

ดร.สมบูรณ์

ธีรวิสิฐพงศ์

# The 34<sup>th</sup> Electrical Engineering Conference (EECON-34) การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

หนังสือรอมบ์ทุกคัดย่อของบทความที่นำเสนอในการประชุม

ไฟฟ้ากำลัง (PW)

อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)

ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)

ระบบควบคุมและการวัดคุณภาพ (QA)

อิเล็กทรอนิกส์ (ET)

การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (DS)

ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CE)

ไฮบริด (RH)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)

หิ่นอกรรมชีวการแพทย์ (BM)



30 พฤษภาคม - 2 มิถุนายน 2554

ณ โรงแรมแอมباسเดอร์ ชั้ตต์ จอมเทียน พัทยา จังหวัดชลบุรี  
ดำเนินการโดย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

## สารบัญ

CM008 การปรับขยายแบบดิจิตทั้งสายอากาศแบบร่องปีคู่ปุ่มเหลี่ยมที่มีสตับปุ่มส้อมเสียง ด้วยการเช่าร่องปุ่มเหลี่ยมบนระบบสร้างเจา	673
วัชรพล นาคทอง <sup>1</sup> และ อำนาจ เรืองวารี <sup>2</sup>	
<sup>1</sup> มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	
<sup>2</sup> มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
CM009 การออกแบบสายอากาศความถี่กว้างมากที่มีอัตราขยายสูง ระพีพันธ์ แก้วอ่อน <sup>1</sup> นิรุทธ์ พรมบุตร <sup>2</sup> และ ภูมินทร์ กิริราษณิช <sup>2</sup>	677
<sup>1</sup> มหาวิทยาลัยศิลปากร	
<sup>2</sup> มหาวิทยาลัยมหิดล	
CM010 สายอากาศลูปแฟร์กฟรัลสองແນບความถี่ที่มีขนาดเล็ก สำหรับระบบการสื่อสารไร้สายท้องถิ่นความถี่ 2.45/5.2 GHz ฉัตรชัย ใจดี <sup>1</sup> ศราวุฒ ชัยมูล <sup>2</sup> ประยุทธ อัครเดอกพาติน <sup>3</sup> และ เวช วิวิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	681
CM011 สายอากาศໄດ້ໂພດແນບອາເຮັດສ່າງສັງຄູາລໂທຣທັກນໍ່ຢ່ານ UHF พิมพ์สุรีย์ ວຍພຣ ສুรพันນ ພຸກທີ່ໄພນູລົມ <sup>1</sup> ສາຍຝຳ ສວນດຳໄຍ ແລະ ເວັບ ວິວກ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	685
CM012 ผลกระทบของໂຫດປັນເທິບຕ່ອງຄວາມແມ່ນຢ່າງຂອງ การວัดຄ່າສັນປະລິກິດທີ່ກາຮະທັນດ້ວຍເຖິກນິກວັດທັກພອຣັຕ ສະພາບ <sup>1</sup> ສາມວັກ <sup>2</sup> ສາກລ ງຸດຮັດນ <sup>3</sup> ໄພໂຈນ <sup>4</sup> ວຸ່ນຊຸມ <sup>5</sup> ແລະ ມີຕະຮັບ <sup>6</sup> ຈົງເຊີຍວ່ານາງ มหาวิทยาลัยສັງຂລານຄຣິນທີ່	689
CM013 การออกแบบวงจรกรองผ่านແນບຄວາມถี่ด້ວຍສາຍໄນໂຄຮສຕຣິບອິນພືແດນ ແບບຂັ້ນ ຢ່ານຄວາມถี่ 1,800 MHz ອลงกรນ <sup>1</sup> ພຣນກ <sup>2</sup> ອຸໄຣຕັນຈິນດາ ອຣຄນິຕິບ <sup>3</sup> ແລະ ສົມບູຮອຍ <sup>4</sup> ຫຼືວິຕິຫຼຸງພົງຄ <sup>5</sup>	693
<sup>1</sup> มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี	
<sup>2</sup> มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	
CM014 ການປຶກສູງແລກສະບັບແນບງວງຈຽກຮອງຜ່ານແບບທີ່ໃຊ້ຕົວເຊື່ອມຕ່ອນໄນໂຄຮສຕຣິບອິນພືແດນ ກັນຕິພົງຍໍ <sup>1</sup> ຜົກສົກສົກ <sup>2</sup> มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	697

CM03

วันพุธทัศนเดือน 1 ธันวาคม 2554 เวลา 13.00 – 15.00 น.

ท้อง : Sriracha

ประธานกลุ่มย่อย : ดร. อรุณวิทย์ เรืองวรี

CM012 1201 13.00 – 13.20 μ.

ผลการทบทวนของห้องปฏิบัติที่ยืนต่อความแม่นยำของการวัดค่าสารประเพณีที่การสะท้อนด้วยเทคนิควัดคงพอร์ต

CM013 เวลา 13.20 – 13.40 น.

การออกแบบวงจรกรองผ่านแพนความถี่ด้วยสายไมโครสเตริปอินพีแคนช์แบบขั้นย่าง  
ความถี่ 1,800 MHz

อดักรถยนต์ พร้อมที่ จราจรรัตน์จินดา อรรถกนิษฐ์ และ สมบูรณ์ ธีรวิสิริพงษ์

บทความนึกอ่านเมืองการออกบันทุณย์ของกรองผ่านแบบความต้องใช้ภาษาไม่กระศรีบ  
อัมมันเพดานแบบที่บันทุณย์ที่ 1,800 MHz ซึ่งพัฒนาเทคโนโลยีการห้ามและมีร้านวันของ  
วงจรกรอง 2 ตัว เพื่อสามารถก้าวหน้าแบบคิวตี้ของวงจรได้ สำหรับผลการร่างของโดยใช้  
ไปร์เบรน Zeland IE3D ทำการจำลองเพื่อท่าประถีที่รักษา พบว่าการถูกยุบของค่า T11 อยู่ที่  
-24.90dB และค่าถูกยุบของค่า S21 อยู่ที่ -2.75dB และแบบคิวตี้อยู่ที่ 216MHz ซึ่งจากการร่าง  
วงจรรังสรรค์พบว่าได้ผลใกล้เคียงกับผลการจำลอง วงจรของผ่านแบบความต้องใช้ของสามารถ  
นำไปร์เบรนที่บันทุณย์ที่ 1,800 MHz ที่ออกแบบตามแบบที่บันทุณย์ที่ต้องใช้ไปร์เบรน

CM014 เวลา 13.40 – 14.00 น.

ทฤษฎีและการออกแบบของผ่านแยกที่ใช้ตัวเขียนต่อไปนี้ในโครงสร้างป้องกันพัฒนาชั้น

กัมป์พงษ์ ภรีสอดิศย์

บทความนี้นำเสนอถกถวยและภารกิจของนักเรียนชั้น เพื่อปรับปรุงความเร็วไฟฟ้าของไมโครชิปไปให้มีความต่อทันสมัยมากขึ้น สมการที่พัฒนาขึ้นอยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการหาค่าอิมพีเดนซ์คุณลักษณะของหัวชี้วัดนั้นคือที่บ้านเช่น จากการออกแบบและสร้างจริงของ ผู้คนที่ 2 กิกะ赫ซิล์ค บนแพลตฟอร์มพีชี RF-35 ผู้คนที่ศูนย์กลาง 1.99 กิกะ赫ซิล์ค มีการสรุยสูญเสียเบนไปทางกรากันท่ากัน 1.21 ดีซีมิลิแครอนสูญเสียข้อนอกตัวเดียว 13.87 ดีซี มีสัดส่วนแบบหัวคิวท์ประ再多 15.2 เปอร์เซ็นต์ ของจากน้ำ วงจรซึ่งเกิดความต่ำไปกลับลดลงที่กิ๊บชีน ผู้คนที่ 3.85 กิกะ赫ซิล์ค ได้มาถึง 50 ดีซี ผลการเรียนแบบการท่องงานและการวัดชั้นงานจริงสามารถอธิบายถึงสมรรถนะของวงจร ได้เป็นอย่างดี

## มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

CM015 (20) 14.00 - 14.20 μ

การออกแบบของกรองผ่านแยกความถี่ในท่อนำกลิ่นแบบสี่เหลี่ยมสำหรับการถ่ายผ่าน KU Band

ตามศักดิ์ อรรถกิมagaš ศักดิชัย คันดิวิวทัน และ ศรีษฐ์ ขุนศึก

งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์และออกแบบแนวร่องร่องผ่านแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ในท่อป่าน กึ่งสี่เหลี่ยมโดยใช้ช่วงร่องแกนดั้วน้ำที่ทางงานที่ต่อขนาดมี KU-Band สำหรับการใช้ งานความถี่ที่อยู่ระหว่าง 5 Thaicom 5 ในช่วงความถี่ประมาณ 12.2 – 14.5 GHz โดยอิงพื้น ที่ถูกต้องของรายการออกแบบแนวร่องร่องผ่านที่ได้จากด้านบนของแบบจำลองที่ได้ค่าผ่านของกระแส กำลังไฟฟ้าเชบิชีฟ (Chebyshev) รวมกับการวิเคราะห์ช่วงร่องแกนที่ไม่ให้ทรงร่วงแบบดั้วน้ำที่บานกว่า หลังจากนั้นทดสอบการที่ทางงานของช่วงร่องร่องผ่านแบบจำลองที่ต้องออกแบบโดยใช้โปรแกรมจิตรล้อ ซึ่งพัฒนาโดย CST Microwave Studio® ประ โย吻ท์ที่ได้รับของงานวิจัยนี้สามารถให้เป็นวงร ด้านบนที่จะบานกว่าปั๊มน้ำไปใช้ร่องชั้นนอกงานวิจัยที่มีวงร่องขนาดเล็กในภาคตะวันออกเฉียงเหนือภาคกลางศึกษาอย่างลึกซึ้งกว่า

CM016 (20) 14.20 - 14.40 μ

การปรับปรุงวงจรของความต้องการโดยใช้วงจรคัปเปลอร์แบบไม่สมมาตรและอินดักซ์ฟีโนลด์

## ພ້ອງ ເນັດກອຫະວັນ ແລະ ນິກາທູ່ນີ້ ດີເລີມ

บทความนี้นำเสนอของกรองความถี่ผ่านแ波ไดคิทใช้ขั้นต่ำคือไฟเบอร์ห่วงว่างร่องคับเปลอญชันไม่สมมาตร ทำให้เกิดเป็นวงจรของอินเวอร์เตอร์ที่มีของจากระยะห่างระหว่างบานนงของคับเปลอญชันส่งผลให้วงจรกรองความถี่มีค่าความชันบันทึกและมีความถี่ต่ำมากจากการทดสอบพบว่างร่องกรองความถี่ที่ผ่านแ波 2 GHz มีความกว้างแผ่นกว่า 0.46 GHz ที่ 1 dB ซึ่คิดเป็น 23 % ของช่วงความถี่ของค่าการสูญเสียของวงจรส่งผ่านที่สุดเท่ากับ -1.6 dB และกำก้าตัวรับอนุญาตได้ดี nokotan แม้วงจรที่ได้มีขนาดเล็กนี้ของวงจรคับเปลอญชันมีความยาวคงที่ประมาณ 50%

CM017 120114.40 - 15.00 μ.

