความรู้ของบุคลากรของประเทศ งานวิจัยและพัฒนาด้านวิชาการจึงเป็นภาระหน้าที่ที่สถาบันอุดมศึกษา จะต้องพึงตระหนักและให้ความสำคัญ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จึงได้กำหนดยุทธศาสตร์ในแผนการพัฒนามหาวิทยาลัยมุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยวิจัยและพัฒนา เพิ่มขีดความสามารถและสร้างเครือข่ายและศักยภาพของนักวิจัย

การจัดประชุมวิชาการครูศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4 ของคณะครูศาสตร์อุตสาหกรรมที่จัดขึ้นในครั้งนี้ จึงสอดคล้องกับแผนพัฒนามหาวิทยาลัยฯ ทั้งนี้ ยังได้รับความร่วมมือจากสถานศึกษาอาชีวศึกษา มหาวิทยาลัยและสถานการศึกษาทางด้านครูศาสตร์อุตสาหกรรมอีก 9 แห่ง ให้ความร่วมมือเป็นพันธมิตรเครือข่าย เพื่อสร้างศักยภาพของนักวิจัย โดยได้รับการสนับสนุนและความร่วมมือจากสถานประกอบการ ศิษย์เก่าและนักศึกษาปัจจุบัน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าความร่วมมือเช่นนี้จะยังคงมีอย่างต่อเนื่อง และขยายสู่วงการวิชาชีพและวิชาการของครูศาสตร์อุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้น

ในนามของผู้บริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ขอร่วมแสดงความยินดี และขอให้การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ขอแสดงความรู้สึกชื่นชม และขอขอบคุณคณาจารย์ บุคลากรและศิษย์เก่าของคณะครูศาสตร์อุตสาหกรรม ในฐานะเจ้าภาพการจัดประชุมวิชาการครูศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4 ที่ได้พยายามดำเนินการจัดประชุมได้เป็นอย่างดี ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ร่วมกันพัฒนาองค์ความรู้อันทรงคุณค่านี้ให้ดำเนินการไปได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและวิจัยด้านวิศวกรรมศาสตร์ และครูศาสตร์อุตสาหกรรมของประเทศที่ยั่งยืนต่อไป

(ศาสตราจารย์ ดร.ธีรวดี บุญยโสภณ)

อธิการบดี



การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4
The 4th National Conference on Technical Education

คณะกรรมการจัดประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4
(The 4th National Conference on Technical Education)

วันที่ 7-8 กรกฎาคม 2554

ณ หอประชุมเบญจรัตน์ อาคารนวมินทรราชินี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

คณะกรรมการที่ปรึกษา

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนาฤทธิ์	เศรษฐกุล	ประธานกรรมการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สันชัย	อินทพิชัย	กรรมการ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย	เทียนทอง	กรรมการ
4. อาจารย์ ดร.มงคล	หวังสดีชัยวงศ์	กรรมการ
5. คุณอุดม	สุขสุดประเสริฐ	กรรมการ

คณะกรรมการดำเนินการ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา	วิภาวิวัฒน์	ประธานกรรมการ
2. อาจารย์จรัสศักดิ์	วิตะ	กรรมการ
3. อาจารย์จรัส	ทรัพย์าคม	กรรมการ
4. อาจารย์วิวัฒน์	ทิพย์สุวรรณ	กรรมการ
5. อาจารย์ ดร.สมคิด	แจ่มหลี่	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลศักดิ์	โกนียากรณ์	กรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมภพ	ดลันแก้ว	กรรมการ
8. อาจารย์ ดร.พิเชษฐ์	ศรีรณรงค์	กรรมการ
9. อาจารย์กนกรินทร์	แสนราช	กรรมการ
10. นางสาวมัลลิกา	ศรีเพ็ญ	กรรมการ
11. นางสาวรณมา	จงประเสริฐพร	กรรมการและเลขานุการ
12. นางสาวเมตตา	กลิ่นมาลี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
13. นางปะนารี	ปัญญาชีวิตา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการเลขานุการ

1. อาจารย์จรัส	ทรัพย์าคม	ประธานกรรมการ
2. นางสาวมัลลิกา	ศรีเพ็ญ	รองประธานกรรมการ
3. นางพรทิพย์	พุ่มศิริ	กรรมการ
4. นางสาวครุณี	ไชยรักษ์	กรรมการ
5. นางวรรณ	โจแสนสัน	กรรมการ
6. นายวิเศษ	สรไชย	กรรมการ
7. นางชวนชม	สืบพันทา	กรรมการ
8. นางสาวรทัย	ประจักษ์เพิ่มศักดิ์	กรรมการ
9. นางสมพิศ	เกษมราษฎร์	กรรมการ
10. นางรัชฎาพร	เริงประเสริฐวิทย์	กรรมการ

การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4
The 4th National Conference on Technical Education

11. นางสาวศุภิลา	กุศลจิตกรณ	กรรมการ
12. นางสาวรัชพรณ	กลั่นเมธี	กรรมการ
13. นางสาวสงศรี	อยู่เจริญ	กรรมการ
14. นางสาวภา	วงศ์อนันท์	กรรมการ
15. นางสาวธิดาภัทร	แอบเพชร	กรรมการ
16. นางกฤติญา	ศิริมัย	กรรมการ
17. นางเอื้องพร	อมรหิรัญ	กรรมการ
18. นางสาวสุภาพร	แข่งไพเราะ	เลขานุการ
19. นางสาวกรรณิกา	เมืองคัง	ผู้ช่วยเลขานุการ
20. นางสาวขวัญใจ	ผุดผาด	กรรมการ
21. นางสาวพัชร	เอี่ยมสุข	กรรมการ

คณะกรรมการเผยแพร่และจัดทำเอกสาร

1. อาจารย์ ดร.สมคิด	แซ่หลี่	ประธานกรรมการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลศักดิ์	โกษิยาภรณ์	กรรมการ
3. อาจารย์ ดร.บัณฑิต	สุขสวัสดิ์	กรรมการ
4. นางสาวรณดา	จงประเสริฐพร	กรรมการ
5. นายประจักษ์เวช	ศิริ	กรรมการ
6. นายเขมวันต์	จันทร์ขันธ์	กรรมการ
7. นายวีระเชษฐ์	มะแซ	กรรมการ
8. นางสาวเบญจพร	ลออเงิน	กรรมการ
9. นางสาวบัวพรรณ	คำเฉลา	กรรมการ
10. นางกนกภัทร	คูพิพัฒน์ไพศาล	กรรมการ
11. นางปะนรี	ปัญญาชีวิตา	กรรมการ
12. นางสาวเมตตา	กลั่นมาลี	กรรมการและเลขานุการ
13. นางสาวกนกกร	คงชาติ	ผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการพิธีการ

1. อาจารย์ ดร.ธีรพงษ์	วิริยานนท์	กรรมการ
2. อาจารย์ ดร.สุชัยญา	โปษะนันท์	กรรมการ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์ นิลสุข		กรรมการ

คณะกรรมการผู้ดำเนินการนำเสนอบทความประจำกลุ่ม (Chair Session)

1. อาจารย์ ดร.สมคิด	แซ่หลี่	ประธานกรรมการ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรินทร์	โพธิ์เงิน	กรรมการ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์	สืบสำราญ	กรรมการ
4. อาจารย์ ดร.ปิยะ	กรกชจินตนากร	กรรมการ
5. อาจารย์ ดร.สุรวุฒิ	ยะนิล	กรรมการ
6. รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช	วุฒิปุณย์	กรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริศักดิ์	คงสมศักดิ์สกุล	กรรมการ
8. อาจารย์ ดร.มงคล	หวังสถิตย์วงษ์	กรรมการ
9. รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี	ศิริปรัชญนันท์	กรรมการ
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพล	ธงชัยสุรัสวดีกุล	กรรมการ
11. รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์	อรรคทิมากุล	กรรมการ



การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4
The 4th National Conference on Technical Education

12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ์	ศรีบรรยงค์	กรรมการ
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุ่ง	มีสัง	กรรมการ
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติพงษ์	เลิศวิริยะประภา	กรรมการ
15. อาจารย์ ดร.มิรัช	โลหะการ	กรรมการ
16. อาจารย์ ดร.สรเดช	ครุฑจ้อน	กรรมการ
17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์พงษ์	วรรณปัญญา	กรรมการ
18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรัญ	แสนราช	กรรมการ
19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์	นิตยสุวรรณ	กรรมการ
20. อาจารย์ ดร.จิรพันธุ์	ศรีสมพันธุ์	กรรมการ
21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์	นิลสุข	กรรมการ
22. อาจารย์ ดร.ปณิศา	วรรณพิน	กรรมการ
23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์	สถียรการ	กรรมการ
24. อาจารย์ ดร.ชัยวิชิต	เชิธรชนะ	กรรมการ
25. เรือโท ดร.ทวีศักดิ์	รูปสิงห์	กรรมการ
26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนัย	วรรณโกมล	กรรมการ
27. นางสาวเมตตา	กลิ่นมาลี	กรรมการและเลขานุการ

