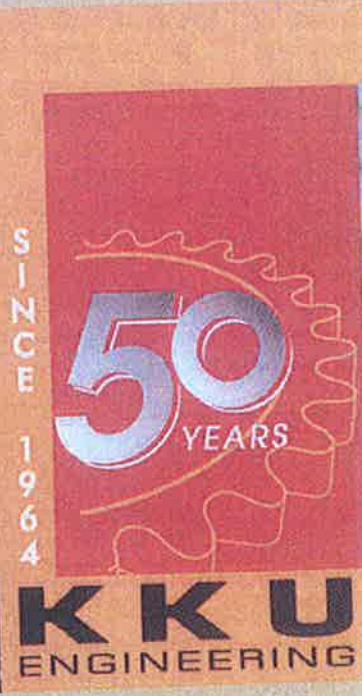


การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 37

The 37th Electrical Engineering Conference (EECON-37)

วันที่ 19-21 พฤษภาคม 2557 ณ โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชา ออดิทูรี่

Vol.2
CM, EL, CT, CP, DS, PH, BE, GN



ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
KHON KAEN UNIVERSITY





กรรมการสภावิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า
ประจำปี พ.ศ. 2557



ศาสตราจารย์ ดร. ประยุทธ อัครเอกพาลิน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศาสตราจารย์ ดร. อภิรักษ์ ศิริธรรธิวัตร
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ศาสตราจารย์ ดร. โกลินทร์ จำนงไชย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร. ขัยฤทธิ์ ฉัตรอุทัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร. อธิคม ฤกษ์บุตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชัย หรรษ์ญาโడม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เดชา วีไลรัตน์
มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พินิจ เทพสาอธิ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์สนธิชัย ชุลิกวิทย์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



คณะกรรมการ
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37



ประธานการจัดงาน

ผศ. ดร. ประมินทร์ อาจกุล

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กรรมการ

ผศ. ดร. ขยาย ชุมพูอินไห
อ. บุญช่วย ทรัพย์มนขัย
ผศ. ดร. ศิริโรจน์ คิริสุประเสริฐ
อ. อนวิชญ์ ชุลิกาวิทย์
ดร. เกียรติศักดิ์ วงศ์โสพนาภุก
ผศ. ดร. สาระ โพธิ์งาม
อ. ดร. ไกรสร ไวยขาววงศ์
อ. ดร. นราธัตน์ เรืองขัยจตุพร
ผศ. ดร. กฤญาณ์ชนม์ ภูมิคิตติพิชญ
อ. ดร. สมมาตร แสงเงิน
ผศ. ดร. ศุภชัย วรรณพิศุทธ
รศ. ดร. เวศิน ปิยรัตน
ผศ. วันชัย จันไกรผล
อ. ดร. สุพรรณ ทิพย์พิพาก
ผศ. ดร. ยงยุทธ นารายณ์
ผศ. ดร. ณัฐกาน พื้นปิติวัน
ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีพิมานวัฒน
อ. ดร. ประสิทธิ์ นครราช
ผศ. ดร. วันชัย ฉิมจว
รศ. บุญเลิศ สื่อเเนย
อ. สุธี รุกขพันธุ
อ. ดร. สารวุฒิ จันท์เขต
อ. ปิยะณัฐ ใจตรง
ผศ. ดร. น้ำ套 รักไทยเจริญชีพ
ผศ. ดร. อัตรักษ์ กาญจนทุย
ผศ. ดร. สุรเชษฐ์ กาณต์ประชา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอุบลฯ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยสยาม
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
มหาวิทยาลัยເອເຊຍາຄເນີ້ນ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยวิจัยลักษณ
มหาวิทยาลัยธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยรังสิต
มหาวิทยาลัยนเรศวร



คณะกรรมการ
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37



อ. มนต์ชล นารวงศ์
อ. ชุติพนธุ์ ยุ่งยาโยม
อ. ณรงค์ นันทกุศล
อ. ดร. วุฒิวัฒน์ คงรัตนประเสริฐ
รศ. ดร. เขวาศักดิ์ รักเป็นไทย

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
มหาวิทยาลัยอีส提วรนเนอเชีย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
มหาวิทยาลัยพะเยา

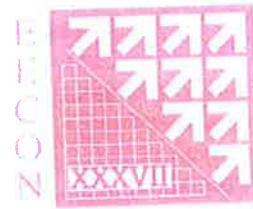
กรรมการสมบูรณ์

ผศ. ดร. วัชร์วัฒน์ จันทร์ศรี
ผศ. ดร. ศิริโรจน์ แก้วแก้ว
รศ. ดร. กานต์ เกิดชื่น
รศ. ดร. กิตติ อัตถอกิจมงคล
อ. ดร. ประสาทโชค ให้ทองคำ[†]
รศ. ดร. สิงห์ทอง พัฒนาเครชฎานนท์
อ. ดร. ทัศนัย ภาครัตน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37



สาขาวิชวกรรมไฟฟ้ากำลัง (PW)

ຜ. គ. សມບູລົນ ແສງວົງສ່ວນນີ້ຢູ່
ຮ. គ. ຕຸດແນ ແສງສູງຣານ
ອ. គ. ເຊືດຫັ້ນ ປະການວັດທະນ
ຜ. គ. ຊື່ຮອຮມ ບຸນຍະກຸລ
ຮ. គ. ອໍານາຈ ສຸຂໍເຮົ້າ
ຜ. គ. ບຸນຍຸງ ປຳລັງກລາງ
ຜ. គ. ສລິລິທີພຍ ສິນຫຼຸສນອີ້ຫາຕີ
ອ. គ. ດາວອີປ ສຸ່ມອົມ
ຮ. គ. ກົດຕີ ພຍະກຸລຄົງ
ຜ. គ. ອາທິຕິຍ ໂສຕຣົງຍາງ
ຜ. គ. ວິຈຸນ ແສງສົນກສຶກັຈ
ຜ. គ. ວັນຫັ້ນ ຄົມຍົງ
ຮ. គ. ບຸນຍຸເລີສ ສື່ອເນຍ
ຜ. គ. ນັ້ງໂຫຼດ ວັກໄທເຈຣີຢູ່ຫຼັກ
ຜ. គ. ນິພັກ໌ ຈັນທຽມມາຫຼົງ
ຜ. គ. ນິຕິຍ ເພີ່ຫາວັກໜ້າ
ຜ. គ. ດາວກ ນ້ຳທອມຈັນທັງ
ຜ. គ. ວິວັດນິນ ທີ່ຫົມຍ
ຮ. គ. ຂໍ້ຍົນຮົງຄ ວິເສຂມສັກດີເວັ້ຍ
ອ. គ. ຈະລັກ້ານີ້ ພາຫະຫາ

มหาลังการณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยสยาม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
มหาวิทยาลัยเชียง霉านเนอร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยเรศวร
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
มหาวิทยาลัยอัสสัมชีนมหาดิษฐ์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
มหาวิทยาลัยพะเยา

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)

ผศ. เจตสกุล ไสภานนิย์
ผศ. ดร. ศิริโรจน์ ศิริสุขประเสริฐ
ผศ. ดร. กฤษnamayi เนลลิมายาน
ผศ. ดร. สาคร โพธิ์งาม
rect ดร. วิญญา ชื่นแขกา
ผศ. ดร. ปานพาทัย บัวศรี
ผศ. ดร. วันชัย ทรัพย์สังข์

มหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ²
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา³



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37



รศ. ดร. ไพบูลย์ นาคมพาณิชย์
รศ. ดร. เวคิน ปียรัตน์
ผศ. วันชัย จันไกรผล
ผศ. ดร. ยงยุทธ นารายณ์
ผศ. อุบุธิศ จริญ
ผศ. ดร. เกษม อุทัยไฟฟ้า
ผศ. ชูเกียรติ พงษ์พานิช
อ. จตุรงค์ จตุรเชษฐ์สกุล
อ. ยุทธนา จงเจริญ
ผศ. ชุติพนธ์ อุ่ยาราม
ผศ. ดร. อุเทน คำน่าน
อ. ดร. สายชล ชุดเจ้อจัน
อ. ดร. ดำรงค์ อุณเดชาพล

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยสยาม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
มหาวิทยาลัยເອົ້າຄະນີ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
มหาวิทยาลัยพะเยา

สาขาวิชวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร (CM)

รศ. ดร. วากิท เบญจพลกุล
ผศ. ดร. วิกลม อีรภาพจนเดช
ผศ. ดร. พินิจ กำหอม
ผศ. ดร. ชาตรี นพัทธนจاتุกัฟฟ
ผศ. ดร. อาทิตย์ แก้วระวงศ
อ. ดร. ไพบูลย์ รักเหลือ
ผศ. ดร. สาวัสดี บุญยะเวศ
รศ. ดร. สมชาย โชคชัยธรรม
อ. ดร. กำพล วรดิษฐ์
รศ. ดร. มัธยัง อยู่ถือนอน
พล.ท. ดร. สมพงษ์ ต้วัสวดี
ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีพิมานวัฒน์
ผศ. ดร. สันต์ชัย รัตนวนิท
ผศ. ณัฐ จันท์ครุบ
อ. ดร. ชัยพร เย่เมะภาตะหันธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยสยาม
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
มหาวิทยาลัยເອົ້າຄະນີ
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37



อ. ดร. ศุภกิจ แก้วดวงตา¹
ผศ. นิพนธ์ ห้างทอง²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สาขาวิชาระบบควบคุมและเครื่องมือวัด (CT)