An Improved Frequency Estimation Method for LTE in Idle Mode

Bakewell, Duthie and

This paper presents a simple solution that can be used to improve the frequency estimation accuracy during the idle mode. The method is derived using nonlinear least square approach which results in a compact closed-form formula. Although the proposed method is derived based on a specific use-case of the LTE idle mode, it can also be used for phase estimation as a general purpose. Simulation results confirm that the performance of the proposed method is better than that of the classical approaches.

# การออกแบบวงจรกรองผ่านแผลบความถี่ด้วยสายไมโครสตริปอินพีเดนซ์แบบขั้น ย่านความถี่ 1,800MHz

## Design of Band-pass Filter by Step Impedance Microstrip Line at 1,800MHz

ผลงานที่ ' ชุรัตน์ชินดา อรรถนิคิ์ ' สมบูรณ์ 'ชีริวัตถุพงศ์'

'สาขาวิชาเทคโนโลยีเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี'

64 ถ.ทหาร ต.หมากแข็ง อ.เมือง จ.อุตรธานี 41000 โทรศัพท์ 042-211040 ต่อ 510

<sup>2</sup>สาขาวิชาคุณศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุดสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ประทุมธานี

E-Mail: promtee@gmail.com, churairatchida@yahoo.com, somboon.email@gmail.com

### บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการออกแบบวงจรกรองผ่านแผลบความถี่โดยใช้สายไมโครสตริปอินพีเดนซ์แบบขั้น ที่ย่านความถี่ 1,800MHz ซึ่งพัฒนาขึ้นมาให้สั้นลงโดยการพับ และมีจำนวนของวงจรกรอง 2 ตัวเพื่อสามารถกำหนดแบบดิจิตอลได้สำหรับผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม Zeland IE3D ทำการจำลองเพื่อหาประสิทธิภาพ พบว่าการสูญเสียของค่า S11 อยู่ที่ -24.90dB และค่า S21 อยู่ที่ -2.75dB และแบนด์วิดธ์อยู่ที่ 216MHz ซึ่งจากการสร้างวงจรจริงพบว่าได้ผลใกล้เคียงกับผลการจำลอง วงจรกรองผ่านแผลบความถี่ดังกล่าวซึ่งสามารถนำไปประยุกต์เพื่อพัฒนาเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการติดตามสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าได้ออกในลำดับต่อไป คำสำคัญ: สายไมโครสตริป, อินพีเดนซ์แบบขั้น, แบบดิจิตอล

### Abstract

This article describes a design of band-pass filter by step impedance microstrip line at 1,800MHz. The filter circuit has been developed to shorten the size of the fold and the number of 2 filters. Filters can be defined as the bandwidth of the circuit. The simulation using the simulator Zeland IE3D for the performance. The loss of the S11 is -24.90dB and the loss of the S21 is -2.75dB and the bandwidth is 216MHz. A circuit that is created found to be close to the simulation results. The band-pass filter can also be applied to develop a field strength meter to the next.

**Keywords:** Microstrip Line , Step Impedance, Bandwidth

### 1. บทนำ

วงจรกรองที่ดีอ้วนที่สุดที่มีขนาดใหญ่และต้องใช้เวลาอย่างมากในการผลิต ด้านการสื่อสารและโทรคมนาคม เนื่องจากงานดังกล่าวใช้ความถี่สูง ยกตัวอย่างเช่นการสื่อสารเกี่ยวกับโทรศัพท์มือถือ ในประเทศไทยนิยมใช้ส่วนใหญ่ส่องย่านความถี่[1] คือ ย่านความถี่ 900MHz และ ย่านความถี่ 1,800MHz เมื่อต้องการใช้งานหรือเคราะห์ที่ย่านความถี่ดังกล่าวก็ต้องใช้วงจรกรองความถี่เพื่อกรองเฉพาะความถี่ที่ต้องการ ซึ่งการออกแบบ

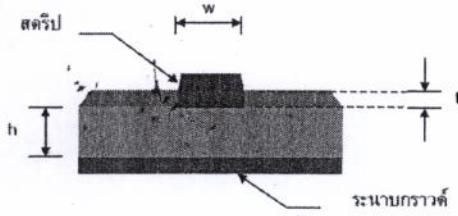
วงจรกรองความถี่ที่มีหลายวิธี[2] เช่น ใช้อุปกรณ์ประเภทพาสซีฟ หรือใช้การกรองความถี่โดยใช้ตันคัลลิ่น หรือ ใช้วงจรกรองแบบสายไมโครสตริป ซึ่งมีข้อดี แล้ว ข้อเสียแตกต่างกันออกไป เช่น การใช้อุปกรณ์แบบพาสซีฟนั้นการหาอุปกรณ์ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ และการบักกอร์ตัวอุปกรณ์ทำให้ต้องซื้ออุปกรณ์นั้นเปลี่ยนไปทำให้แรงดึงความติดพลาดิชูน นอกจากนั้นอุปกรณ์มีขนาดเล็กมากทำให้การสร้างและพัฒนายากยิ่งขึ้น สำหรับการใช้ตันคัลลิ่น(Wave Guide) มาสร้างเป็นตัวกรองความถี่เป็นอย่างที่พบค่อนข้างของตันคัลลิ่นมีขนาดที่ใหญ่ ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานที่ต้องการความละเอียดตัวตั้งแต่แรงดึงหนา แต่จะต้องมีขนาดที่จำากมาก ก เช่น งานรับสัญญาณดาวเทียม เป็นต้น และสำหรับวงจรกรองแบบสายไมโครสตริป เป็นอีกวงจรกรองอีกแบบหนึ่งที่สามารถสร้างจากแผ่นอีพรอยซ์(Epoxy)[3] แบบสองหน้าซึ่งหาได้ไม่ยากนัก และขนาดที่ออกแบบไม่ใหญ่จนเกินไปแต่เป็นอย่างที่การออกแบบมีความซับซ้อนและใช้สมการมาก นอกจากรูปนี้การใช้สายไมโครสตริป ออกแบบวงจรกรอง ยังมีค่าใช้จ่ายที่ถูกอึดกว่า

การออกแบบวงจรกรองแบบสายไมโครสตริป มีหลายแบบ[4] เช่น แบบคัปเปิลไลน์(Couple Line), แบบสเตปอินพีเดนซ์(Step Impedance), แบบอินเดอร์ดิจิตอล(Inter Digital) หรือแบบโคล์มน์(Comb Line), แบบแฮร์พิน(Hair Pin) และแบบวงแหวน(Ring) ซึ่งแต่ละแบบก็จะมีโครงสร้างและลักษณะแตกต่างกันออกไป สำหรับทวามนี้ นำเสนอการออกแบบวงจรกรองผ่านแผลบโดยการใช้สเตปอินพีเดนซ์แบบขั้น(SIR) เนื่องจากโครงสร้างแบบสเตปอินพีเดนซ์แบบขั้นนี้เหมาะสมสำหรับวงจรกรองผ่านแผลบความถี่ที่ช่วงแคบ ๆ [5]-[6] (Narrow Bandpass Filter:NBF) และการปรับแบบดิจิตอลสามารถปรับได้จ่ายโดยการปรับความกว้างของวงจรกรองแต่ละตัวที่วางชิดกัน มีจังหวะที่ได้ใกล้เคียงกันก็คือการพัฒนาเครื่องวัดความเข้มสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า[9] เพื่อใช้สำหรับวัดความถี่ของค่า AIS ย่าน 900MHz ซึ่งการออกแบบในครั้งนี้เป็นการออกแบบความถี่ 1,800MHz เป็นความถี่ของค่าโทรศัพท์ DTAC ซึ่งผู้ใช้จะสนใจที่จะออกแบบวงจรกรอง ของช่วงความถี่นี้ เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเครื่องวัดความเข้มสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าของย่านความถี่ดังกล่าวได้

## 2. สายไมโครสเตรปและการออกแบบวงจรกรองผ่านแอนดอนความถี่

### 2.1 สายไมโครสเตรป

โครงสร้างของสายไมโครสเตรป [7]-[8] แสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วยสายสเตรป (Strip Line) ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นสายนำสัญญาณ มีความกว้างเป็น  $w$  และมีความหนาเป็น  $h$  ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นโลหะส่วนใหญ่เป็นทองแดง มีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและการออกแบบ เช่น เส้นตรงเดียว เส้นตรงคู่ขนาน สี่เหลี่ยม เป็นต้น โดยสเตรปจะอยู่บนชั้นของฐานรองหรือชั้นสเตรท(Substrate) เป็น  $h$  มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริก  $\epsilon_r$  (Relative Dielectric Constant) และมีความหนาเป็น  $h$  สำหรับแผ่นโลหะส่วนใหญ่เป็นทองแดงอยู่ด้านล่างจะทำหน้าที่เป็นระนาบกราวด์ (Ground Plane) ของวงจร



รูปที่ 1 โครงสร้างของสายไมโครสเตรป

จากโครงสร้างดังกล่าวมีตัวแปรที่สำคัญคือค่าอิมพีเดนซ์คุณลักษณะ ( $Z_c$ ), อัตราส่วนความกว้างต่อความสูงของฐานรองหรือชั้นสเตรท  $w/h$  และค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสัมพัทธ์ ( $\epsilon_{re}$ ) สามารถหาได้จากสมการที่ (1) ถึง สมการที่ (6)

$$\text{เมื่อ } w/h \leq 2 \text{ หาได้ดังนี้} \quad \frac{w}{h} = \frac{8e^4}{e^{2A}-2} \quad (1)$$

$$A = \frac{Z_c}{60} \left( \frac{\epsilon_r+1}{2} \right) = \frac{\epsilon_r-1}{\epsilon_r+1} \left( 0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right)$$

เมื่อ  $w/h \geq 2$  หาได้ดังนี้

$$\frac{w}{h} = \frac{2}{\pi} \left\{ (B-1) - \ln(2B-1) + \frac{\epsilon_r-1}{2\epsilon_r} \left[ \ln(B-1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (2)$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_c \sqrt{\epsilon_r}}$$

หาค่าของ  $Z_c$  และค่าของ  $\epsilon_{re}$  หาได้ดังนี้

เมื่อ  $w/h \leq 1$  หาได้ดังนี้

$$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{re}}} \ln \left[ \frac{8h}{w} + 0.25 \frac{w}{h} \right] \quad (3)$$

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left\{ \left[ 1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-0.5} + 0.04 \left[ 1 - \frac{w}{h} \right]^2 \right\} \quad (4)$$

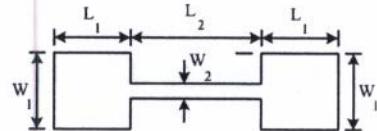
$$\text{เมื่อ } w/h \geq 1 \quad Z_c = \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{re}}} \left\{ \frac{w}{h} + 1.393 + 0.667 \ln \left[ \frac{w}{h} + 1.444 \right] \right\}^{-1} \quad (5)$$

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2} \left[ 1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-0.5} \quad (5)$$

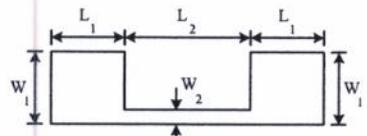
$$\lambda_g = \frac{300}{f(\text{GHz}) \sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (6)$$

### 2.2 การออกแบบวงจรกรองผ่านแอนดอนความถี่สเต็ปอิมพีเดนซ์แบบขั้น

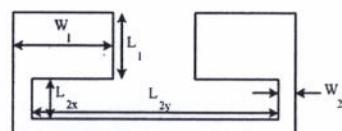
การออกแบบวงจรกรองผ่านแอนดอนความถี่แบบสเต็ปอิมพีเดนซ์แบบขั้นตามโครงสร้างแล้ว ความขาวของสายส่งจะมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับ  $\lambda_g/2$  วงจรกรองแบบอิมพีเดนซ์แบบขั้นมีค่าอิมพีเดนซ์คุณลักษณะไม่เท่ากันทั้งวงจร โดยค่าอิมพีเดนซ์คุณลักษณะจะมีค่าต่ำเมื่อความกว้างของสายนำสัญญาณมีขนาดใหญ่และมีค่าอิมพีเดนซ์คุณลักษณะที่สูงเมื่อความกว้างของสายนำสัญญาณมีขนาดเล็กลงตามคุณสมบัติของสายนำสัญญาณแบบไมโครสเตรป ดังรูปที่ 2 ถึงรูปที่ 4 เมื่อพิจารณาลักษณะโครงสร้างของวงจรกรองแบบอิมพีเดนซ์แบบขั้นจะมีลักษณะโครงสร้างที่สมมาตร ดังนั้นการออกแบบวงจรกรองแบบปลายเปิดความขาวของวงจรกรองจะมีค่าเท่ากันครึ่งความยาวคลื่นหรือ  $\lambda_g/2$  แต่ถ้ายังไร้ค่า วงจรกรองอิมพีเดนซ์แบบขั้นที่นำเสนอนี้จะมีความขาวต่ำกว่าครึ่งความยาวคลื่นเล็กน้อยทั้งนี้เนื่องจากค่าตัวเก็บประจุที่เกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างแขนที่พับเข้ามาทำให้ความขาวลดลง และค่า  $L_2=2L_1$  โดยที่  $L_T=L_1+L_2$



รูปที่ 2 วงจรกรองอิมพีเดนซ์แบบขั้นที่มีสายไมโครสเตรปแบบเดิน



รูปที่ 3 วงจรกรองอิมพีเดนซ์แบบขั้นที่มีสายไมโครสเตรปอยู่ล่าง

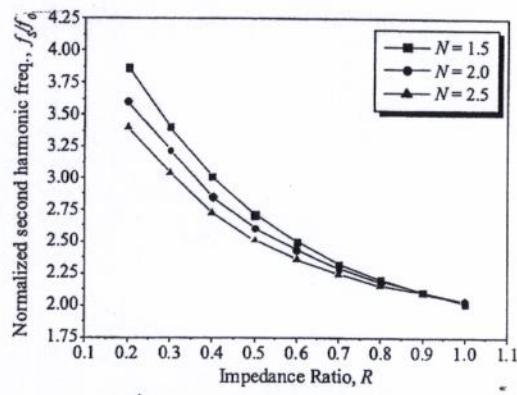


รูปที่ 4 วงจรกรองอิมพีเดนซ์แบบขั้นที่มีสายไมโครสเตรปแบบพับ

ซึ่งได้มาจากการประมาณค่าที่เหมาะสมที่สุดของอัตราส่วน  $N$  และ  $R$  เมื่อ  $N=L_2/L_1$ ,  $R=Z_2/Z_1$  ดังรูปที่ 5

จากรูปที่ 5 ได้เลือกค่าที่เหมาะสมจากค่าอัตราส่วน  $R=0.38$  และค่าอัตราส่วน  $N=1.92$  เป็นผลทำให้วงจรกรองผ่านแอนดอนมีอัตราส่วน  $N$  ไม่เท่ากับ  $R$

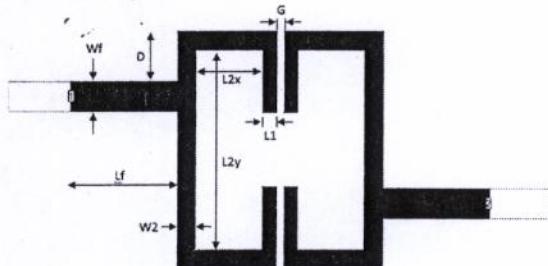
ทันกัน สำหรับความต่างของ G ซึ่งเป็นค่าปรับเบนคิวท์โดยพบว่าด้ามของแคนบีนอยจะทำให้แบบคิวท์แคบลงและด้านซ้ายของแคนบีนมากขึ้น แบบคิวท์จะเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 5 การหาความยาวจากอัตราส่วนของ R และ N

### 3. ผลของการวิจัย

ผลของการวิจัยแบบทั่วไปของกรองผ่านเด่นโดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน IE3D เพื่อหาผลการตอบสนองความตื้น มีรูปร่างวงจรดังรูปที่ 7 จากการคำนวณความยาวและจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม IE3D ของวงจรกรองผ่านเด่นอินพีดานซ์แบบขั้น ที่พับโดยใช้ค่าต่างๆ ดังนี้  $Z_{01}=25 \Omega$ ,  $W_1=7.64$  มม.  $L_1=1.35$  มม. ที่  $Z_{02}=65 \Omega$ ,  $W_2=1.725$  มม.  $L_{2x}=6.275$  มม.  $L_{2y}=18.78$  มม.  $W_F=2.75$  มม.  $L_F=10$  มม.  $G=0.7$  มม.  $D=4.724$  มม. ดังรูปที่ 6

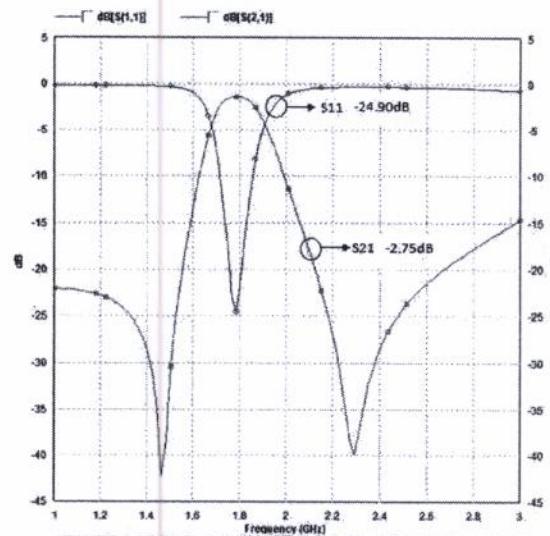


รูปที่ 6 ขนาดของวงจรกรองผ่านเด่นความตื้น 1,800MHz



รูปที่ 7 รูปร่างวงจรกรองแบบเด่นอินพีดานซ์แบบขั้น

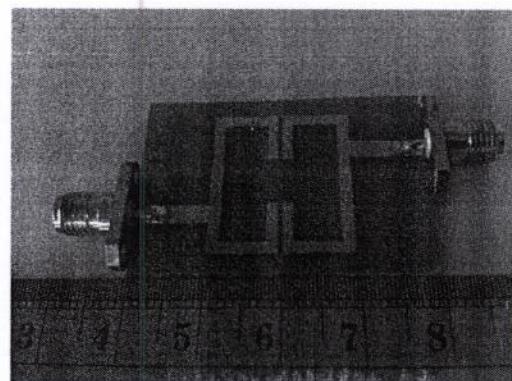
ผลการจำลองวงจรที่ออกแบบโดยใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน Zeland IE3D แสดงความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์กระฉัดกระจาย(Scattering Parameter,S11และS21)ในรูปของเคิบลที่ย่านความตื้น 1,800 MHz แสดงดังรูปที่ 8



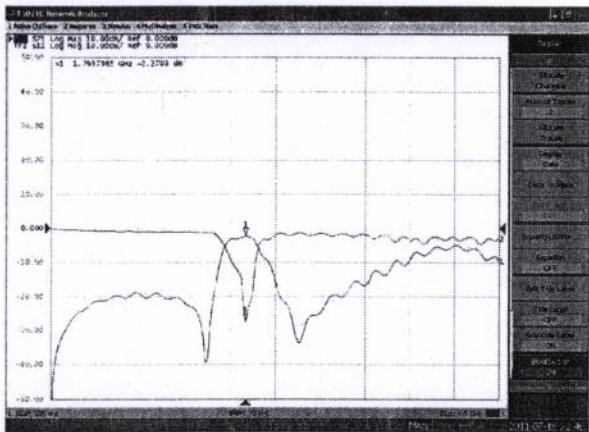
รูปที่ 8 ผลการจำลองด้วยโปรแกรม Zeland IE3D