อนุกรรมการฝ่ายนำเสนอบทความ

1. นายอานนท์	รักจักร
2. นายอนุชา	หาบุตรดี
3. นายศุภชัย	แดงสมบูรณ์
4. นายอนันต์ชัย	ชุดิภาสเจริญ
5. นางสาวนิรมล	ขจรศักดิ์
6. นางสาวคันสนีย์	จงกรด
7. นางสาวคริตชาภรณ์	ยอดแดง
8. นางสาวนุชนาถ	ขุนราช
9. นายอัสวิน	จำนงค์จิตต์
10. นางสาวศิรินาฏ	ไทรยงค์
11. นางสาวนงลักษณ์	วงศ์ภักดี
12. นางสาวพวงเพ็ญ	หงษ์ยา
13. นายวรากร	เปรมชาติ

คณะกรรมการจรรยาและสถานที่จัดครุ

1. อาจารย์วิฑูรย์	ทิพย์สุวรรณ	ประธานกรรมการ
2. นายเมธา	สุภาไชยกิจ	กรรมการ
3. นายศรัชัย	ผาติ	กรรมการ
4. นายหนูแดง	ยืนนาน	กรรมการ
5. นายชุงพร	ฉิมพาลี	กรรมการ
6. นายสุรพงศ์	เสนาวงศ์	กรรมการ
7. นายฉัฐพงษ์	จันมี	กรรมการ
8. นายธนศักดิ์	เพชรสมบูรณ์	กรรมการ
9. นายสิทธิวัฒน์	มาสุข	กรรมการ
10. นางสาวเมตตา	กลิ่นมาลี	กรรมการและเลขานุการ

การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4
The 4th National Conference on Technical Education

คณะกรรมการกองบรรณาธิการ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนาฤทธิ์	เสริมรูกุล	ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา	วิภาวิวัฒน์	บรรณาธิการ
3. นาวาเอก ศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย	กาทอง	กองบรรณาธิการ ¹
4. ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันต์	ห่อพิบูลสุข	กองบรรณาธิการ ²
5. รองศาสตราจารย์ ดร.สาโรจน์	โอพิทักษ์ชิน	กองบรรณาธิการ ³
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริกุล	คลองคำนวนการ	กองบรรณาธิการ ⁴
7. รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช	วุฒิพฤกษ์	กองบรรณาธิการ
8. รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี	ศิริปรัชญานันท์	กองบรรณาธิการ
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์	สถิรยากร	กองบรรณาธิการ
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูลศักดิ์	โกนิยากรณ	กองบรรณาธิการ
11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรินทร์	โพธิ์เงิน	กองบรรณาธิการ
12. อาจารย์ ดร.สมคิด	แซ่หลี่	กองบรรณาธิการ
13. อาจารย์รณรินทร์	แสนราช	ฝ่ายเลขานุการกองบรรณาธิการ
14. คุณสุวรรณ	จงประเสริฐพร	ฝ่ายเลขานุการกองบรรณาธิการ
15. คุณธัญภัทร	แอบเพชร	ฝ่ายเลขานุการกองบรรณาธิการ

¹วิทยาลัยพาณิชยนาวินนาชชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

²คณะวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

³บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยราชพฤกษ์

⁴คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ภายใน) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์นัต	วัฒนาณรงค์	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
2. รองศาสตราจารย์ ดร.กานดา	พูนลาภทวี	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
3. อาจารย์กิตติภูมิ	รอดสิน	วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จร	อินวงษ์	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรัญ	แสนราช	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
6. อาจารย์ ดร.จักรพงษ์	ตรีตรา	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
7. อาจารย์ ดร.จิรพันธุ์	ศรีสมพันธุ์	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
8. อาจารย์จิระศักดิ์	วิคตะ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพล	ธงชัยสุรศักดิ์กุล	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
10. อาจารย์ ดร.ชัยรัตน์	ธีระวัฒน์สุข	วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
11. อาจารย์ ดร.ชัยวิชิต	เชียรชนะ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
12. อาจารย์ ดร.เชิดชนินทร	หมคมลทิน	วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐิติพงษ์	เลิศวิริยะประภา	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณมน	จิรังสุวรรณ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
15. เรือโท ดร.ทวีศักดิ์	รูปสิงห์	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
16. อาจารย์ทองพูล	หีบไธสง	คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
17. รองศาสตราจารย์ธามินทร์	ศิลป์จารุ	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
18. อาจารย์ ดร.ธีรพงษ์	วิริยานนท์	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
19. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล	เมธีกุล	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
20. อาจารย์นริศร	แฉ่งคะนอง	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต	สุขสวัสดิ์	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
22. อาจารย์ปรมศักดิ์	ศรีวงศ์	วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม



การประชุมวิชาการศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4
The 4th National Conference on Technical Education

23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์	พรจินดารักษ์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
24. อาจารย์ ดร.ประสิทธิ์	ประมวงอุดมรัตน์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญนันท์	นิลสุข	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
26. อาจารย์ ดร.ปิยะ	กรกชจินตนาการ	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุ	มีสัง	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
28. อาจารย์ ดร.พรจิต	ประทุมสุวรรณ	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
29. รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช	วุฒิพฤกษ์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิเชษฐ์	ศรียรรยงค์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
31. รองศาสตราจารย์ ดร.พิสิฐ	เมธภัทร	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
32. อาจารย์ ดร.พิสิษฐ์	ลิ่วธนกุล	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
33. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลศักดิ์	โกนียาภรณ์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
34. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์	สถียรยากร	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
35. อาจารย์ ดร.ภาณุวัฒน์	ปิ่นทอง	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
36. อาจารย์ ดร.มงคล	หวังสถิตย์วงษ์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
37. อาจารย์มณฑิลา	รัตนศิริวงศ์วุฒิ	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
38. รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย	เทียนทอง	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
39. รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี	ศิริปรัชญนันท์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
40. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานิตย์	สิทธิชัย	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
41. อาจารย์มีชัย	โลหะการ	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
42. อาจารย์รุ่งโรจน์	รัตนวารินทร์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
43. รองศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์	ศรีวงษ์กุล	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
44. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรินทร์	โพธิ์เงิน	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
45. รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ	จันทร์ตระกูล	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
46. รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา	วิภาวิวัฒน์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
47. รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์	ชื่นแขก	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
48. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเศษ	ศักดิ์ศิริ	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
49. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์	กตเวทวาทย์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
50. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริศักดิ์	คงสมศักดิ์สกุล	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
51. รองศาสตราจารย์ ดร.สพสันต์	อุดมบุญ	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
52. อาจารย์ ดร.สมคิด	แจ่มหลี่	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
53. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมภาพ	คลับแก้ว	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
54. รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์	อรรคทิมากุล	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
55. อาจารย์ ดร.สรเดช	กรุชาจ้อน	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
56. รองศาสตราจารย์ ดร.สันชัย	อินทพิชัย	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
57. รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิโชค	สุนทรโอภาส	วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
58. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนีย์	วรรณโกมล	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
59. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์	นิตยสุวัฒน์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
60. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพันธ์	ตันศรีวงษ์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
61. อาจารย์ ดร.สุเมธ	เฉลิมวิสุตกุล	บัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติ สิรินธร ไทย-เยอรมัน
62. อาจารย์ ดร.สุวิทย์	ยะนิล	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
63. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์	พรหมจันทร์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
64. อาจารย์เสมอ	เรืองอนันต์	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
65. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์	สืบสำราญ	คณะกรรมการอุตสาหกรรม
66. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุไร	อภิชาตบรรลือ	คณะกรรมการอุตสาหกรรม

การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4
The 4th National Conference on Technical Education

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (ภายนอก)

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ชวรงค์ พงศ์เจริญพานิชย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ดร.จิตติวรรณ ศรีนาถ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. ดร.ทักษิณา เครือหงษ์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัชชัย กุลรวรานิชพงษ์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
6. ดร.นพศักดิ์ ดันติศักดิ์ยานนท์
อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล
7. รองศาสตราจารย์ ดร.บรรจบ อรชร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสกร เรืองรอง
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
9. รองศาสตราจารย์ ดร.มิตรชัย จงเชื้อชาต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตสงขลา
10. รองศาสตราจารย์ ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล
ภาควิชาบริหารเทคนิคศึกษา (ผู้เชี่ยวชาญ)
11. รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร กิมเรศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
12. ดร.วิโรจน์ แสงธทอง
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริกุล คล่องค่านวนการ
คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
14. รองศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร พัวพันธ์
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาณี เล็งศรี
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
17. ดร.อรัญญา วลัยรัชต์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมศักดิ์ ยั่งยืน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี