



Proceeding

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2 STCCON 2016

**The 2nd National Conference 2016
on Innovative Education
for Sustainable Development**

**“นวัตกรรมการศึกษา
เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน”**

๑๖-๑๗ กรกฎาคม ๒๕๕๙

๑ ห้องประชุมใหญ่ ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ
วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

สถาบันที่ร่วมเป็นเจ้าภาพในการจัดงาน



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช
มงคลรัตนโกสินทร์



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
กรุงเทพ



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าธนบุรี



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าพระนครเหนือ



มหาวิทยาลัยศิลปากร



มหาวิทยาลัยราชภัฏ
พระนครศรีอยุธยา



มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้าน
สมเด็จพระเจ้าพระยา



มหาวิทยาลัยธนบุรี



วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

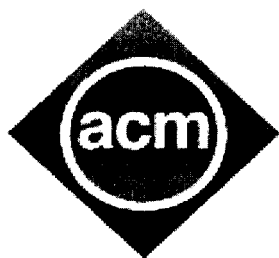
หน่วยงานสนับสนุน



สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา



สมาคมคอมพิวเตอร์ไอทริปเปิลอีใน
ประเทศไทย



สมาคมคอมพิวเตอร์เอซีเอ็ม



อินเทอร์เน็ตโซไซตี้

รายชื่อคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติ (ต่อ)

ผศ.ดร.ชลลดา พงศ์พัฒน์โยธิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ผศ.ดร.เผด็จ กำคำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
รศ.ดร.พนอเนือง สุทัศน์ ณ อยุธยา	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ผศ.ดร.ณัฐณี มีแก้วกฤษ	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
รศ.ดร.บังอร เสรีรัตน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
รศ.ดร.วรรณวดี ชัยชาญกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ผศ.ดร.วิเชียร อินทรสมพันธ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ดร.ฐิติพร กรัยวิเชียร	มหาวิทยาลัยธนบุรี
รศ.สุภา สุทธิเกียรติ	มหาวิทยาลัยธนบุรี
ดร.อรุพจน์ กัลยาสิริ	มหาวิทยาลัยธนบุรี
ผศ.เย็น ปาระเคน	มหาวิทยาลัยธนบุรี
ดร.สุธาสินี แสงมุกดา	มหาวิทยาลัยธนบุรี
ผศ.ดร.อนุพงษ์ อินฟ้าแสง	มหาวิทยาลัยธนบุรี
ผศ.ดร.อนิรุทธ์ สติมัน	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.ธำปณีย์ ธรรมเมธา	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.นันทน์ เรืองฤทธิ์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.เอกราช บำรุงพืชน์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.ศิวินิต อรรถกฤษกุล	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.ภัทรพล มหาจันทร์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
อาจารย์สิริวรรณ รัตนราช	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
อาจารย์อุบลวรรณ สุวรรณ	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ผศ.ดร.โอภาส กิจกำแหง	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.ยิ่งศักดิ์ จงเลิศเจษฎาวงศ์	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
อาจารย์ชนิดา สุวรรณจุฑะ	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.ฐกฤต ปานชลธิ	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
รศ.ดร.สายพิณ ไชยนิรันดร์	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
อาจารย์กฤติเดช ดวงใจบุญ	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.นิเวศน์ วงศ์สุวรรณ	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
Mr.Sumit Kumar Bhalla	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
Mr.Nanda Lal Banik	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
อาจารย์ณัฐพงศ์ เหลืองนฤตม	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
อาจารย์ณรงค์ฤทธิ์ ยัมพรเจริญสกุล	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
อาจารย์วิศิษฐ์ รัตนนิมิต	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
อาจารย์ยุทธพงษ์ สีม่วง	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
อาจารย์ปาริญา รักษาทรัพย์	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
อาจารย์ชินาชา เซ็นลี	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

รายชื่อคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ศ.ดร.สมชาติ โสภณธนฤทธิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศ.ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศ.ดร.พิเชษฐ์ ลิ้มสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.สมชาย จันทร์ขานนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.กิตติเดช สันติชัยอนันต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.วรรณข เกิดสินธุ์ชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.กลางใจ สิทธิถาวร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.พรนภิส ดาราสว่าง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.ศศิธร สุวรรณเทพ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.ทศพร ทองเที่ยง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
นายสุเมธ ทานเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.ศุภชัย หอวิมารพร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.เจริญชัย วงศ์วัฒน์กิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.สรกฤษ มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.ปฏิพัทธ์ ทวนทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศ.ดร.ปิติ สุนทรสุขกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.จันทพร ผลากุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.วิไล รังสาดทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.กัปนาท เทียนน้อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.ชนะศักดิ์ บำยเที่ยง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.สมชาย ปรากฏเจริญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.ณรงค์ฤทธิ์ สนใจธรรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.คณิต เฉลยจรรยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.ศุภชัย หอวิมานพร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.จิราภรณ์ สัพพานนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.วุฒิวัฒน์ คงรัตน์ประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ชนิษฐา เจริญลาภ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.กาญจนา ชินสำราญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.สุวิมล พิษณุไพบูลย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.ชัยชนะ ไชยบุญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.สำเริง รักซ้อน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ว่าที่ร้อยโทชัยชาญ จันทศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร. ศศิธร ชูแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.สุนิสา สายอุปราชา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.อัศวินย์ เรืองรอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รายชื่อคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ(ต่อ)