ผลการจำลองการตอบสนองของวงจรกรองโดยใช้โปรแกรม Zeland IE3D ได้  $f_0 = 1,793\text{MHz}$ ,  $S21 = -2.75\text{dB}$ ,  $S11 = -24.90\text{dB}$  และ 3-dB Bandwidth = 216MHz ( $f_H = 1,901\text{MHz}$ ,  $f_L = 1,685\text{MHz}$ )

จากนั้นทำการออกแบบและสร้างวงจรจริงโดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์ได้ดังรูปที่ 9 ใช้แผ่น FR4 ซึ่งมีความหนา( $h$ ) = 1.5 มม. ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสัมพัทธ์ ( $\epsilon_r$ ) = 4.6 และค่าสูญเสียแทนเนต (loss tangent ( $\tan \delta$ )) = 0.014 จากนั้นทำการวัดด้วยเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Network Analyzer) ยี่ห้อ Agilent รุ่น E5071C และได้รูปสัญญาณจริงแสดงดังรูปที่ 10

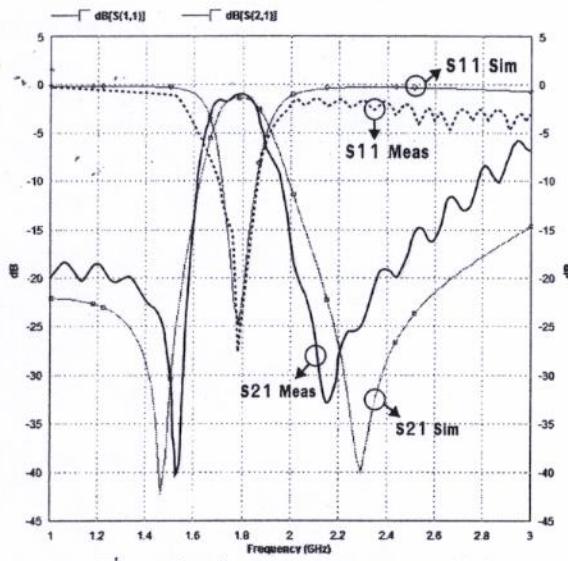


รูปที่ 9 วงจรกรองเด่นอินพีดานซ์แบบขั้น



รูปที่ 10 ผลการวัดของวงจรกรองแต่งผ่านด้วยเครื่องวิเคราะห์  
ข้างในไฟฟ้า(Network Analyzer)

จากรูปที่ 10 ผลการวัดของวงจรกรองได้  $f_0 = 1,795\text{MHz}$ ,  $S21 = -2.27\text{dB}$ ,  $S11 = -27.52\text{dB}$  และ  $3\text{-dB Bandwidth} = 211\text{MHz}$  ( $f_H = 1852\text{MHz}$ ,  $f_L = 1641\text{MHz}$ ) และรูปที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบผลการจำลองด้วยโปรแกรม Zeland IE3D กับการวัดจริงโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ข้างในไฟฟ้า



รูปที่ 11 เมื่อเทียบผลการจำลองและผลการวัดจริง

#### 4.สรุป

วงจรกรองผ่านแต่งความถี่ ย่าน 1,800MHz ซึ่งออกแบบโดยใช้สายไมโครสเตรบิลิ่มพีแคนช์แบบบั้นทุบ ซึ่งใช้เทคนิคการพับเพื่อเป็นการลดขนาดความกว้างของวงจรกรองให้สั้นลง ผลการจำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม Zeland IE3D และการสร้างจริงพบว่ามีความใกล้เคียงกัน คือค่า  $S21$  มีความแตกต่างกันที่  $0.48\text{dB}$  และค่า  $S11$  มีความแตกต่างกันที่

$2.62\text{dB}$  และค่าแบบคิวบิกมีความแตกต่างกันที่  $5\text{MHz}$  และสามารถเป็นแนวทางเพื่อประยุกต์ใช้งานสำหรับงานด้านวงจรกรองความถี่สูงได้ในลำดับต่อไป

#### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์อภิเดช ศรีธัง ที่ให้อนุญาติให้เครื่องวิเคราะห์ข้างในไฟฟ้า(Network Analyzer) และผู้พิจารณาบทความ (Reviewers) ทุกท่าน

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] มนตรี มากสิริกุล, วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์, “การพัฒนาเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายสู่ยุคที่ 3” สาขาวเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยสยาม, 2548.
- [2] G.L. Matthaei, L. Young, and E.M. T. Jones, “Microstrip filter impedance-matching network and coupling structures,” McGraw Hill, 1964.
- [3] สมศักดิ์ อรรถทิมาภูต, “การวิเคราะห์และออกแบบวงจรไมโครเวฟ” กรุงเทพ, 2551.
- [4] J. S. Hong and M. J. Lancaster, Microstrip filters for RF/microwave applications, John Wiley & Sons Inc., 2001.
- [5] Somboon Theerawistpong, “Design of Microstrip Bandpass Filters Using SIRs with Even-Mode Harmonics Suppression for Cellular Systems”, Journal IEICE Trans. Electron., Vol. E93., 2010.
- [6] T. Lopetegi, M. A. G. Laso, et al., “New Microstrip “Wiggly-line” Filters with Spurious Passband Suppression,” IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol.49, pp.1593-1598, Sept. 2001.
- [7] M. Mokhtari, J. Bornemann and S. Amari, “Folded Compact Ultra Wideband Stepped-Impedance Resonator Filters,” IEEE/MYY-S International Microwave Symposium 2007, pp. 747-750, June 2007.
- [8] D.M. Pozar, “Microwave engineering,” New York: Addison Wesley, 1990.
- [9] อลงกรณ์ พรมที่, จุไรรัตน์นิจนา อรรถนิตย์, สมบูรณ์ ชีริสวิฐพงษ์, สมศักดิ์ อรรถทิมาภูต “การออกแบบวงจรกรองผ่านแต่งด้วยสายไมโครสเตรบิลิ่มพีแคนช์แบบบั้นทุบ สำหรับประยุกต์ใช้กับความถี่สูง 900MHz” การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม: กรุงเทพ, 2554.



## สารจากอธิการบดี มหาวิทยาลัยสยาม

ในนามของมหาวิทยาลัยสยาม ผู้รักศึกษาและเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่มหาวิทยาลัยได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพดำเนินงานจัดการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34 ในครั้งนี้ ซึ่งจัดให้มีขึ้นระหว่างวันที่ 30 พฤศจิกายน - 2 ธันวาคม 2554 ณ โรงแรมแอมนาสชาเดอร์ ชิดี ขอบอกเทียน หทัย ชลบุรี

เพื่อให้ผู้เข้าร่วมประชุมได้รับประโยชน์จากการเพิ่มเติม nokเนื้อจากประโยชน์ที่ได้รับจากกับทควั่มวิจัยที่นำมาเสนอ ทางมหาวิทยาลัยจึงได้เชิญ Prof. Dr. Hironori Kasahara จากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็น Board of Governors ของ IEEE Computer Society มาร่วมเป็น Guest Speaker ในพิธีเปิดการประชุมครั้งนี้ด้วย โดย Prof. Hironori จะนำเสนอผลงานวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เข้าร่วมประชุม ในหัวข้อ "Multicore / Manycore Architectures and Software for Green Computing"

มหาวิทยาลัยสยาม ในฐานะเจ้าภาพดำเนินงานจัดการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34 ต้องขออนุญาตผู้ทรงคุณวุฒิจากสถาบันต่างๆ ทั่วประเทศ ที่เข้าร่วมประชุมกำหนดแผนงานสำหรับการจัดการประชุม ณ มหาวิทยาลัยสยาม รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิจากสถาบันต่างๆ ทั่วประเทศเช่นกัน ที่ร่วมกันพิจารณาคัดเลือกบทความที่มีคุณภาพให้ได้จัดพิมพ์เผยแพร่ในเอกสารการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34 ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์และให้ความรู้ต่อกณาจารย์และนักวิจัย สำหรับนำไปใช้พัฒนางานวิจัยของตนเองให้มีความก้าวหน้าและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล ต่อไป

นาย มนต์รักษ์

ดร. พrushay Mangklanich  
อธิการบดีมหาวิทยาลัยสยาม



## คณะกรรมการ

### การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

#### ประธาน

พล. ท. ดร. สมพงษ์ ตุ้มสวัสดิ์

มหาวิทยาลัยสยาม

#### กรรมการสามัญ

ผศ. ดร. ชาญ ชุมพูนิไหว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อ. บุญช่วย ทรัพย์มนชัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผศ. ดร. ศิริโรจน์ ศิริสุขประเสริฐ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อ. ยศนัย ศรีอุทัยศิริวงศ์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อ. ปราโมทย์ จุฑาพร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผศ. ดร. ศุภกิตต์ โชคดีโก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ดร. ศราวุฒิ ชัยมูล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ดร. กิตติพงษ์ มีสวัสดิ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผศ. ศิริชัย แดงเง่อน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ผศ. ดร. ธีรยศ เวียงทอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ดร. พระพีพัฒน์ กาสนบุตร

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รศ. ดร. เวคิน ปียรัตน์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อ. วันชัย จันไกรผล

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ผศ. ดร. ชัชวาลย์ เยรบุตร

มหาวิทยาลัยมหิดล

ดร. ชนพัฒน์ สิงหิธรรมวงศ์

มหาวิทยาลัยสยาม

ผศ. ดร. พญกพา นิมปิตวน

มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีพิมานวัฒน์

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

ดร. สุชนิ ไตรรงค์จิตเหมาะ

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ผศ. ดร. วันชัย ฉิมสวี

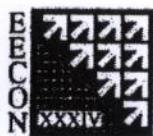
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

รศ. บุญเดช สื้อเฉย

มหาวิทยาลัยเอเชียคานเนอร์

อ. สุธี รุกขพันธุ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



คณะกรรมการ

## การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

ดร. สราเวช จันทเขต  
อ. สมเกียรติ คงชนะดี  
รศ. ดร. รัชชัย แสงอุดม  
ดร. แคมเบลล์ ศุภารณศรี  
รศ. ปุณยวีร์ งามเจริญกุล  
อ. ชุติพนธ์ อุ่ย้ายโสม

มหาวิทยาลัยวสิลักษณ์  
มหาวิทยาลัยชนบุรี  
มหาวิทยาลัยรังสิต  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์  
มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นแอเชีย