- | | |
|-------------------------------|--|
| ผศ. ดร. สมชัย รัตตันธรรมพันธ์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ผศ. ดร. ชูเกียรติ การะเกตุ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| รศ. ดร. ภานุมาส คำสัตย์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| ผศ. ดร. กมล จิ่งเรืองรุ่ง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ผศ. ดร. ปัลลังก์ เปี้ยนวนิษฐ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| อ. ดร. สถาพร พพรหมลักษิต | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| ผศ. ดร. อำนวย เรืองวารี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอุบลฯ |
| ผศ. ดร. ธีรยศ เวียงทอง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| ผศ. ศิริพงษ์ ฉายสินธุ์ | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| อ. ดร. สัญญา คุณข้า | มหาวิทยาลัยศรีปทุม |
| ผศ. วิภาวดี นาคทรัพย์ | มหาวิทยาลัยสยาม |
| ผศ. สุกันนท์ ตันวารณรักย์ | มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย |
| รศ. ดร. อิทธิพงศ์ ชัยสาียนท์ | มหาวิทยาลัยເອເຊີຍເຄານຍ |
| ผศ. โภคล นิธิสก้า | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร |
| อ. ดร. สุวิทย์ กิริวิทยา | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| ผศ. ดร. กฤษา ยิ่งยืน | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |
| ผศ. สุกฤษ พลสิงห์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ |

สาขาวิชาระบบควบคุมและเครื่องมือวัด (CT)

- | | |
|----------------------------------|--|
| ผศ. ดร. อุรุณ อุดมสัตต์วงศ์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ผศ. ดร. มัตติ รุจานุรักษ์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ผศ. ดร. วันเจ้าร์ เล่นวารี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| รศ. ดร. สุชันต์ บุ่นงาม | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| ผศ. ดร. อาภาภรณ์ วีระมนูญ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| อ. ดร. อัตตัวรชัย ทุกพิทักษ์สกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอุบลฯ |
| ผศ. ดร. วราชนพ ล้อพิมาย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37



ผศ. ดร. ศุภชัย วรพาณพิพุทธิ์
อ. ดร. กฤตชัย วิถีพานิช
ผศ. ดร. นิมิต บุญกิริมย์
อ. ณธรรม เกิดสำอางค์
ผศ. ดร. ศุภเชษฐ์ อินทร์เนตร
รศ. ดร. เดชา พวงดาวเรือง
ผศ. ดร. ณัฐพงศ์ พันธุ์นະ
อ. ดร. มุติตา สงส์จันท์
รศ. ดร. โภคล โภนาไพรเจน
อ. ดร. สิทธิเดช วชิราครีศิริกุล

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
มหาวิทยาลัยເຊື້ອາຄເນຍ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยนเรศวร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
มหาวิทยาลัยพะเยา

สาขาวิชวกรรมคอมพิวเตอร์ (CP)

ผศ. ดร. วันเฉลิม ปรา¹
รศ. ดร. มงคล รักษาพัชรวงศ์
ผศ. ดร. ณัฐกานต์ จันดาเพ็ชร์
รศ. ดร. สำราญรัตน์ ออมรรักษा
รศ. ดร. วรษา วรવิทย์
อ. ดร. ศรีชัย เตรียมลักษ์
ผศ. ดร. อัชัวร์ ศรีประเมง²
ผศ. ดร. สมภพ รอต้มหวัง³
อ. ดร. วรยาท์ แสงเงิน⁴
ผศ. ดร. ณัฐพร ฤทธิ์นุ่ม⁵
ผศ. น.อ. ไชโย ธรรมรัตน์ ร.น.⁶
ผศ. หง. ลاناอราหอย⁷
อ. ดร. สุรเดช จิตประไพบูลศักดิ์⁸
อ. ดร. ณรงค์เดช วีรติพราวนนท์⁹
อ. ดร. ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล¹⁰
ผศ. ปราโมทย์ อันันต์ราพงษ์¹¹
อ. ดร. พ clue ใจนาสุ¹²

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย¹
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์²
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์³
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี⁴
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ⁵
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี⁶
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร⁷
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ⁸
มหาวิทยาลัยศรีปทุม⁹
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย¹⁰
มหาวิทยาลัยເຊື້ອາຄເນຍ¹¹
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา¹²
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ¹³
มหาวิทยาลัยพะเยา¹⁴



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37



สาขาวิศวกรรมระบบประมวลสัญญาณ (DS)

ผศ. ดร. สุภาวดี อรุณวิทย์

รศ. ดร. ภูมิพงศ์ อารีกุล

รศ. ดร. พrushy พฤกษ์ภัทรานนท์

รศ. ดร. บันทิต พิพาก

ผศ. ดร. วิไลพร แซ่ดี้

รศ. ดร. วิรเดชิธ อิมติวิล

ผศ. ดร. จักรี ศรีวนนท์อุดมทรัพย์

ผศ. ดร. พีระพล ยุวภูษิตานนท์

ผศ. ดร. ปรีชา กอเจริญ

อ. ดร. พัศนัย พลอຍสุวรรณ

อ. ธีรยุทธ จันทร์เจ้าเมือง

ผศ. วรินทร์ วงศ์มณี

ผศ. สมศักดิ์ สิริโภราณานนท์

ผศ. ดร. อัคราพันธ์ วงศ์กั้งแท

รศ. ดร. บางกร หอยนาน

อ. ดร. นพดล มนีเสียงรุ้ง

อ. ดร. ธนาพิทย์ จันทร์คง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอุปถัมภ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