รศ.ดร.วรรณวดี ชัยชาญกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
รศ.พีระพงษ์ กุลพิศาล	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ผศ.ดร.ชลลดา พงศ์พัฒน์โยธิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ผศ.ดร.เผด็จ กำคำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
รศ.ดร.พนอเนือง สุกทัศน์ ณ อยุธยา	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ผศ.ดร.ณัฐณี มีแก้วกฤษ	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ผศ.ดร.วิเชียร อินทรสมพันธ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
รศ.ดร.บังอร เสรีรัตน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ผศ.ดร.อารีวรรณ เอี่ยมสะอาด	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ดร.สุภาพร ศรีหามิ	มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ผศ.สุวิทย์ ไวยกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.วัชรภัทร เตชะวัฒนศิริดำรง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.พรเทพ รุ่งแผน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.นริศนันท์ เดชสุระ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.ชัยยศ เดชสุระ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.ธีรวัฒน์ มอนไธสง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.ปฤษฎา ชนะวรรช	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
รศ.วันทนี แสงภักดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.อารมณ เอี่ยมประเสริฐ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร.สุชาติ ตันธนะเดชา	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.ฐิติพร กรัยวิเชียร	มหาวิทยาลัยธนบุรี
รศ.สุนา สุทธิเกียรติ	มหาวิทยาลัยธนบุรี
ผศ.เย็น ปาระเคน	มหาวิทยาลัยธนบุรี
ดร.สุธาสินี แสงมุกดา	มหาวิทยาลัยธนบุรี
ผศ.ดร.อนุพงษ์ อินฟ้าแสง	มหาวิทยาลัยธนบุรี
ผศ.ดร.อนิรุทธ์ สติมัน	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.ฐานันท์ ธรรมเมธา	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.นันทน์ เรืองฤทธิ์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.เอกราษฎร์ บางท่าไม้	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.ศิวินิต อรรถวุฒิกุล	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รศ.ดร.สมบัติ ทิมทรัพย์	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
ดร.นิคม เจียรจินดา	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
รศ.ดร.ศักดิ์ กองสุวรรณ	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ผศ.ดร.สุรัช เทียนขาว	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.พรชัย บุญบวรรัตนกุล	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

รายชื่อคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ(ต่อ)

ผศ.ดร.พงษ์พิชญ์ วิริยะศิริสกุล	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
รศ.ดร.สายพิน ไชยนันท์	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ผศ.ดร.สิทธิพันธุ์ ไชยนันท์	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ผศ.ดร.โอภาส กิจกำแหง	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.ฐกฤต ปานชลี	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.นิเวศน์ วงศ์สุวรรณ	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
รศ.ดร.สมกุล ถาวรกิจ	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.ธีระพงศ์ บุศรากุล	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.อำนาจ ศรีแสง	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
รศ.ดร.สุธรรม เลิศพงษ์ประเสริฐ	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.ภัสสรกันต์ ทรัพย์มหาโชค	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.กนิษฐา สุขสมัย	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.มงคล จงสุพรรณพงศ์	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
รศ.ชุติชัย มาแจ้ง	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ผศ.ดร.ปรีชา ลอเสรีวานิช	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ดร.สุรางค์ บุญยะพงศ์ไชย	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

Pages

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วัฏจักรสารในระบบนิเวศ ระหว่างการเรียนรู้จากหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-Book) ที่สร้างด้วยโปรแกรม FlipAlbum Vista 7.0 Pro กับการเรียนรู้จากใบความรู้ Comparison of Learning Achievement of Biogeochemical Cycle by Electronic Books from FlipAlbum Vista 7.0 Pro Program and Worksheet-based Learning	791
---	-----

การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์แบบเล่นตามบทบาทบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อฝึกทักษะการคำนวณด้านการบวก ลบ คูณ หาร Development of Android RPG Game to Practice the Calculation Skills: Addition, Subtraction, Multiplication and Division	802
---	-----

การนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)

Application of Mathematical Equations to Analyze the Dissolution Behavior of the Controlled-release Drugs	813
---	-----

การผลิตและทดสอบแผ่นผลิตภัณฑ์จากการผสมเส้นใยชานอ้อยด้วยกาวธรรมชาติพอลิแลคติกแอซิด Produce and Test the Products from Bagasse fibers mixed with Polylactic acid	821
--	-----

An Experiment of Heat Exchanger Produces Hot Water from Air Conditioning	828
--	-----

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Science and Technology)

การศึกษาตัวตรวจวัดปริมาณรังสีจากแร่ควอตซ์และโทแพซธรรมชาติไร้สี โดยใช้เทคนิค TL และ ESR Study on Radiation Dosimeter from Natural Colorless Quartz and Topaz by Using TL and ESR Techniques	837
---	-----

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วปนเปื้อน (Pb, Ba, Sb) บนผิวกระจกบานเกล็ด โดยเทคนิคอินดักทีฟลี คัปเปิลพลาสมา แมสสเปกโตรเมทรี Comparative Study of Gunshot Residues (Pb, Ba, Sb) on Louvered Window Surface by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry	846
--	-----

วงจรกรองหยุดแถบขนาดเล็กสำหรับโครงข่ายสื่อสารไร้สาย Small Bandstop Filter for Wireless Communication Networks	854
---	-----

การศึกษาด้านการจัดการโลจิสติกส์ กรณีศึกษา บริษัท เอบีซี A study of logistics management A case study of ABC.	863
---	-----

บริหารธุรกิจและการจัดการ (Business Administration and Management)

ปัจจัยที่มีผลต่อขวัญและกำลังใจในการทำงานของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตตำบลท่าพล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ Factors Affecting The Morale of Members in Team of Personnel Sub District Administration Organization in Tapol District, Phetchabun Province.	873
---	-----

ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่มอาชีพ : กรณีศึกษา กลุ่มอาชีพผลิตภัณฑ์จากผ้าในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ Factors Affecting Success of Occupational Group: Case Study of Textile Product Occupational Group in Phetchabun Province	882
--	-----

Pages

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง วัฏจักรสารในระบบนิเวศ ระหว่างการเรียนรู้จากหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-Book) ที่สร้างด้วยโปรแกรม FlipAlbum Vista 7.0 Pro กับการเรียนรู้จากใบความรู้ Comparison of Learning Achievement of Biogeochemical Cycle by Electronic Books from FlipAlbum Vista 7.0 Pro Program and Worksheet-based Learning	791
---	-----

การพัฒนาเกมคอมพิวเตอร์แบบเล่นตามบทบาทบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อฝึกทักษะการคำนวณด้านการบวก ลบ คูณ หาร Development of Android RPG Game to Practice the Calculation Skills: Addition, Subtraction, Multiplication and Division	802
---	-----

การนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ (Poster Presentation)

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)

Application of Mathematical Equations to Analyze the Dissolution Behavior of the Controlled-release Drugs	813
---	-----

การผลิตและทดสอบแผ่นผลิตภัณฑ์จากการผสมเส้นใยขานอ้อยด้วยกาวธรรมชาติพอลิแลคติกแอซิด Produce and Test the Products from Bagasse fibers mixed with Polylactic acid	821
--	-----

An Experiment of Heat Exchanger Produces Hot Water from Air Conditioning	828
--	-----

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Science and Technology)

การศึกษาตัวตรวจวัดปริมาณรังสีจากแร่ควอตซ์และโทแพซธรรมชาติไร้สี โดยใช้เทคนิค TL และ ESR Study on Radiation Dosimeter from Natural Colorless Quartz and Topaz by Using TL and ESR Techniques	837
---	-----

การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วดินปืน (Pb, Ba, Sb) บนผิวกระจกบานเกล็ด โดยเทคนิคอินดักทีฟลี คัปเปิลพลาสมา แมสสเปกโตรเมตรี Comparative Study of Gunshot Residues (Pb, Ba, Sb) on Louvered Window Surface by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry	846
---	-----

วงจรกรองหยุดแถบขนาดเล็กสำหรับโครงข่ายสื่อสารไร้สาย Small Bandstop Filter for Wireless Communication Networks	854
---	-----

การศึกษาด้านการจัดการโลจิสติกส์ กรณีศึกษา บริษัท เอบีซี A study of logistics management A case study of ABC.	863
---	-----

บริหารธุรกิจและการจัดการ (Business Administration and Management)

ปัจจัยที่มีผลต่อขวัญและกำลังใจในการทำงานของสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ในเขตตำบลท่าพล อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ Factors Affecting The Morale of Members in Team of Personnel Sub District Administration Organization in Tapol District, Phetchabun Province.	873
---	-----

ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของกลุ่มอาชีพ : กรณีศึกษากลุ่มอาชีพผลิตผ้าจากผ้าในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ Factors Affecting Success of Occupational Group: Case Study of Textile Product Occupational Group in Phetchabun Province	882
---	-----

วงจรรองหยุดแถบขนาดเล็กสำหรับโครงข่ายสื่อสารไร้สาย Small Bandstop Filter for Wireless Communication Networks

วรชัย ศรีสมุดคำ^{1,*}

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000

*E-mail : hs5xij@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ : 056717151 ต่อ 1490, เบอร์โทรสาร : 056717151

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอหลักการในการออกแบบและสร้างวงจรรองหยุดแถบที่มีขนาดเล็กสำหรับใช้งานในโครงข่ายการสื่อสารไร้สาย โดยวงจรรองหยุดแถบที่นำเสนอจะทำหน้าที่เสมือนเป็นวงจรรองผ่านแถบสองย่านความถี่ ซึ่งแยกย่านความถี่ต่ำและย่านความถี่สูงที่ต้องการใช้งานออกจากกัน โดยใช้ทฤษฎีสายนำสัญญาณร่วมกับวงจรแปลงแอดมิตแตนซ์ โดยย่านความถี่ต่ำ 800-900 MHz ถูกใช้งานเพื่อรองรับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ และที่ย่านความถี่สูง 2.3-2.7 GHz ถูกใช้งานเพื่อรองรับโครงข่ายสื่อสารไร้สาย WiFi และ WiMAX

จากการเปรียบเทียบผลที่ได้รับจากการวัดและการจำลองขึ้นงานพบว่า ที่ย่านความถี่ต่ำ 800-900 MHz ค่าสูญเสียจากการย้อนกลับ (S_{11}) ที่ได้จากการวัดสอดคล้องกับค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลอง และค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลองโดยส่วนใหญ่จะดีกว่าค่า S_{11} ที่ได้จากการวัดเฉพาะในช่วงย่านความถี่ต่ำกว่า 2.42 GHz เท่านั้น อีกทั้งค่าการสูญเสียจากการใส่แทรก (S_{21}) ที่ได้จากการวัดมีค่าที่สูง แต่ก็สอดคล้องตามค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลอง ข้อดีที่ได้รับจากการสร้างวงจรรองหยุดแถบที่นำเสนอคือ ค่า S_{11} ที่ดีและยอมรับได้ แถบหยุดมีค่าที่กว้างและมีขนาดเล็ก

คำหลัก: วงจรรองผ่านแถบ, วงจรรองหยุดแถบ, โครงข่ายไร้สาย

Abstract

This research presents a concept for designing and fabrication about a small bandstop filter for wireless communication networks. This proposed bandstop filter acts as a dual band bandpass filter to separate widely the low and high frequency bands by using transmission lines theory and admittance inverter. The low frequency band 800-900 MHz can be served mobile networks, and the high frequency band 2.3-2.7 GHz, can be served the wireless networks both WiFi and WiMAX

The measured results are compared with the simulated results. The results have been shown that at the low operating frequency band 800-900 MHz, the measured return losses are in good agreement with the simulated ones. And most of the simulated return losses are better than the measured ones only at the frequencies of less than 2.42 GHz. Also, the measured insertion losses are high, but those are in good agreement with the simulated ones. The advantage of this proposed bandstop filter is as follows: the return losses are good and acceptable, the wide rejection band can be owned, and the small size be achieved.

Keywords: Bandpass Filter, Bandstop Filter, Wireless Communication Network

1. บทนำ

เทคโนโลยีด้านการสื่อสารได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านการสื่อสารไร้สาย ไม่ว่าจะเป็น WLAN, WiMAX หรือ โทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น ดังนั้น ในการผลิตอุปกรณ์ด้านการสื่อสารนั้นจะต้องสามารถที่จะรองรับการใช้งานหลายประเภทของผู้ใช้ได้ ซึ่งการออกแบบวงจรเพียงวงจรเดียวแต่ใช้งานได้หลายย่านความถี่เท่านั้นที่ จะตอบสนองความต้องการและเป็นที่นิยมของผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี วงจรหนึ่งที่สำคัญในอุปกรณ์ใช้งานทางด้านคลื่นวิทยุและย่านความถี่ไมโครเวฟ คือ วงจรกรองผ่านแถบ (Band-pass Filter)

อีกทั้ง มีเครือข่ายสื่อสารแบบไร้สายที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าหลายย่านความถี่และระบบ เช่น ระบบโทรคมนาคมเคลื่อนที่สากล (Universal Mobile Telecommunications System : UMTS) ของผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่, WLAN (WiFi), และ WMAN (WiMAX) ฯลฯ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่วงจรกรองผ่านแถบที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้งาน ณ ขณะนี้ควรจะสามารถใช้งานได้หลายย่านความถี่

ที่ผ่านมา มีงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างวงจรกรองผ่านแถบออกมาอย่างมากมาย ยกตัวอย่าง เช่น C.-Y. Hsu *et al.* ได้นำเสนอวิธีหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้งานเพื่อทำหน้าที่เป็นวงจรกรองหยุดแถบ (Bandstop Filter) เพื่อสร้างวงจรกรองผ่านแถบ 2 ย่านความถี่ โดยกำหนดแถบหยุดเท่ากับ 5 – 6 GHz (แบนด์วิดท์ -3 dB ที่ออกแบบได้มีความกว้างเท่ากับ 1 GHz) และ H.-Y. Anita Yim ได้นำเสนอหลักการในการสร้างวงจรกรองที่ยอมให้ย่านความถี่ 900 MHz และ 2 GHz ผ่านไปได้โดยใช้วงจรเรโซเนเตอร์ (Resonator) และวงจรแปลงแอดมิตแตนซ์ (Admittance Inverter) แต่มีขนาดใหญ่

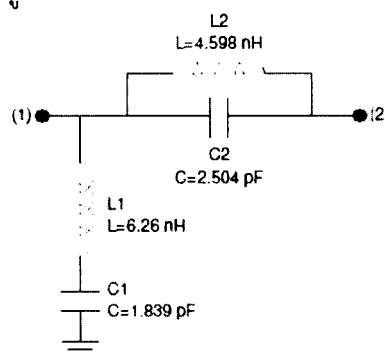
ดังนั้น จึงเกิดแนวความคิดที่จะสร้างวงจรกรองหยุดแถบที่มีขนาดเล็ก เพื่อทำหน้าที่เป็นวงจรกรองความถี่ผ่านแถบสำหรับการใช้งานในโครงข่ายสื่อสารไร้สาย คือ ย่านความถี่ต่ำมีค่าเท่ากับ 800 – 900 MHz และย่านความถี่สูงมีค่าเท่ากับ 2.3 – 2.7 GHz

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

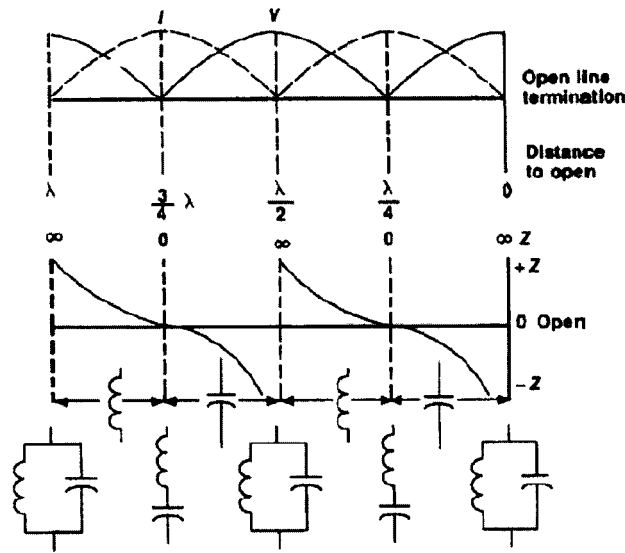
- 2.1 เพื่อสร้างวงจรกรองหยุดแถบขนาดเล็กบนแผ่นวงจรพิมพ์สำหรับการใช้งานในโครงข่ายสื่อสารไร้สาย
- 2.2 เพื่อสร้างวงจรกรองหยุดแถบที่ใช้งานได้ดีในย่านความถี่ที่ต้องการและมีขนาดเล็ก

3. หลักการออกแบบและสร้างวงจรกรองหยุดแถบ

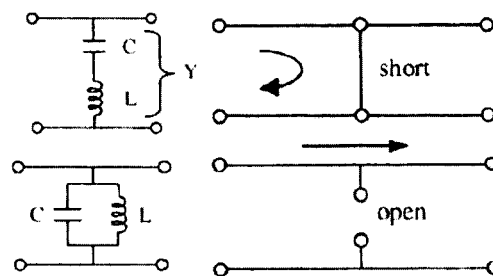
ในการออกแบบวงจรกรองผ่านแถบเพื่อให้ทำงาน 2 ย่านความถี่ที่แยกห่างกันได้นั้น เราสามารถกระทำได้ด้วยการใช้วงจรกรองหยุดแถบ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเราต้องการรับสัญญาณที่ย่านความถี่ 800 MHz ร่วมกับ 2.4 GHz เราสามารถที่จะสร้างวงจรกรองหยุดแถบได้จากการออกแบบวงจรกรองแบบบัตเตอร์เวิร์ทอันดับ 2 ที่ทำจาก Lumped Elements ได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรกรองหยุดแถบที่ทำจาก Lump Elements



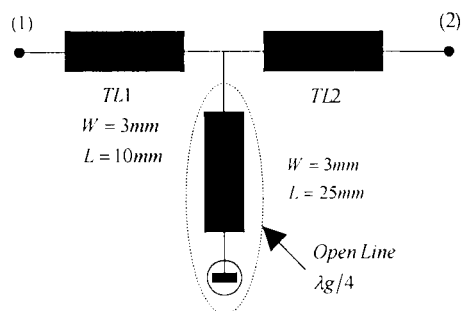
รูปที่ 2 วงจรสมมูลที่ความยาวต่างๆ ในกรณีที่เปิดปลายสาย



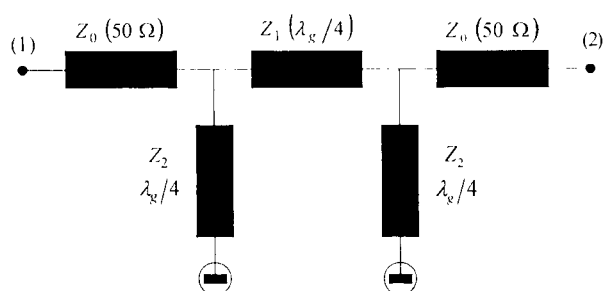
รูปที่ 3 คุณสมบัติการทำงานที่ความถี่เรโซแนนท์ของสาย

ซึ่งในทางปฏิบัติจริงนั้น การสร้างวงจรกรองจาก Lumped Elements ไม่สามารถที่จะกระทำได้จริง เนื่องจากเราไม่สามารถหาค่าอุปกรณ์ดังกล่าวเพื่อใช้งานได้ จึงมีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการสร้างวงจรกรองที่ทำจาก Distributed Elements ที่มีโครงสร้างเป็นแบบสายนำสัญญาณและใช้ทฤษฎีของสายนำสัญญาณในการออกแบบ

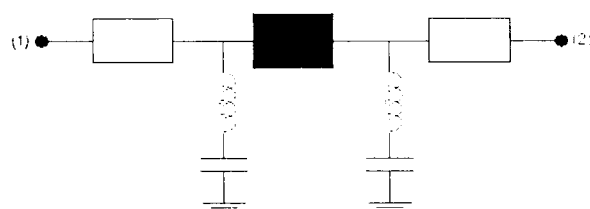
ในทฤษฎีของสายนำสัญญาณ พบว่า ที่ความยาวค่าต่างๆ ของสายนำสัญญาณที่เปิดปลายสาย จะมีวงจรสมมูลเป็นไปตามรูปที่ 2 และที่ความยาวลงตัว $l = n\lambda_g/4$ สายนำสัญญาณจะทำหน้าที่เสมือนเป็น Tank Circuit โดยมีคุณสมบัติการทำงานที่ความถี่เรโซแนนท์เป็นไปตามรูปที่ 3 ดังนั้น หากต้องการที่จะออกแบบวงจรกรองหยุดแถบอย่างง่ายขึ้นมาใช้งานโดยใช้สายนำสัญญาณ เราก็จะได้โครงสร้างเป็นไปตามรูปที่ 4 ซึ่งจากการจำลองระบบ พบว่า ค่า Return Loss (S_{11}) และค่า Insertion Loss (S_{21}) ที่ได้รับแยกว่าวงจรกรองหยุดแถบที่ทำจากแบบ Lumped Elements แต่เป็นโครงสร้างที่ง่ายกว่าและสามารถสร้างใช้งานได้จริงในทางปฏิบัติ ดังนั้น จึงได้ทำการออกแบบและปรับปรุงโครงสร้างใหม่ในรูปที่ 5 เพื่อให้มีผลตอบสนองเชิงความถี่ที่ดีขึ้น โดยมีวงจรสมมูลแสดงในรูปที่ 6 และ 7



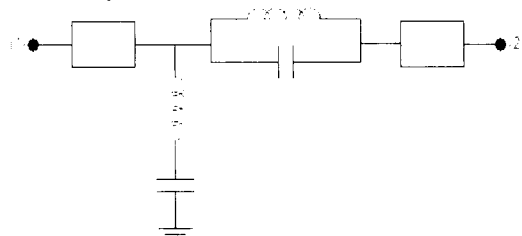
รูปที่ 4 วงจรกรองหยุดแถบที่ทำจากสายนำสัญญาณ



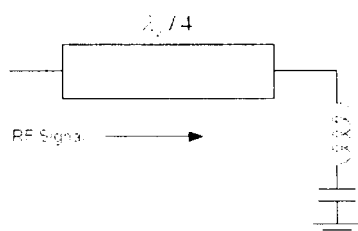
รูปที่ 5 โครงสร้างวงจรกรองหยุดแถบที่นำเสนอ



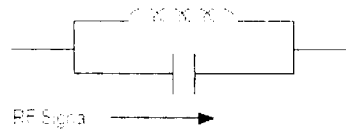
รูปที่ 6 วงจรสมมูลลำดับที่ 1 ของวงจรกรองหยุดแถบที่นำเสนอ



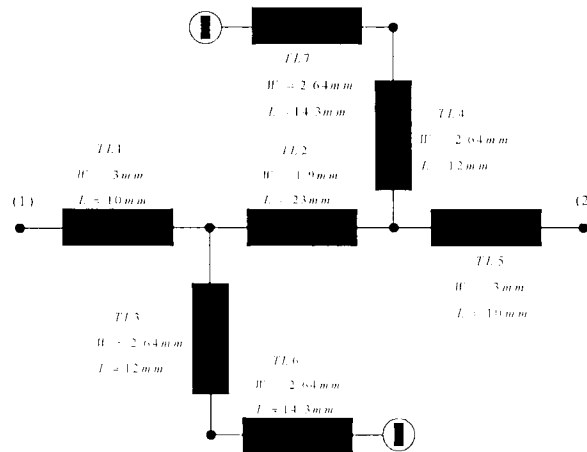
รูปที่ 7 วงจรสมมูลลำดับที่ 2 ของวงจรกรองหยุดแถบที่นำเสนอ



รูปที่ 8 สายนำสัญญาณที่ต่อกับโหลด (LC ที่ต่ออนุกรมกัน)



รูปที่ 9 วงจรสมมูลของสายนำสัญญาณกับ LC อนุกรม (รูปที่ 8)



รูปที่ 10 ขนาดของสายนำสัญญาณที่ใช้จริงในการสร้าง

ในที่นี้ วงจรสมมูลลำดับที่ 1 ถูกมองเป็นวงจรสมมูลลำดับที่ 2 โดยใช้วงจรแปลงแอดมิตแตนซ์ [5] ซึ่งอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อสัญญาณคลื่นวิทยุถูกส่งผ่านสายนำสัญญาณยาว $\lambda_c/4$ ที่ต่ออยู่กับโหลด (LC ต่ออนุกรมกัน) ดังในรูปที่ 8 สัญญาณคลื่นวิทยุดังกล่าวจะมองวงจรในรูปที่ 8 เสมือนเป็นการนำ LC มาต่อขนานกัน ดังในรูปที่ 9 โดย LC ที่ต่อขนานกันนี้จะถูกมองว่าเป็น 1 บล็อกที่นำไปต่อขนานกับ LC ที่ต่ออนุกรมกัน ดังแสดงในรูปที่ 7

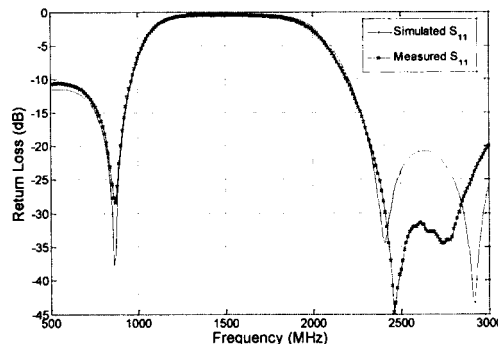
จากการจำลองชิ้นงานในทางเชิงทฤษฎี พบว่า ผลตอบสนองเชิงความถี่ที่ได้รับสอดคล้องเป็นอย่างดีกับวงจรกรองหยุดแถบที่สร้างขึ้นจาก Lump Elements แต่ยังไม่ตรงกับความต้องการมากนัก เนื่องจากต้องการค่า Return Loss ทั้งที่ย่านความถี่ต่ำและที่ย่านความถี่สูงที่ใช้งานมีค่าต่ำกว่า -20 dB จึงได้ทำการปรับความกว้าง (W) และความยาว (L) ของ Open End Line ทั้งสองตัว (TL3 กับ TL4) และตัว J Inverter (TL2) จนกระทั่งได้ความกว้างและความยาวที่เหมาะสมและให้คุณลักษณะเป็นไปตามที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 10

4. ผลการวิจัย

ในการสร้างวงจรกรองหยุดแถบที่นำเสนอนี้ เราจะกำหนดให้ค่าความถี่ศูนย์กลางเพื่อหยุดแถบเท่ากับ 1.65 GHz สำหรับการแยกย่านความถี่ต่ำ 800 – 900 MHz และย่านความถี่สูง 2.3 – 2.7 GHz ออกจากกัน และได้ทำการสร้างวงจรกรองหยุดแถบนี้นบนแผ่นวงจรพิมพ์ FR-4 ที่มีค่าความหนา h เท่ากับ 1.6 mm มีค่าคงตัวไดอิเล็กตริก ϵ_r เท่ากับ 4.3 จะพบว่าที่ค่า $Z_0 = 50\ \Omega$ จะได้ค่าความกว้างของสตริปเท่ากับ 3 mm และหาค่า λ_c ได้จากสมการดังนี้

$$\lambda_c = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{eff}}} = \frac{3 \times 10^8}{1.65 \times 10^9 \times \sqrt{3.31}} = 100\text{ mm} \quad (1)$$

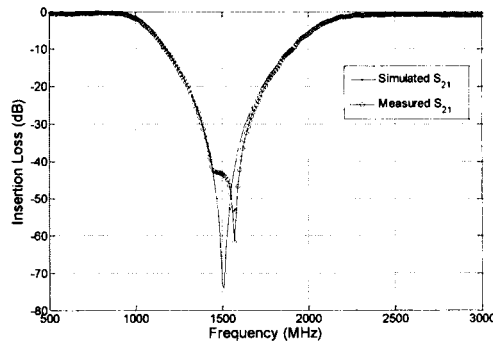
เมื่อ $\lambda_0 = c/f$ คือค่าความยาวคลื่นในอากาศ, λ_x คือค่าความยาวคลื่นในแผ่นวงจรพิมพ์และ ϵ_{eff} คือค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ โดยชิ้นงานที่สร้างเสร็จแล้วดังในรูปที่ 11 จะถูกนำมาทดสอบเพื่อวัดค่าสูญเสียจากการย้อนกลับ (S_{11}) และค่าสูญเสียจากการใส่แทรก (S_{21}) และเปรียบเทียบกับผลที่ได้รับจากการจำลองชิ้นงาน



รูปที่ 12 ค่า Return Loss (S_{11}) ที่ได้จากการจำลองและวัด

ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่า S_{11} (รูปที่ 12) สรุปได้ดังนี้

1. ที่ความถี่ 800 MHz ค่า S_{11} ที่ได้จากการวัดและค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลองมีค่า -17 dB และ -18 dB ตามลำดับ ส่วนที่ความถี่ 900 MHz ค่า S_{11} ที่ได้จากการวัดและค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลองมีค่า -20 dB และ -21 dB ตามลำดับ
2. ค่า S_{11} ที่ได้จากการวัดมีค่าต่ำกว่า -17 dB ตลอดทั้งย่านความถี่ต่ำ 800 - 900 MHz โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ -28 dB ที่ 870 MHz ส่วนค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลองมีค่าต่ำกว่า -18 dB ตลอดทั้งย่านเช่นกัน โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ -37.5 dB ที่ 860 MHz ซึ่งจะเห็นว่า ค่า S_{11} ที่ได้จากการวัดสอดคล้องกับค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลอง
3. ที่ความถี่ 2.3 GHz ค่า S_{11} ที่ได้จากการวัดและค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลองมีค่าใกล้เคียงกัน ประมาณ -17.5 dB ส่วนที่ความถี่ 2.7 GHz ค่า S_{11} ที่ได้จากการวัดมีค่าที่ต่ำกว่าค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลองเท่ากับ -11.5 dB โดยมีค่าเท่ากับ -33 dB และ -21.5 dB ตามลำดับ
4. ทั้งค่า S_{11} ที่ได้จากการวัดและค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลองมีค่าต่ำกว่า -17.5 dB ตลอดทั้งย่านความถี่สูง 2.3 - 2.7 GHz โดยค่า S_{11} ที่ได้จากการวัดมีค่าต่ำสุดประมาณ -45 dB ที่ 2.46 GHz แต่ค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลองมีค่าต่ำสุดประมาณ -34.5 dB ที่ 2.41 GHz
5. โดยส่วนใหญ่ ค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลองจะดีกว่าค่า S_{11} ที่ได้จากการวัดในช่วงย่านความถี่ที่ต่ำกว่า 2.42 GHz ยกเว้นค่า S_{11} ที่ได้จากการวัดจะมีค่าที่ดีกว่าค่า S_{11} ที่ได้จากการจำลอง ตลอดทั้งย่านความถี่ตั้งแต่ 2.42 - 2.7 GHz



รูปที่ 13 ค่า Insertion Loss (S_{21}) ที่ได้จากการจำลองและวัด

ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่า S_{21} (รูปที่ 13) สรุปได้ดังนี้

1. ทั้งย่านความถี่ต่ำและย่านความถี่สูงของการทำงาน ค่า S_{21} ที่ได้จากการจำลองสอดคล้องตามค่า S_{21} ที่ได้จากการวัด
2. ตลอดทั้งย่านความถี่ต่ำ 800 - 900 MHz ค่า S_{21} ที่ได้จากการจำลองมีค่าอยู่ในช่วง -0.22 ไปจนถึง -0.31 dB แต่ค่า S_{21} ที่ได้จากการวัดมีค่าอยู่ในช่วง -0.38 dB ไปจนถึง -0.5 dB
3. ตลอดทั้งย่านความถี่สูง 2.3 - 2.7 GHz ค่า S_{21} ที่ได้จากการจำลองจะมีค่าอยู่ในช่วง -0.55 ไปจนถึง -0.4 dB แต่ค่า S_{21} ที่ได้จากการวัดมีค่าที่ไม่ดีอยู่ในช่วง -1.1 dB ไปจนถึง -0.85 dB