### กรรมการสนับสนุน

ดร. นัฐไชย รักไก่ไทยเจริญชีพ  
ดร. ภัคવัฒน์ จันทร์ตรี  
อ. ณรงค์ นันทกุล  
ผศ. ดร. ศิริโรมน์ เกตุแก้ว  
อ. วิชาญ ศรีสุวรรณ  
ผศ. ดร. ธรรม เกิดชื่น  
ดร. ฤทธิวัฒน์ คงรัตนประเสริฐ  
อ. อิงรักษ์ อรรถเวชกุล  
ดร. ระวี พرحمหลวงศรี  
ผศ. ดร. เชวศักดิ์ รักเป็นไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา  
มหาวิทยาลัยรามคำแหง  
มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดธานี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดธานี  
มหาวิทยาลัยพะเยา

### เลขานุการ

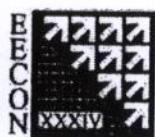
ดร. ยงยุทธ นารายณ์

มหาวิทยาลัยสยาม

### ผู้ช่วยเลขานุการ

ผศ. วิภาวดี นาคทรัพย์

มหาวิทยาลัยสยาม



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง

PW รศ. ดร. ชัยวุฒิ พัตรอุทัย  
PE รศ. ดร. วิจิตร กิมาร์  
CM รศ. ดร. กอบชัย เดชาหาญ  
CT รศ. ดร. วันชัย รีวุฒิ  
EL ผศ. ดร. ยุทธนา กิตใจเดียว  
DS รศ. ดร. สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์  
CP ผศ. ดร. สุรินทร์ กิตติธรกุล  
PH รศ. ดร. สุริกษ์ สมควรพาณิชย์  
GN ผศ. ดร. อనุวัฒน์ งานวนิชเลิศ

ผู้พ่วงกรณีมหาวิทยาลัย

PW อ. ไชยะ แฉ่งช้อย  
PE รศ. ดร. ยุทธนา ฤกุลวิจิต  
CM รศ. ดร. วาทิด เบญจพลกุล  
CT ผศ. ดร. สุชนิ ธรรมสวัสดิวงศ์  
EL รศ. ดร. สมชัย รัตนธรรมพันธ์  
DS รศ. ดร. สมชาย จิตะพันธ์กุล  
CP รศ. ดร. เอกชัย สีลารักษ์  
PH ผศ. ดร. คงฤทธิ์ วรสุชีพ  
GN รศ. ดร. นานะ ศรียุทธศักดิ์  
BE ผศ. ดร. อาจารย์ ธีร์มงคลรัตน์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

PW รศ. ดร. ฤทธิ์ แสงสุวรรณ  
PE ผศ. ดร. ศิริโจน์ ศิริสุขประเสริฐ  
CM ผศ. ดร. ศรีจิตรา เจริญลาภนพรัตน์  
CT ผศ. ดร. พีระยศ แสนโภชน์  
EL ผศ. ดร. ชูเกียรติ การะเกดุ  
DS รศ. ดร. วุฒิพงศ์ อารีกุล  
CP รศ. ดร. มงคล รักษาพัชรวงศ์  
PH ดร. พิสุทธิ์ รพีศักดิ์  
GN ผศ. ดร. วชิระ จงบุรี  
BE ผศ. ดร. คุณิต ชนาเพทาย

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

PW ผศ. ดร. สมบูรณ์ บุชประยูร  
PE รศ. ดร. สุทธิชัย เปรมฤดิษฐ์ชาญ  
CM ผศ. ธรรมดล โภณลักษ์  
CT อ. จิรศักดิ์ วิลาสเดชานันท์  
EL ผศ. ดร. นิภาณ์ ศิริพลด  
DS ผศ. ดร. เสริมศักดิ์ เอื้อครองจิตต์  
CP ผศ. กสิน ประกอบไวยกิจ  
PH ผศ. พันธ์ชาดา นรากร  
GN รศ. ดร. เอกชัย แสงอินทร์  
BE รศ. ดร. นิพนธ์ ธีระอำนาจ



E  
E  
C  
O  
N

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

- PW ผศ. สุนทร ปิยรัตนวงศ์
- PE ผศ. ดร. ฤกษ์มาลัย เนติมยานนท์
- CM ผศ. ดร. กิตติพัฒน์ ตันตระรุ่งโรจน์
- CT ผศ. อనุวัตร ประเสริฐสิทธิ์
- EL ผศ. ดร. ภาณุมาส คำสัตย์
- DS รศ. ดร. ชูศักดิ์ ลิ่มสกุล
- CP รศ. ดร. เกริกชัย ทองหนู
- GN ผศ. ดร. พrushay พฤกษ์ภัทรานนท์
- BE ผศ. คณิต แซ่ญพัฒนาวนนท์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนครเหนือ

- PW ผศ. ดร. ธีธารณ บุณยะกุล
- PE รศ. ดร. วิญญา ชื่นแขก
- CM รศ. ดร. ประยุทธ อัครເອກພາລິນ
- CT ผศ. ดร. บักลังก์ เนียมນณี
- EL รศ. ดร. ณัชล ไชยรัตนะ
- DS รศ. ไชยันต์ สุวรรณชีวงศิริ
- CP ผศ. ดร. มารอง ผลุงสิทธิ์
- PH รศ. ดร. ประยุทธ อัครເອກພາລິນ
- GN ดร. พิสิทธิ์ ลิ่วนกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

- PW ดร. เชิดชัย ประภาณวัฒน์
- PE ผศ. อุดมศักดิ์ ชั่งยืน
- CM ผศ. ดร. พินิจ กำஹມ
- CT รศ. ดร. เอก ไชยสวัสดิ์
- EL รศ. บุญรักย์ จิปีกพ
- DS ผศ. ดร. บัญฑิต ทิพากร
- CP รศ. ดร. สำรางรัตน์ อมรรักษยา
- GN รศ. ดร. โภสินทร์ จำนำงไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

- PW อ. พินิจ จิตธิง
- PE ดร. วันชัย ทรัพย์สิงห์
- CM ผศ. จินตนา นาคะสุวรรณ
- CT ดร. ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์สกุล
- EL ดร. อำนาจ เรืองวารี
- DS ดร. จักรี ศรีนนท์ฉัตร
- CP ดร. กิตติวัฒน์ นิ่มเกิดผล
- PH อ. วีโรจน์ พิราจเนนชัย
- GN ผศ. ดร. สมชัย หริัญญาคม

มหาวิทยาลัยอนแก่น

- PW รศ. กิตติพงษ์ ตันมิตร
- CM รศ. ดร. วิระสิทธิ์ อิ่มถวิล
- EL ผศ. ดร. จีรนุช เส่งยิมศักดิ์
- PH ผศ. ดร. นันทกานต์ วงศ์เกยม



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

PW ผศ. ดร. สลิดพิพิธ์ สินธุสนธิชาติ  
CM ดร. สาวัสดี บุญยะเวศ  
CT ดร. พิพิธ์ แม่นเมฆ  
EL ผศ. ดร. ธีรยศ เวียงทอง  
DS รศ. ดร. พีระพล ขุวภัยด้านนท์  
CP ผศ. ดร. ธันวา ศรีประโนง  
PH รศ. ดร. อธิกม ฤกษ์บุตร  
GN รศ. ดร. สุเจตน์ จันทร์ยงยุทธ์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

PW รศ. ดร. พิชัย อารีย์  
PE รศ. ดร. ไพบูลย์ นาคมหาชลาสินธ์  
CM ดร. ตามพัฒน์ บุญยะเวศ  
CT ผศ. ดร. ศุภชัย วรพจน์พิสุทธิ์  
PH รศ. ดร. วันชัย โพธิ์โรจน์  
GN รศ. ณรงค์ บวนทอง  
BE ผศ. ดร. นภาคด อุชายกิชาติ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

PW ดร. ธนาธิป สุ่มอ่อน  
PE รศ. ดร. เวศิน ปิยรัตน์  
CM รศ. วรชน อาษาทัช  
CT ผศ. พนิช เทพสาร  
EL ผศ. ศิริพงษ์ ฉายสินธ์  
DS ผศ. ชัยณรงค์ กล้ายมณี  
CP ผศ. วชรชัย วิริยะสุทธิวงศ์

PH ดร. นำคุณ ศรีสนิท

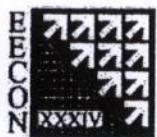
GN ดร. วงศ์วิทย์ เสนะวงศ์  
BE ดร. สมกพ รอดอัมพร

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

PW รศ. ดร. กีรติ ชัยฤกษ์คีรี  
PE อ. วันชัย จันไกรผล  
CM รศ. ดร. ณรงค์ อยู่ดอนอม  
CT ผศ. ดร. เริงฤทธิ ชูเมือง  
EL ดร. สัญญา คุณขาว  
DS ผศ. ดร. ปรีชา กอเจริญ  
CP ดร. นิมิต บุญกิริมย์  
PH อ. เอกชัย คีศรี  
GN ผศ. พศิว์ ศรีโภมด  
BE อ. เพชร นันทิวัฒนา

มหาวิทยาลัยหิ惦

PW ดร. ธรรมราถทัช สิงหวิลัย  
PE ผศ. ดร. ชัชวาลย์ เยรบุตร  
CM ดร. ธัชชะ จุลชาต  
CT รศ. ดร. ฉัตรชัย เนตรพิศาลวนิช  
EL ผศ. เดชา วีไลรัตน์  
DS ดร. พรชัย ชันยาก  
CP อ. วรวิทย์ อิศรางกูร ณ อยุธยา  
GN ผศ. ดร. ภูมินท์ กิริราวนิช  
BE ผศ. ดร. เชง เลิศมนโนรัตน์



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

มหาวิทยาลัยสยาม

PW ผศ. ดร. อัทธิ์ ไสตรโภน  
PE ดร. ยงยุทธ นารายณ์  
CM พล.ท. ดร. สมพงษ์ ตุ้มสวัสดิ์  
EL ผศ. วิภาวดี นาคทรัพย์  
CP รศ. ดร. วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์  
GN ผศ. ไวยพันธ์ ศุภวนรสเดียร์

มหาวิทยาลัยกรุงเทพฯ

PW ดร. ณัฐกพ นิมปิติวน  
CM ผศ. สงกรานต์ กันวงศ์  
CT อ. อัครพงศ์ เอกศิริ  
EL อ. สมศักดิ์ อภิรักษ์สมบัติ  
DS ผศ. ธนศักดิ์ พันธ์ประสิทธิ์  
CP ดร. ลออ บุญเกย์  
PH รศ. ดร. ทิพรัตน์ วงศ์เจริญ  
GN อ. กัญจนา พัฒนวรพันธุ์  
BE ผศ. ดร. สุพจน์ สุขโพธารามณ์

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์  
แห่งชาติ (NECTEC)

PW ดร. ศิริยา สถาธนารัตน์  
PE ดร. กนกเวทย์ ตั้งพิมลรัตน์  
CM ดร. ลออ โค瓦วิสารัช  
CT ดร. ราชพร เจียบประสิทธิ์  
EL ดร. อัมพร โพธิ์ไย  
DS ดร. เสาวภาคย์ คงวิจิตรมงคล

CP ดร. ศุภกร สิทธิไชย

PH ดร. ศรัณย์ สามฤทธิ์เดชชาร

GN ดร. กมล เขมรังสี

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

PW ดร. คณสันต์ ดาวรุจัน  
PE รศ. ทวีกุณ สรวรค์ตรา农นท์  
CM ดร. วรการ วงศ์สายเชื้อ<sup>1</sup>  
CT ผศ. ดร. มงคล ปุญยตานนท์  
EL ดร. ชนิษฐา แก้วแดง  
DS ดร. ประถิท นครราช  
CP รศ. อุทัย สุขสิงห์  
PH อ. นักรuby จินาพร  
GN ดร. สุชนิ ไตรรงค์จิตเหมาะ  
BE ดร. ศุภฤกษ์ จันทร์จรัสจิตต์

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

PW ผศ. ดร. วันชัย ฉินฉวี  
PE ผศ. ดร. เกย์ม อุทัยไไฟฟ้า  
CM ผศ. ดร. สันต์ชัย รัตนนนท์  
CT ผศ. ดร. ศุภเชษฐ์ อินทร์เนตร  
EL ผศ. สุกนันท์ ตันวรรณรักษ์  
DS ผศ. วรวิทย์ วงศ์มณี  
CP ผศ. อมร ตันวรรณรักษ์  
PH อ. ณัฐพร อุทิชนุ่ม  
GN ดร. ฐานัท รุ่งศิริธนะ  
BE ดร. ศุภฤกษ์ มนิคพรสุทธิ์



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

มหาวิทยาลัยເຊີຍອາກເນົ້ຍ

PW รศ. บุญเลิศ สื่อเนย  
PE ผศ. สิริวิช หัดสวน  
CM ผศ. ณัฐ จันท์ครบ  
CT ผศ. ดร. เดชา พวงศาวเรือง  
EL รศ. ดร. อิทธิพงศ์ ชัยสาียนต์  
DS ผศ. สมศักดิ์ สิริโปราพาณนท์  
CP ผศ. นอ. ไชโย ธรรมรัตน์ วน.  
PH ผศ. ชูเกียรติ, พงษ์พาณิช  
GN ผศ. วิชัย แซ่ดี

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

PW ผศ. วิญญา แสงวงศินกสิกิจ  
PE ผศ. อనุชิต เจริญ  
CT อ. ณัธรรม เกิดสำอางค์  
EL อ. บัญชา บูรพัฒนาศิริ  
DS อ. ธีรยุทธ จันทร์เจ่น  
GN อ. สุรี รุกขพันธุ์

มหาวิทยาลัยลักษณ์

CM ดร. อาจลิชญ์ ฉันท์ไวโรจน์  
CT ดร. สราเวช จันท์เขต  
EL ผศ. วิจิตร เพ็ชรกิจ  
CP อ. ชิระวัฒน์ วัฒนาพาณิช

มหาวิทยาลัยธนบุรี

PW อ. ประดิษฐ์พงศ์ สุขศิริดาวฤกษ์  
PE อ. จิรศักดิ์ ส่งบุญแก้ว  
DS อ. ปิยะณัฐ ใจตรง  
PH รศ. ยืน ประะคน  
GN อ. สมเกียรติ คงกะชาติ

มหาวิทยาลัยรังสิต

PW ดร. รัชชัย ฤพพนา  
PE อ. กิตติศักดิ์ ไตรพิพัฒนพรชัย  
CM ดร. ไพบูล งามจราภรณ์  
CT ดร. ดวงอาทิตย์ ศรีมูล  
EL ดร. สมบูรณ์ ศุขสาตร  
DS ดร. อรรถน์ โกญจนาท  
CP ดร. อรรถน์ โกญจนาท  
GN รศ. วรศักดิ์ นิรัคฆนาภรณ์  
BE รศ. ดร. โอลกาส จุชาเทพ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

PW ดร. แคมเบรีย สุวรรณศรี  
PE ดร. นิพัทธ์ จันทร์มนิหาร  
DS ผศ. ดร. สุชาติ แยกเม่น  
BE ผศ. ดร. สุชาติ แยกเม่น



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

PW รศ. ดร. พันธ์เทพ เลาหสัย

PE อ. ยุทธนา จงเจริญ

CM รศ. ดร. บังการ หอมนาน

DS ดร. ชัยพร เขมภากตะพันธ์

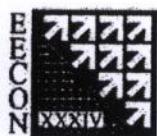
CP ดร. วรพล พงษ์เพ็ชร

GN รศ. ปุณยวีร์ งามจรีกุล

มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

PW อ. ชุดพันธ์ อุ่ยยาโสม

PE อ. ชุดพันธ์ อุ่ยยาโสม



## คณะกรรมการดำเนินงาน

## การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

### คณะกรรมการอำนวยการ

ดร. พรัชัย มงคลานิช	ที่ปรึกษา
ศ. ดร. นิพนธ์ สุขปรีดี	ประธานกรรมการ
อ. วิมลมาศ ตันติพงศ์สอนนันต์	รองประธานกรรมการ
รศ. ดร. วิเชียร เปรมรักษ์สวัสดิ์	รองประธานกรรมการ
ผศ. สราญญา วรฤณันต์	รองประธานกรรมการ
พล.ก. ดร. สมพงษ์ ตุ้มสวัสดิ์	กรรมการ
อ. พกิจ สุวัสดิ์	กรรมการ
ดร. ยงยุทธ นารายณ์	กรรมการและเลขานุการ
ผศ. วิภาวดี นาคทรัพย์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

### คณะกรรมการฝ่ายการเงิน

อ. วิมลมาศ ตันติพงศ์สอนนันต์	ประธานกรรมการ
นาง ดวงรัตน์ เพื่องกาญจนนิติ	กรรมการ
นาง พลดอยแก้ว สถาสารศีลพร	กรรมการ
นาง กัทราณุช แก้วเขียว	กรรมการและเลขานุการ
นางสาว กัญญา นิศาอนุตรพันธ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

### คณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุม

พล.ก. ดร. สมพงษ์ ตุ้มสวัสดิ์	ประธานกรรมการ
ดร. ยงยุทธ นารายณ์	รองประธานกรรมการ
อ. พกิจ สุวัสดิ์	รองประธานกรรมการ
อ. สิทธิพร เพ็ชรภิจิ	กรรมการ
ผศ. ไวยพจน์ สุกนวารเสถียร	กรรมการ
อ. สันติสุข สว่างกล้า	กรรมการ
อ. จักรกฤษณ์ จันทร์เขียว	กรรมการ
อ. ปิติกันต์ รักราชการ	กรรมการ
ดร. มนต์รี สมคุลยกนก	กรรมการ
ดร. ประสะพไชค ให้ทองคำ	กรรมการ
ดร. ทักษย พลดอยสุวรรณ	กรรมการ
อ. โตามร สุนทรนภา	กรรมการ
ดร. ชนพัฒน์ สิทธิธรรมวัตติ	กรรมการ
อ. ฉุระ ย่านต์	กรรมการ
อ. กัมกีร ธิราวิทย์	กรรมการ
นาย วิทยา สมศรี	กรรมการ

นางสาว กัญญา นิศาอนุตรพันธ์ กรรมการ

ผศ. วิภาวดี นาคทรัพย์ กรรมการและเลขานุการ

อ. สุคaph อร่ามรุณ กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

### คณะกรรมการประสานงานเกี่ยวกับสถานที่จัดการประชุม

พล.ก. ดร. สมพงษ์ ตุ้มสวัสดิ์	ประธานอนุกรรมการ
ดร. ยงยุทธ นารายณ์	อนุกรรมการ
อ. ปิติกันต์ รักราชการ	อนุกรรมการ
ดร. ชนพัฒน์ สิทธิธรรมวัตติ	อนุกรรมการ
ผศ. วิภาวดี นาคทรัพย์	อนุกรรมการ
อ. สันติสุข สว่างกล้า	อนุกรรมการ
อ. จักรกฤษณ์ จันทร์เขียว	อนุกรรมการและเลขานุการ

### คณะกรรมการประสานงานการจัดทำสิ่งพิมพ์และ Website

#### ประชาสัมพันธ์ EECON-34

อ. พกิจ สุวัสดิ์	ประธานอนุกรรมการ
ดร. ประสะพไชค ให้ทองคำ	อนุกรรมการ
อ. นลินรัตน์ วิเศษกุตติ	อนุกรรมการ
นาย สงกรานต์ สมิยา	อนุกรรมการ
นางสาว จินดา อิ่มรักษา	อนุกรรมการและเลขานุการ

### คณะกรรมการจัดการประชุมย่อย มหาวิทยาลัยสยาม

พล.ก. ดร. สมพงษ์ ตุ้มสวัสดิ์	ประธานอนุกรรมการ
ดร. ยงยุทธ นารายณ์	อนุกรรมการ
ผศ. ไวยพจน์ สุกนวารเสถียร	อนุกรรมการ
อ. สันติสุข สว่างกล้า	อนุกรรมการ
อ. จักรกฤษณ์ จันทร์เขียว	อนุกรรมการ
อ. สุคaph อร่ามรุณ	อนุกรรมการ
ผศ. ดร. บังชอก งามสม	อนุกรรมการ
นาย ธงชัย วราไพบูลย์	อนุกรรมการ
นาย นกคล ลพัฒน์	อนุกรรมการ
นาย ปรีชา บุคดีจีน	อนุกรรมการ
ผศ. วิภาวดี นาคทรัพย์	อนุกรรมการและเลขานุการ
นางสาว กัญญา นิศาอนุตรพันธ์	อนุกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ



E  
E  
C  
O  
N

xxxxx

## คณะกรรมการดำเนินงาน การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

### คณะกรรมการประสานงานการพิจารณาทุน (TPC)

#### และการจัดทำ Proceedings

ดร. ยงยุทธ นารายณ์	ประธานอนุกรรมการ
ผศ. ดร. ออาทิตย์ โพธาราม	อนุกรรมการ
ดร. มนต์รี สมคุลยกนก	อนุกรรมการ
ดร. ประสะพไชค ให้ทองคำ	อนุกรรมการ
ดร. ทักษิณ พลอยสุวรรณ	อนุกรรมการ
อ. พกิจ สุวัสดิ์	อนุกรรมการ
อ. สิกขิพงษ์ เพ็ชรกิจ	อนุกรรมการ
อ. โอมร ถุนทรนภา	อนุกรรมการ
อ. สันติสุข สร้างกล้า	อนุกรรมการ
อ. จักรกฤษณ์ จันทร์เรือง	อนุกรรมการ
อ. สุคaph อร่ามรุณ	อนุกรรมการ
ผศ. วิภาวดี นาคทรัพย์	อนุกรรมการและเลขานุการ

### คณะกรรมการประสานงานการจัดทำผู้สนับสนุนการจัดการประชุมและจัดทำของที่ระลึก

อ. สันติสุข สร้างกล้า	ประธานอนุกรรมการ
ผศ. ไวยพจน์ ศุภบวรเดชียร	อนุกรรมการ
ดร. มนต์รี สมคุลยกนก	อนุกรรมการ
ดร. ธนพัฒน์ สิกขิธรรมวงศ์	อนุกรรมการ
ดร. ประสะพไชค ให้ทองคำ	อนุกรรมการ
อ. พกิจ สุวัสดิ์	อนุกรรมการ
อ. จุระ ษั่นตា	อนุกรรมการ
อ. สุคaph อร่ามรุณ	อนุกรรมการ
นาย นิติพันธ์ จันทร์เรือง	อนุกรรมการ
นางสาว กัญญา นิศาอนุตรพันธ์	อนุกรรมการและเลขานุการ

### คณะกรรมการประสานงานการลงทะเบียนเข้าร่วมประชุม

ผศ. วิภาวดี นาคทรัพย์	ประธานอนุกรรมการ
นาง กัทราบุช แก้วเบี้ย	อนุกรรมการ
นาง พลอยแก้ว ศิลปารักษ์	อนุกรรมการ
อ. สุคaph อร่ามรุณ	อนุกรรมการ

#### อ. พิมพ์พรรดา ศรียบลลพ

นางสาว อุบลวรรณ มาโคตร

#### อนุกรรมการ

อนุกรรมการ

#### นางสาว นิภา มีญ่

นางสาว ชาลินี แก้วสุกใส

#### อนุกรรมการ

นางสาว ฤทุมาลย์ ศรีฤก

#### อนุกรรมการ

#### นางสาว พิชาภัทร ழุชาติ

นางสาว ศุภนันท์ นารายณ์

#### อนุกรรมการ

นางสาว กัญญา นิศาอนุตรพันธ์

#### อนุกรรมการและเลขานุการ

### คณะกรรมการจัดเตรียมและรับผิดชอบห้องประชุม

#### อ. สิกขิพงษ์ เพ็ชรกิจ

ประธานอนุกรรมการ

#### ดร. ทักษิณ พลอยสุวรรณ

อนุกรรมการ

#### ดร. มนต์รี สมคุลยกนก

อนุกรรมการ

#### ดร. กาญจนा ศิลาราเวทัย

อนุกรรมการ

#### ดร. ประสะพไชค ให้ทองคำ

อนุกรรมการ

#### อ. จุระ ษั่นตា

อนุกรรมการ

#### อ. พันธ์รัตน์ ชิราวิทัย

อนุกรรมการ

#### อ. ไอมร ถุนทรนภา

อนุกรรมการ

#### อ. นลินรัตน์ วิเศษกิตติ

อนุกรรมการ

#### คร. ชีรินทร์ คงพันธ์

อนุกรรมการและเลขานุการ

### คณะกรรมการประสานงานการจัดงานเลี้ยงรับรองและพิธีมอบรางวัลหลังการประชุม

#### ผศ. ไวยพจน์ ศุภบวรเดชียร

อนุกรรมการและเลขานุการ

#### อ. สันติสุข สร้างกล้า

อนุกรรมการ

#### อ. จุระ ษั่นตា

อนุกรรมการ

#### อ. สุคaph อร่ามรุณ

อนุกรรมการ

#### อ. ปิคิณ์ รักราชการ

อนุกรรมการ

#### คร. ชีรินทร์ คงพันธ์

อนุกรรมการ

#### นางสาว ฤทุมาลย์ ศรีฤก

อนุกรรมการ

#### นาย วิทยา สมศรี

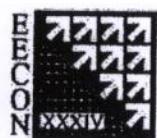
อนุกรรมการ

#### นาย ประแสง ทิมเจริญ

อนุกรรมการ

#### ผศ. วิภาวดี นาคทรัพย์

อนุกรรมการและเลขานุการ



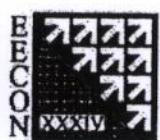
รายชื่อผู้พิจารณาบทความ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

**Reviewers**

Akkarat Boonpoonga  
Amnart Suksri  
Amnoiy Ruengwaree  
Amorn Jiraseree-amornkun  
Anuchit Charean  
Anupap Meesomboon  
Anuree Lorsawatsiri  
Anuwat Jangwanitlert  
Aphibul Pruksanubai  
Apichai Bhatranand  
Apichan Kanjanavapastit  
Apinunt Thanachayanont  
Apirada Namsang  
Apiwat Lek-uthai  
Arkhom Moungkhaodaeng  
Arkom Kaewrawang  
Arnon Isaramongkolrak  
Arporn Teeramongkonrasmee  
Arthit Sode-Yome  
Athikorn Sareephattananon  
Atthapol Ngaopitakkul  
Bancha Burapattanasiri  
Benjamas Panomruttanarug  
Bongkoj Sookananta  
Boonchuay Supmonchai  
Boonruk Chipipop  
Boonsri Kaewkham-ai  
Boonyang Plangklang

**Affiliations**

King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
Khon Kaen University  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Mahanakorn University of Technology  
Kasembundit University  
KhonKaen University  
Mahanakorn University of Technology  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
King Monkut's University of Technology Thonburi  
Mahanakorn University of Technology  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Chulalongkorn University  
Srinakharinwirot University  
Khon Kaen University  
Mahanakorn University of Techonology  
Chulalongkorn university  
Siam University  
Eastern Asia University  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Kasembundit University  
King Monkut's University of Technology Thonburi  
Ubon Ratchathani University  
Chulalongkorn Univeristy  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Chiang Mai University  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

**Reviewers**

Budhapon Sawetsakulanond  
Cattareeya Suwanasri  
Chai Chompoo-inwai  
Chainarin Ekkaravarodome  
Chainarong Klimanee  
Chaiwut Chat-uthai  
Chaiyan Jettanasen  
Chaiyaporn Khemapatapan  
Chaiyaporn Lothongkam  
Chaiyo Thammarat  
Chaiyut Sumpavakup  
Chanchai Thaijiam  
Chanchana Tangwongsan  
Channarong Banmongkol  
Charnchai Pluempiwiriyawej  
Charturong Tantibundhit  
Chatchai Jantaraprim  
Chatchai Suppitaksakul  
Chirawat Wattanapanich  
Chiranut Sangiamsak  
Chirasak Sinsukudomchai  
Chirdpong Deelertpaiboon  
Chow Chompoo-inwai  
Chugiat Garagate  
Chutipon Uyaisom  
Chuttchaval Jeraputra  
David Banjerdpongchai  
Decha Wilairat

**Affiliations**

Mahanakorn University of Technology  
Naresuan University  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
Srinakharinwirot University  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Dhurakij Pundit University  
Mahanakorn University of Technology  
South East Asia University  
Mahanakorn University of Technology  
Srinakharinwirot University  
Chulalongkorn University  
Chulalongkorn University  
Chulalongkorn University  
Thammasat University  
Prince of Songkla University  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Walailak University  
Khon Kaen University  
South-East Asia University  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Kasetsart University  
Eastern Asia University  
Mahidol University  
Chulalongkorn University  
Mahidol University



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

**Reviewers**

Denchai Worasawate  
Duang-arshit Srimoon  
Ekapon Siwapornsathain  
Issarachai Ngamroo  
Itarun Pitimon  
Ittipong Chaisayun  
Jakkree Srinonchat  
Jeerasuda Koseeyaporn  
Jirasak Chanwutitum  
Jirasuk Vilasdechanon  
Jitkomut Songsiri  
Jukkrit Tagapanij  
Kamon Jirasereemornkul  
Kampol Woradit  
Kampree Thiravith  
Kanadit Chetpattananondh  
Kanat Poolsawasd  
Kanchana Silawarawet  
Kasem Utaikaifa  
Keerati Chayakulkheeree  
Khaniththa Kaewdang  
Kiatiyuth Kveeyarn  
Kittiphong Meesawat  
Kittisak Tripipatpornchai  
Kittiwann Nimkerdphol  
Kobchai Dejhan  
Komsan Hongesombut  
Komson Daroj

**Affiliations**

Kasetsart University  
Rangsit University  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Rajamngala University of Technology Thanyaburi  
South-East Asia University  
Rajamngala University of Technology Thanyaburi  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
King Mongkuts University of Technology North Bangkok  
Chiang Mai University  
Chulalongkorn University  
Mahanakorn University of Technology  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Srinakharinwirot University  
Siam University  
Prince of Songkla University  
Mahidol University  
Siam University  
University of the Thai Chamber of Commerce  
Sripatum University  
Ubon Ratchathani University  
Kasetsart University  
Khon Kaen University  
Rangsit University  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Kasetsart University  
Ubonratchathani University



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

**Reviewers**

Korporn Panyim  
Kosin Chamnongthai  
Krischonme Bhumkittipich  
Krissada Asavaskulkeit  
Krit Angkeaw  
Kulyos Audomvongseree  
Kunnthphong Srisathit  
Kusumal Chalermyanont  
Mana Sriyudthsak  
Manop Aorpmai  
Mitchai Chongcheawchamnan  
Miti Ruchanurucks  
Monai Krairiksh  
Mongkol Konghirun  
Montree Siripruchyanun  
Montree Kumngern  
Montri Karnjanadecha  
Montri Somdunyakanok  
Naebboon Hoonchareon  
Nalin Sidahao  
Nalinrat Witsawakitti  
Napat Sra-iwm  
Nararat Ruangchajatupon  
Narong Yoothanom  
Narong Buabthong  
Narongrit Sanajit  
Nathabhat Phankong  
Natham Koedsamang