มหาวิทยาลัยสยาม

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

มหาวิทยาลัยເອົ້າຄະນູນ

มหาวิทยาลัยเรศวර

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัญชีตัดย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยพะเยา

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าเชิงบวก (PH)

รศ. ดร. ดวงดี วรสุขพันธ์

อ. ดร. พิสุทธิ์ รหัสศักดิ์

ศ. ดร. ประยุทธ อัครเศรณี

รศ. ดร. นันทกานต์ วงศ์เกี้ยว

อ. ดร. วิสิทธิ์ ล้อธรรมจักร

อ. ดร. สมมติ แสงเงิน

รศ. ดร. วันชัย โพ洁ต์โรจน์

อ. เอกชัย ตีศรี

ผศ. ดร. ธนาท รุ่งศิริอ่อน

รศ. สิริวิช หัดสวน

ผศ. ดร. สุรเชษฐ์ กานต์ประชา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอุปถัมภ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

มหาวิทยาลัยເອົ້າຄະນູນ

มหาวิทยาลัยเรศวර



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37



สาขาวิชการแพทย์ (BE)

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| ผศ. ดร. อากรณี อิรังคลรัศมี | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ผศ. ดร. ศุสิต ตนเพทาย | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| รศ. บุญเสริญ วงศ์กิตติศึกษา | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| ผศ. ดร. บุญยิ่ง เจริญ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| อ. ดร. กิตติวัฒน์ นิมเกิดผล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอุปถัมภ์ |
| รศ. ดร. นงคล อุษധกิจติ | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ. ดร. พิชพันธุ์ เจริญพงษ์ | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| อ. เพชร นันทิวัฒนา | มหาวิทยาลัยศรีปทุม |
| อ. ดร. ศุภฤกษ์ มนิเดพสุทธิ์ | มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย |
| ผศ. ดร. สมเกียรติ เพียงพานทอง | มหาวิทยาลัยเชียง霉崖 |
| ผศ. ดร. วรพล พงษ์พิชร | มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ |

สาขาวิชนาฯ ที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)

- | | |
|----------------------------------|--|
| รศ. ดร. มนาก หรืออุดมศักดิ์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ผศ. ดร. วชิระ คงบูรี | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| ดร. เกียรติศักดิ์ วงศ์สุภาพนากุล | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| ศ. ดร. ไกสินทร์ จำนำไทย | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ศ. ไชยยันต์ สุวรรณชื่นศิริ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| รศ. กิตติพงษ์ ดันมีตร | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| ผศ. ดร. สมชัย หรือญาเรตุน | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอุปถัมภ์ |
| รศ. ดร. สุจันต์ จันทรากษ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| รศ. ณรงค์ นาวนทอง | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ผศ. พันธุ์ เพพสานต์ | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| ผศ. พหลิร์ หริโภวด | มหาวิทยาลัยศรีปทุม |
| ผศ. ไวยพจน์ ศุภบูรณ์เสตี้รา | มหาวิทยาลัยสยาม |
| อ. สุธี จุกพันธุ์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| อ. งานศรี ห่วงอ่ายา | มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย |
| ผศ. วิชัย เชื้อ | มหาวิทยาลัยเชียง霉崖 |
| ผศ. สมเกียรติ ทองแก้ว | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลราชบูรณะ |



คณะกรรมการดำเนินงาน
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 37



ฝ่ายประสานงานผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

รศ. ดร. วีระสิงห์ อัมถรวิล
รศ. ดร. นันทนกานต์ วงศ์เกشم
รศ. ดร. พีระยศ แสนไชยน
รศ. ดร. ราชวัต ศิลาพันธ์
รศ. อำนาจ สุขศรี
รศ. กิตติพงษ์ ดันวิตร
รศ. บุญเจริญ วงศ์กิตติศึกษา
รศ. เวewan เหลาไฟบุญ
ผศ. ดร. อาณุภาพ มีสมบูรณ์
ผศ. ดร. นภัสส์ ไครโรจน์
ผศ. ดร. ปานทัย บัวศรี
ผศ. ดร. อาทิตย์ แก้วราษฎ
ผศ. ดร. บุญยิ่ง เจริญ
ผศ. ดร. บุญเรือง มะรังศรี
ผศ. ดร. นิวัติ วงศ์กิตติศักดิ์พันธ์
ผศ. ดร. สุขात แย้มแม่น
อ. ดร. สถาพร พรพรหมลิขิต
อ. ดร. ภัทร์วิทย์ พลพินิจ
อ. ดร. ชัยภูมิ วรรณะสาร
อ. ดร. สุรภาพ รายนาคร
อ. ดร. มนัสวี แก่นอ่อนพันธ์
อ. วราภรณ์ คัมภีราวดัน
อ. จงกฤษฎี จงอุดมการณ์
นางคำภา วงศ์คำอุด

ประธานฝ่าย

นางสาวจารุณี บุญมา
นางสาวสุนันทา มัครมย
นายธีรเดช อนิวรรธเนช
นายพิพัฒน์ พันธุรัตน์

ฝ่ายพิธีการ

ผศ. ดร. จีรบุรุษ เสรียมศักดิ์
อ. ดร. สถาพร พรพรหมลิขิต
นางบุญส่ง ชุมกรรทร์เจริญ
นางสาวบุญราภรณ์ อินทร์ดาแสง
นางสาวพิพาก ชัยสงค์

ประธานฝ่าย

ฝ่ายสถานที่และสอดทัศนปกรณ์

รศ. อำนาจ สุขศรี
รศ. กิตติพงษ์ ดันวิตร
อ. สถาพร พรนิมิต
นายสมพงษ์ บัวคำภา
นางสาววิริยะพร บุญมา
นางสาวเพ็ชรสวัสดิ์ ใสหา
นางอมรินทร์ แซ่ลี่
นายสัมฤทธิ์ พิพูล
นางบุญส่ง ชุมกรรทร์เจริญ
นายอาทิตย์ นรปติ

ประธานฝ่าย

ฝ่ายจัดเลี้ยง

ผศ. วิชัย ประเสริฐเจริญสุข
รศ. มงคล สีประกอบบุญ
รศ. อำนาจ สุขศรี
ผศ. ดร. กิตติพิชญ์ มีสวاستี
อ. จิรัญ โพธิ์นักข่า
อ. วิชัย เปรมเขยสวัสดิ์
อ. นิยม พินิจการ
นางคำภา วงศ์คำอุด
นางนงเยาว์ ทองเมืองน้อย
นายสัมฤทธิ์ พิพูล
นายสุรัพัน บุญศรี
นายอาทิตย์ บรรพต
นางสุวิมล กล่อมวงศ์

ประธานฝ่าย

การออกแบบวงจรไดร์ฟเล็กๆ เช่นรีวิมี่ย่านหยุดแทนความถี่กว้าง โดยใช้เรโซเนเตอร์ร่วมแบบสองโนด
สำหรับการประยุกต์ใช้งานหลายแทนความถี่

Design of Wide-stopband Microstrip Triplexer Using Common Dual-mode Resonator for Multiband Applications

ก็ต้องดูแลตัวเองให้ดีๆ อย่าลืมว่า “สุขภาพดี คือชีวิตดี” และ “ดูแลสุขภาพด้วยตัวเอง”

๑ นักวิชาชีพและครุศาสตร์สาขาวิชานโยบายฯในไทย บุญเรืองศักดิ์พากโน ไลบรารี มหาวิทยาลัยราชภัฏรังสิต sugchais.t@rmutsv.ac.th

‘ຄອນເຊົ້າໂປ່ງໂລກ’ທີ່ຄອດສໍາທະລະກອບ ມາຫວິທພາລັບຮາຊກູງສັງຄາ

วิทยาลัยฯ

วงจรไตรเพล็กเซอร์เป็นวงจรที่มีความสำคัญในแก้ช่องสัญญาณสำหรับระบบสื่อสารย่านกว้างที่ไม่ในโคลาไฟท์ บทความนี้จะนำเสนอก่อสร้างโดยแบ่งวงจรไตรเพล็กเซอร์ซึ่งใช้ริโซโนเมเตอร์ร่วมแทนของในค่าหัวรับประยุกต์ใช้งานทดสอบความถี่ โดยเริ่มเบื้องต้นนั้น ที่หน้าที่ที่เป็นผู้รับของสัญญาณทั้ง 3 ช่องสัญญาณ ซึ่งเกิดจากกระบวนการรับความถี่ บูรณาการและความถี่ของริโนนิกส์ กากอ้อนแบบบันทึกเสือดิจิต โฆษณาตัวที่นี่ การณ์บูรณาการที่หัวก้านแต่จะมีการใช้แทนช่องความถี่ของริโนนิกส์ที่ดังกัน ได้ยังคงกรองผ่านแทนความถี่เพิ่มความถี่ นั้นเริ่มโฆษณาตัวที่ ก้าวหน้า 3 ตัว ซึ่งใช้คุณสมบัติของริโซโนเมเตอร์แบบบันทึกเสือดิจิตเพื่อยกความถี่ ยก ริโนนิกส์ให้แก้ตัวกัน ผลที่ได้จากการรับน้ำค้างที่สอดคล้องกับหลักที่ได้จากการจำลอง ซึ่งเห็นว่างจริงไตรเพล็กเซอร์นั้นมีค่าบันทึกดูแลความถี่ที่ กว้าง ถึง 14 GHz โดยใช้เกล็ดตอนสนองเท่าน Chelyshev เพื่อประโยชน์ดูแลใช้กับระบบสื่อสารไร้สาย ได้รับการนำเสนอ

ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. ๒๕๓๗ ที่จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย ดำเนินการโดยบุคคลที่มีความรู้ความสามารถ

Abstract

A Triplexer is an important component for channel separation in microwave front-end systems. This paper proposes a triplexers designed with common dual mode resonator sections have been proposed. By exploiting the variable frequency response of the stepped-impedance resonator, resonators can be shared by the three filter channels of the desired triplexer if their fundamental and the first spurious resonant frequency are properly assigned. Triplexer design method for suppressing spurious responses in the stopband by choosing the constitutive resonators with the same fundamental frequency, but staggered higher order resonant frequencies. The design concept is demonstrated by three of third order parallel-coupled bandpass filters. The bandpass filter is composed of three different stepped impedance resonators for which a general design guideline had been provided in order have the same fundamental frequency and different spurious frequencies. The measured results are in good agreement with the simulated predictions, whereby the spurious responses in the upper stopband can be suppressed below -20dB up to 14 GHz, which can be quite useful for multiband and multiservice applications in future wireless communication systems.

Keywords: Triplexer, stepped-impedance resonators, filter

1. ภาษาไทย

ทดสอบที่ค่าเฉลี่วสูง ดูไปรษณีย์ศึกษาที่ต้องสอนองค์ได้หากลายเดนความที่
เก็บ บันทึกษาในระบบสำหรับเก็บข้อมูลที่เป็นอย่างมาก และได้เดินทางย่าง
ราชดำเนินต่อไปในกระบวนการพัฒนาแพลตฟอร์มโดยใช้สำหรับระบบสำหรับ
เช่น งานด้านศึกษา ระบบเครือข่ายและระบบสำหรับอื่นๆ วงจร
มัลติพลีฟิลด์เชิงรุกที่เป็นวงจรหนึ่งที่มีภาระสำคัญในการศึกษา ไร้สายซึ่งทำ
หน้าที่ในการเบรกสัญญาณระหว่างเครื่องสื่อสารและเครื่องรับสัญญาณ โดย
แก้ไขช่องสัญญาณนั้นจะมีความที่ใช้งานนั้นแพลตฟอร์มกันออกไห ใน
ความที่ย่านก่อสร้าง ซึ่งมีน้ำก็ใช้ได้ให้กับความสำคัญสำหรับการพัฒนาวงจร
มัลติพลีฟิลด์ที่ในหลายรูปแบบจนถึงจุดจุดหนึ่ง[1]-[3] อย่างไรก็ตามใน
การพัฒนาวงจรดังกล่าวมีความซับซ้อนของสมควรเรื่องของการใช้
งานนั้นวงจรที่ออกแบบจะต้องสอนองค์ได้หากลายความที่ และมีความ
เหมาะสมหรือสมดุล สำหรับเครื่องขับที่ทำการเขื่อนต่อกันวงจรกรอง
ความที่ทุกช่องสัญญาณ การออกแบบของมัลติพลีฟิลด์เชิงรุกที่มีปัญหาใน
ส่วนของขนาดเพราะโครงสร้างที่ต้องสอนองค์ได้หากลายความที่ และมีความ
ในผู้ซึ่งการจะเป็นปัญหาสำคัญในการประยุกต์ใช้กับระบบสำหรับเก็บข้อมูลที่

สำหรับการออกแบบโครงสร้างเหล็กเชอร์นี้ สามารถออกแบบแบบโดยใช้เรขาคณิตตามหลักการออกแบบของจริงของผู้ผลิต หลักๆ ออกแบบ หาผลลัพธ์ว่าเมื่อการออกแบบแบบวงจรในลักษณะของกรอบของผู้ผลิต แทนความที่นั้น ประดิษฐ์ที่นั่นก็จะถูกต้องเท่านั้น ความสำคัญนี้จะครอบคลุม ประดิษฐ์ที่นั่น ประดิษฐ์ที่นั่น ก็อ กรณีออกแบบที่สามารถลดความคุณค่าลงได้ร่วง ค่าความสูญเสียต่ำ นี่ยังหมายความว่า รวมถึงขนาดของวงจรที่มีขนาดคงที่แล้ว ด้านในเป็นประดิษฐ์ที่นั่นก็จะถูกต้องเพื่อนำมาต่อท่อในวงจร โครงเหล็กเชอร์นี้นั้นนอกจากการออกแบบทาง/mechanical ให้ใช้เรขาคณิตในหลักฐานไปเก็บตัวเก็บไปแล้ว ในกรณีสร้างห้องตึกที่ใหญ่ให้กึ่ดความสมดุลนี้นั่นก็ เป็นประดิษฐ์ที่มองข้ามไม่ได้ซึ่งสามารถออกแบบได้จาก [4]-[8] โดย [4] ใช้ลักษณะการต่อโดยใช้เรขาคณิตร่วม (Common Resonator Triplexer) [5] ใช้ลักษณะการต่อแบบสะท้อน (Star-Junction Topology) [6] ใช้ลักษณะการต่อแบบ T หรืออาจใช้ลักษณะของการแยกที่แข็งในรูปใบหน้า คือ [7]-[8] ที่ใช้กบกบกับลักษณะการต่อแบบวงจรโครงเหล็กเชอร์ในเดียว ไม่ต้องใช้กับลักษณะการต่อแบบวงจรโครงเหล็กเชอร์ในเดียว

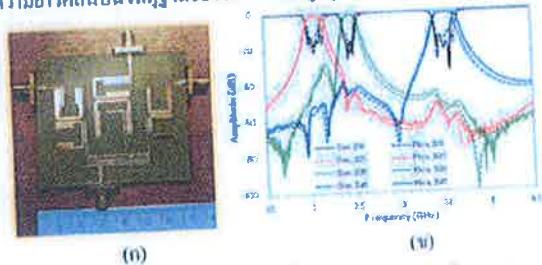
ให้การใช้โปรแกรมเข้าถึง สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การกีฬาได้
และตัวโปรแกรมจะคำนวณค่าของได้เอง

$$M_2 = \frac{f_2^2 - f_1^2}{f_2^2 + f_1^2}, \quad Q_2 = \frac{f_2}{\delta f_{1,2}}, \quad (8)$$

เมื่อ M_1 ถือกำราบไปทึ่งระหว่างการไขข้อความครั้งที่ 1,2 และ $\delta_{\text{รับ}}$ ก็มีผลลัพธ์แบบนี้ก็ว่าด้วยตัวเอง

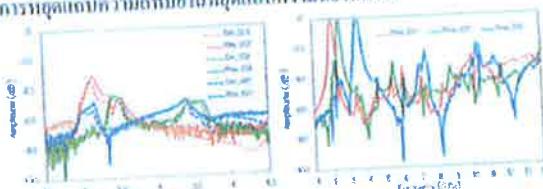
4 ผลการวัดทดสอบชิ้นงาน

เมื่อได้ขนาดและระยะห่างของวงจรตามเดิมจากนั้นทำการสร้างวงจรไฟเรืองรับแผ่นวงจรพิมพ์ได้ตั้งงูปที่ 5(g) โดยงูปที่ 5(g) เป็นวงจรไฟเรืองรับที่มีขนาด $67.95\text{mm} \times 58.87\text{mm}$ ซึ่งมีต่อกวนยาง และความกว้างประมาณ 0.63 mm , แบบ 0.55 mm , ความสูงคัน เมื่อ 2, คือต่อกวนยางด้านบนพื้นฐานของความถี่มุกฐานความถี่ 2.05 GHz



มาที่ 5 (ก) น้ำยาไตรเทอคอลร์ที่ใช้ในงานเย็บรวมพิมพ์ Arlon 5880
(ก) ผลิตภัณฑ์จากยางและวัสดุคงทนพารามิเตอร์กระชับกระดาษ

ผลการวัดคุณภาพของวงจรโลหะหลีดซีอิ๊ว แสดงถ้วนที่ทางนี้ศึกษา กระชับตั้งแต่ชั้นหนึ่งเมื่อเทียบกับผลการต่างๆ ของสมาร์ตโฟนดังนี้ รุ่น iPhone 6S แสดงค่าความสูญเสียของการขับสัมภารัต [dB] ของวงจรทั้งสามแทนค่าเพิ่มต่อไปนี้ -12dB ความสูญเสียของวงจรได้เพิ่มจาก iPhone [iPhone] [iPhone] ในร่วงเดียวกันเพิ่มต่อไปนี้ กำลังไฟ 1W -1.50 dB, -1.80 dB และ -1.50 dB ในรุ่น iPhone 2.05 GHz 2.45 GHz และ 3.50 GHz ค่าคงเดิม ค่าต่ำของวงจรจะดีกว่า iPhone 6S นี้ถ้าความสูญเสียของวงจรได้เพิ่มจาก iPhone 6S [iPhone] [iPhone] มากกว่า 30 dB แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของวงจรที่ต้องใช้ไฟ 6(V) และจะเกิดการวัดค่าความเร็ว โลหะหลีดซีอิ๊วที่น้ำหนักเพิ่มต่อไปนี้ น้ำหนักตัวเริ่มต้นเพิ่มต่อไปนี้ 1 GHz ถึง 14 GHz แสดงให้เห็นว่ามีค่าความสูญเสียของวงจรได้เพิ่มจาก iPhone 6S [iPhone] [iPhone] มากกว่า 20 dB ที่น้ำหนักตัวเริ่มต้น โลหะหลีดซีอิ๊วบนบานานา iPhone ที่มีการตั้งค่าไปถึงหน่วยน้ำหนักที่น้ำหนักตัวเริ่มต้นเพิ่มต่อไปนี้ ผลของสมาร์ตโฟน Chebyshev จะดีกว่า iPhone ของทางนี้ในด้านคุณภาพของวงจรที่ต้องใช้ไฟ 6(V) และจะต้องตั้งค่าเพิ่มต่อไปนี้



รูปที่ 6 (ก) ค่าการนำเมทริกซ์ร่วมพอร์ตส์ พอร์ตดำเนินและ พอร์ตที่
(ข) พลังงาน วัดความไว้ใจเพื่อกำชับร์ยันความถูกต้อง

5. สรุปผลการวิจัย

หากความนี่ได้ไปสนับสนุนการออกกฎหมาย ให้รอหลักเซอร์ที่นี้ยังไม่เข้ามาบุคคลใดๆ ทราบว่าจะใช้กันอย่างไร ไม่เป็นเรื่องของกิจกรรมในกิจกรรมทางไปตามต่อไปนั้นเพื่อ ก่อความเสื่อมเสียในเชิงภาพรวมของการช่องกรองผ่านแผนกวาระที่ทึ่งส่วนงานที่นี่ การตั้งให้ได้รับแบบนานแบบ 3 โถท และจะมีผลตอบสนองแบบ Chebyshev โดยใช้เรื่องไวยากรณ์ร่วมแบบสองใบดังเป็นตัวเรื่องจากพ่อครูก็ต้องนุ่ง เพื่อทดสอบความของวงจร แล้วที่ได้จากการรับค่าที่ก่อให้เกิดลักษณะนี้กับการตั้งค่าของใบ นี่ค่าที่บุคคลความที่ทึ่กัน สามารถนี้รวมอยู่ในเรื่องของกิจกรรมที่จะบุคคลใช้กัน แต่จะต้องรู้ว่าสถาบันนี้อนุญาติในการศึกษาได้ต่อไปในอนาคต

ເມືອງສາງຫ້າງອິນ

- [1] C. W. Tang and S. F. You, "Design methodologies of LTCC bandpass filters, diplexer, and triplexer with transmission zeros," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 54, pp. 717-723, Feb. 2006.

[2] P. H. Deng, M. I. Lai, S. K. Jeng, C. H. Chen, "Design of matching circuits for microstrip triplexers based on stepped-impedance resonators," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 54, no. 12, pp. 4185-4192, Dec. 2006.

[3] J. Y. Wu, K. W. Hsu, Y. H. Tseng, and W. H. Tu, "High-isolation microstrip triplexer using multiple-mode resonators," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 22, no. 4, pp. 173-175, Apr. 2012.

[4] Chi-Feng Chen; Huang, Ting-Yi; Tze-Ming Shon; Wu, Ruey-Beei, "A miniaturized microstrip common resonator triplexer without extra matching network," *Microwave Conference, 2006 APMC 2006 Asia-Pacific* , vol., no., pp.1439,1442, 12-15 Dec. 2006

[5] Ching-Wen Tang, Chien-Tai Tseng, "Design of a packaged microstrip triplexer with star-junction topology," *Microwave Conference (EuMC) 2012 43rd European* , vol. , no. , pp.459,462, Oct. 29 2012-Nov. 1 2012.

[6] Castillo-Aranbar, P.; Rodriguez-Postigo, P.; Garcia-Lamperez, A.; Segovia-Vargas, D., "Compact triplexer with open ring resonators as microstrip trisection bandpass filters for asymmetric response," *Microwave & Optoelectronics Conference (MOC), 2013 SBMO/IEEE MIT-S International* , vol., no., pp.1,5, 4-7 Aug 2013

[7] Chi-Feng Chen, Tze-Min Shon, Huang, Ting-Yi; Wu, Ruey-Beei, "Design of Multimode Not-Type Resonators and Their Applications to Filters and Multiplexers," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol.59, no.4, pp.848,856, April 2011.

[8] Tao Yang, Pei-Ling Chi, Ichii, T., "Compact Quarter-Wave Resonator and Its Applications to Miniaturized Diplexers and Triplexers," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol.59, no.2, pp.260,269, Feb. 2011.

[9] Sugchai, T.; Rattaporn, J.; Sommart, K., "A Design of Wide-Supband Microstrip Diplexers with Multorder Spurious-Mode Suppression Using Stepped-Impedance Resonators," *Engineering and Technology (ISCTET), 2012 Spring Congress on* , vol., no., pp.1,4, 27-30 May 2012

[10] Tarasivitawat, S.; Intarawisit, N.; Jeenawong, R., "Wide-supband, compact microstrip diplexer with common resonator using stepped-impedance resonators," *TENCON Spring Conference, 2013 IEEE* , vol., no., pp.174,177, 17-19 April 2013.

[11] C. F. Chen, T. Y. Huang, and R. B. Wu, "Design of dual- and triple-passband filters using alternately cascade multiband resonators," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 54, no. 9, pp. 3550-3558, Sep. 2006.

[12] J. S. Hong and M. J. Lancaster, *Microstrip Filter for RF/Microwave Application*, New York: Wiley, 2001.