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิจัยนี้นำเสนอวงจรกรองหยุดแถบที่ทำหน้าที่เสมือนเป็นวงจรกรองผ่านแถบแยก 2 ย่านความถี่ออกจากกัน โดยใช้ทฤษฎีสายนำสัญญาณร่วมกับวงจรแปลงแอดมิตแตนซ์ ซึ่งในการออกแบบและสร้างวงจรนี้จะกำหนดค่าความถี่ศูนย์กลางมีค่าเท่ากับ 1.65 GHz เพื่อที่จะแยกย่านความถี่ต่ำ 800 - 900 MHz ออกจากย่านความถี่สูง 2.3 - 2.7 GHz ออกจากกัน ข้อดีที่ได้รับจากการสร้างวงจรกรองหยุดแถบที่นำเสนอขึ้นก็คือ ค่า S_{11} ที่ดีและยอมรับได้ แถบหยุดมีค่าที่กว้าง อีกทั้งมีขนาดที่เล็ก แต่มีข้อเสียก็คือ ค่า S_{21} มีค่าที่สูง ซึ่งควรจะต้องศึกษาและหาวิธีปรับปรุงโครงสร้างเพิ่มเติมเพื่อที่จะทำให้ค่า S_{21} ดีขึ้น (กล่าวคือ ควรมีค่าที่ต่ำกว่า -0.5 dB) และสามารถสรุปผลตามวัตถุประสงค์งานวิจัยได้ดังนี้

- 1) ผู้วิจัยสามารถสร้างวงจรกรองหยุดแถบขนาดเล็กบนแผ่นวงจรพิมพ์ FR-4 และรองรับการใช้งานในย่านความถี่ที่กำหนดได้สำเร็จ
- 2) ผู้วิจัยสร้างวงจรกรองหยุดแถบขนาดเล็กที่ใช้งานได้ดี โดยให้ค่าการสูญเสียจากการย้อนกลับที่ต่ำกว่า -20 dB ในย่านความถี่ที่ต้องการได้สำเร็จ

5.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย

1) จากการออกแบบและสร้างวงจรกรองหยุดแถบขึ้นมาใช้งานจริงแล้ว พบว่า ย่านความถี่ต่ำผ่านที่ออกแบบ 800-900 MHz เป็นย่านความถี่ที่วงจรทำงานและตอบสนองแบบชันมาก ควรจะปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อให้ค่า S_{11} ของย่านความถี่ต่ำผ่านแถบเป็นรูปตัว U เพื่อให้การใช้งานในทางปฏิบัติดียิ่งขึ้น

2) เนื่องจากโครงข่ายสื่อสารไร้สายที่ถูกใช้งานในปัจจุบันและในอนาคตของประเทศไทยยังคงที่จะมีอัตราการเติบโตที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ อีกทั้งแต่ละโครงข่ายสื่อสารไร้สายมีการใช้งานย่านความถี่ที่แตกต่างกัน จึงทำให้ผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งและขอเสนอแนะว่า มีโอกาสที่จะนำหลักการออกแบบและสร้างวงจรกรองหยุดแถบ

ในงานวิจัยฉบับนี้ไปออกแบบและปรับปรุงเพื่อให้ได้โครงสร้างใหม่ที่สามารถรองรับการใช้งาน ณ ย่านความถี่อื่น ๆ ของโทรศัพท์เคลื่อนที่และโครงข่ายสื่อสารไร้สายของประเทศไทยในอนาคตได้ เช่น โครงข่ายบรอดแบนด์ไร้สายความเร็วสูง (WiMAX) ที่ย่านความถี่ 3.3 - 3.7 GHz และ 5.25 – 5.85 GHz นอกเหนือจากย่านความถี่ 2.5 GHz ที่นำเสนอ เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องวงจรกรองหยุดแถบขนาดเล็กสำหรับโครงข่ายสื่อสารไร้สาย สำเร็จได้เนื่องจากบุคคลหลายท่านได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อมูลข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแนะนำ ความคิดเห็น และกำลังใจแก่ผู้วิจัย

ผู้วิจัย ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านของคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ได้ให้คำแนะนำและกำลังใจในการทำงาน และขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 ในการทำวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] C.-Y. Hsu, H.-R. Chuang and C.-Y. Chen. 2009. Compact microstrip UWB dual-band bandpass filter with tunable rejection band. J. of Electromagn. Waves and Appl. pp. 617 – 626.
- [2] K. Kaewkhew, S. Chaimool, and P. Akkaraekthalin. 2008. A dual-band bandpass filter using stepped impedance open loop resonators with loading stubs. EECON-31, 2008, pp. 677 - 680.
- [3] P. Chomtong, S. Chaimool, and P. Akkaraekthalin. 2007. A dual-band bandpass filter using stepped-impedance and load capacitive hairpin resonators for mobile systems. ECTI-CON 2007, May 2007, pp. 397 - II-400.
- [4] T. Majaeng, J. Jantree, and P. Akkaraekthalin. 2006. A reduced-size bandpass filter using microstrip line periodically loaded with unbalanced stepped-impedance hairpin resonators. ITC-CSCC-21, July 2006, pp. II-397 – II-400.
- [5] H.-Y. Anita Yim and K.-K. Michael Cheng. 2005. Novel dual-band planar resonator and admittance inverter for filter design and applications. IEEE MTT-S Int' 2005, June 2005, 4 pages.

วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

มอบเกียรติบัตรฉบับนี้เพื่อแสดงว่า

วรชัย ศรีสมุดคำ

นำเสนอผลงานวิจัย ภาคโปสเตอร์

ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ ๒

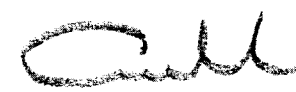
“นวัตกรรมการศึกษาเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน”

ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

ให้ไว้ ณ วันที่ ๑๑ พฤศจิกายน ๒๕๕๙



รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ ดวงเดือน
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ
ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน



อาจารย์พรพิสุทธิ์ มงคลวนิช
อธิการบดีวิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ประธานคณะกรรมการอำนวยการ