**Affiliations**

Mahidol University  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Mahidol University  
King Mongkuts University of Technology North Bangkok  
Chulalongkorn University  
Mahanakorn University of Technology  
Prince of Songkla University  
Chulalongkorn University  
Mahanakorn University of Technology  
Prince of Songkla University  
Kasetsart University  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Prince of Songkla University  
Siam University  
Chulalongkorn University  
Mahanakorn University of Technology  
Siam University  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Khon Kaen University  
Sripatum University  
Thammasat University  
Mahankorn University of Technology  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Kasembundit University



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

**Reviewers**

Nattavut Chayavanich  
Nattha Jindapetch  
Natthaphob Nimpitiwan  
Nathawuth Somakettarin  
Nimit Boonpirom  
Nipat Jongsawat  
Nisachon Tangsangiumvisai  
Nitipong Panklang  
Norarat Wattanamongkhon  
Norarat Wattanamongkhon  
Nuntiya Chaiyabut  
Opas Chutatape  
Paijoon Rakluea  
Pakit Suwat  
Pakorn Kaewtrakulpong  
Panavy Pookaiyaudom  
Panthee Laohachai  
Pasawee Srimode  
Peerapol Jirapong  
Peerapol Yuvapoositanon  
Peerawut Yutthagowith  
Peerayot Sanposh  
Pennapa Pairodamonchai  
Petch Nantivatana  
Phaisan Ngamjanyaporn  
Phaisarn Sutheebanjard  
Phakkawat Jantree  
Phichet Moungnoul

**Affiliations**

King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Prince of Songkla University  
Bangkok University  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Sripatum University  
Siam University  
Chulalongkorn University  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Chulalongkorn University  
Chulalongkorn University  
Bangkok University  
Rangsit University  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Siam University  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Mahanakorn University of Technology  
Dhurakij Pundit University  
Sripatum University  
Chiang Mai University  
Mahanakorn University of Technology  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Kasetsart University  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
Sripatum University  
Rangsit University  
Siam University  
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

**Reviewers**

Phumin Kirawanich  
Pichai Aree  
Pichet Wisartpong  
Pinit Jitjing  
Pinit Thepsatorn  
Pipat Prommee  
Pisit Vanichchanunt  
Pisit Wisutmetheekorn  
Piya Warabuntaweesuk  
Pongsawat Kotchapoom  
Pongsack Promwong  
Poonlap Lamsrichan  
Pornchai Phukpattaranont  
Prajuab Pawarangkoon  
Pramin Artrit  
Pranchalee Rattanasakornchai  
Prasopchok Hothongkham  
Prayoot Akkaraekthalin  
Preecha Kocharoen  
Promsak Apiratikul  
Puangtip Phadungrot  
Punyaphat Phumiphak  
Punyawit Jamjareekul  
Rachu Punchalard  
Rangsipan Marukatat  
Rawid Banchuin  
Rungsimant Situdhikorn  
Sakchai Thipchaksurat

**Affiliations**

Mahidol University  
Thammasat University  
Mahanakorn University of Technology  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Srinakharinwirot University  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
Mahanakorn University of Technology  
Bangkok University  
Eastern Asia University  
Mahanakorn University of Technology  
Kasetsart University  
Prince of Songkla University  
Mahanakorn University of Technology  
Khonkaen University  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Siam University  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
Sripatum University  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Mahanakorn University of Technology  
Mahanakorn University of Technology  
Dhurakij Pundit University  
Mahanakorn University of Technology  
Mahidol University  
Siam University  
Mahanakorn university of Technology  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang



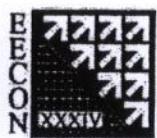
รายชื่อผู้พิจารณาบทความ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

**Reviewers**

Sakorn Po-ngam  
Saliltip Sinthusonthishat  
Samphan Phrompichai  
Samroeng Hintamai  
Sanchai Dechanupaprittha  
Sangsuree Vasupongayya  
Sanun Srisuk  
Sarawan Wongsa  
Sawat Bunnjaweht  
Seangrawee Buakaew  
Sermsak Uatrongjit  
Sirichai Dangeam  
Sirivit Taechajedcadarungsri  
Siriwich Tadsuan  
Sittiporn Petchakit  
Somboon Nuchprayoon  
Somboon Sooksatra  
Somchai Biansoongnern  
Somchai Hiranvarodom  
Somchat Jiriwibhakorn  
Somkiat Piangprantong  
Sommart Sang-Ngern  
Somnida Bhatranand  
Sompong Toomsawude  
Somying Thainimit  
Somyot Kaitwanidvilai  
Songkran Kantawong  
Songphol Kanjanachuchai

**Affiliations**

King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Mahanakorn University of Technology  
Mahanakorn University of Technology  
Sripatum University  
Kasetsart University  
Prince of Songkla University  
Mahanakorn University of Technology  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Mahanakorn University of Technology  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Chiang Mai University  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Khon Kean University  
South East Asia University  
Siam University  
Chiang Mai University  
Rangsit University  
Rajamangala university of technology Thanyaburi  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
South-East Asia University  
Mahanakorn University of Technology  
Mahidol University  
Siam University  
Kasetsart University  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Bangkok University  
Chulalongkorn University



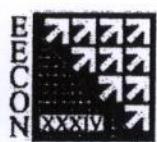
รายชื่อผู้พิจารณาบทความ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

**Reviewers**

Sorawat Chivapreecha  
Suchada Sitjongsataporn  
Suchart Yammen  
Suchin Trirongjitmoah  
Suksun Nungam  
Sumate Naetiladdanon  
Sumrit Hungsasutra  
Suneat Pranonsatit  
Supachai Vorapojpisut  
Supannika Wattana  
Supatana Auethavekiat  
Supattana Nirukkanaporn  
Supawadee Swatdiponphallop  
Surachai Chaitusaney  
Surapan Airphaiboon  
Surapol Jantorn  
Surapong Suwankawin  
Suree Pumrin  
Suthee Rukkaphan  
Suwat Pattaramalai  
Thanapong Thanasaksiri  
Tanet Wonghong  
Tanin Duangjan  
Tasanee Chayavanich  
Tawan Phurat  
Thamvarit Singhavilai  
Thanadol Pritranan  
Thanakorn Namhormchan

**Affiliations**

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Mahanakorn University of Technology  
Naresuan University  
Ubon Ratchathani University  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Khon Kaen University  
Kasetsart University  
Thammasat University  
Naresuan University  
Chulalongkorn University  
Rangsit University  
Khon Kaen University  
Chulalongkorn University  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Sriputum University  
Chulalongkorn University  
Chulalongkorn University  
Kasembundit University  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Chiang Mai University  
Bangkok University  
Srinakharinwirot University  
King Mongkut's University of Tecnology Thonburi  
Siam University  
Mahidol University  
Mahidol University  
Eastern Asia University



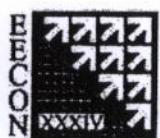
รายชื่อผู้พิจารณาบทความ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

**Reviewers**

Thanapat Promwattanapakdee  
Thanathip Sum-Im  
Thavatchai Tayjasanant  
Theerapol Muankhaw  
Theerayod Wiangtong  
Theerayut Janjaem  
Thidarat Tawsook  
Thumrongrat Amornraksa  
Toempong Phetchakul  
Tomorn Soonthornnapa  
Thaschagon Onboonuea  
Tuchsanai Ploysuwan  
Ukrit Mankong  
Veerachai Malyavej  
Vichai Saelee  
Vijit Kinnares  
Vinai Silaruam  
Viriya Pichetjamroen  
Virote Pirajnanchai  
Vladimir Butilov  
Vorapong Silaphan  
Vuttipon Tarateeraseth  
Vyapote Supabowornsatien  
Walisa Romsaiyud  
Wanchai Chankaipol  
Wanchai Chimchavee  
Wanchai Pijitrojana  
Wanchai Subsingha

**Affiliations**

Sripatum University  
Srinakharinwirot University  
Chulalongkorn University  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Mahanakorn University of Technology  
Kasembundit University  
Bangkok University  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Siam University  
Eastern Asia University  
Siam University  
Chiang Mai University  
Mahanakorn University of Technology  
South-East Asia University  
King Mongkut's Institute of Technology of Ladkrabang  
Mahanakorn University of Technology  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Mahidol University  
Mahanakorn University of Technology  
Srinakharinwirot University  
Siam University  
Siam University  
Sripatum University  
University of the Thai Chamber of Commerce  
Thammasat University  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi



รายชื่อผู้พิจารณาบทความ  
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34

**Reviewers**

Wanchak Lenwari  
Wannarat Suntiamorntut  
Warayut Kampeerawat  
Watcharachai Wiriyasuttiwong  
Watis Leelapatra  
Wattanapong Kurdthongmee  
Weerapun Rungseevijitprapa  
Wekin Piyarat  
Werachet Khan-ngern  
Werapon Chiracharit  
Wichit Krueasuk  
Widhyakorn Asdornwised  
Wijitra Petchakit  
Wiklom Teerapabkajorndet  
Wilaiporn Lee  
Winyu Sawaengsinkasikit  
Wipavan Narksarp  
Worakarn Wongsaichua  
Worapol Pongpech  
Wuthiporn Loetwassana  
Yodchanan Wongsawat  
Yongyuth Naras  
Yotaka Chompusri  
Youthana Kulvitit  
Yutana Chongjarearn  
Yuttana Kumsuwan  
Yuttapong Jirarakksopakun  
Ong-Art Sadmai

**Affiliations**

King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Prince of Songkla University  
Mahanakorn University of Technology  
Srinakharinwirot University  
Khon Kaen University  
Walailak University  
Chulalongkorn University  
Srinakharinwirot University  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Sripatum University  
Chulalongkorn University  
Walailak University  
Prince of Songkla University  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
Kasembundit University  
Siam University  
Ubon Ratchathani University  
Dhurakijpundit University  
Mahanakhon University of Technology  
Mahidol University  
Siam University  
King Mongkut's University of Technology North Bangkok  
Chulalongkorn University  
Dhurakij Pundit University  
Chiang Mai University  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi