PE-315

การเพิ่มความถี่โดยการใช้อินเวอร์เตอร์สามเฟสในงานความร้อนเหนี่ยวนำ
An Operation of Three-phase Inverters to Increase Frequency for Induction Heating Applications

สายัณห์ เกลี้ยงสิน[1] จิรพงษ์ จิตตะโคตร์[2] สามารถ ยะเชียงคำ[3] สายชล ชุดเจือจีน[4] และ ปณิธาน จักขุจันทร์[4]
[1]กองวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ 75/7 ถนน พระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท
เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400 โทร (02) 2017241 E-mail: sayan@dss.go.th
[2]คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ตำบลคลองหก
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ 02-549-4742 E-mail: jirapong_j@rmutt.ac.th
[3]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก
อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โทรศัพท์ 0-5392-1444 ต่อ 1603 E-mail: samart@rmutl.ac.th
[4]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ
เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120 โทรศัพท์ 02-287-9600 ต่อ 2105 E-mail: saichol.c@mail.rmutk.ac.th, 639041600029@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ
บทความนี้นำเสนอการพัฒนารูปแบบการควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์สามเฟสเพื่อเพิ่มความถี่เอาท์พุทในงานให้ความร้อนเหนี่ยวนำที่ต้องใช้ความถี่สูง โดยใช้วิธีการปรับความกว้างของพัลส์และการเลื่อนเฟสของสัญญาณขับนำสวิตซ์ วิธีนี้ช่วยแก้ปัญหาขีดจำกัดของอุปกรณ์สวิตซ์ที่ต้องใช้ความถี่สูง เพื่อให้เหมาะสมกับโหลดที่ต้องการความร้อนที่ค่าความลึกพื้นผิวต่ำ การควบคุมกำลังของอินเวอร์เตอร์สามเฟสสามารถทำได้โดยนำกระแสที่ไหลผ่านขดเหนี่ยวนำคูณกับแรงดันที่ตกคร่อมขดเหนี่ยวนำ ผ่านวงจรกรอง แล้วนำมาผ่านวงรอบการควบคุมกำลังซึ่งเป็นวงรอบปิด วงจรควบคุมจะปรับกระแสและแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดันอย่างอัตโนมัติ เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นทดสอบการชุบผิวชิ้นงานตัวอย่างที่เป็นเหล็กทรงกระบอกสามารถเพิ่มความถี่เอาท์พุทได้เป็น 3 เท่าของความถี่สวิตซ์ซึ่ง ในช่วงความถี่ 300-345 kHz โดยให้กำลังด้านออกในช่วง 0.6-2 kW

คำสำคัญ: เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ, เรโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์

Abstract
This paper presents a development in the control scheme of three-phase inverter system for high-frequency induction heating applications by using the varying duty cycle and phase-shift techniques. This technique, the output frequency can be increased as three times of switching frequency in order to solve limitation of the power switches in high-frequency applications. The output power control scheme is based on a product of current and voltage in the induction coil. The resulting instantaneous output power is filtered and compared with a reference value (P_{set}). Experimental and Simulation results are provided in the paper to validate the proposed control method with the output frequency ranging from 300 to 345 kHz under 0.6 to 2 kW.

Keywords: Induction heating, resonant inverters

1. บทนำ
ในปัจจุบันการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่อาศัยการทำงานของอินเวอร์เตอร์ความถี่สูงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเช่น งานหลอมโลหะ งานเชื่อมประสาน งานชุบแข็ง งานทุบขึ้นรูปโลหะ งานล้างอัลตราโซนิกส์ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้สามารถปรับให้เหมาะสมกับชนิดของงาน ขนาดของชิ้นงานและค่าความลึกผิวที่ต้องการ [1] สำหรับงานเชื่อมประสานและงานชุบแข็งผิวจะต้องให้ความร้อนที่ค่าความลึกของพื้นผิวต่ำดังนั้นต้องใช้ความถี่สูง ซึ่งจำเป็นต้องใช้อินเวอร์เตอร์ที่มีความถี่สูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนการทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิกส์มีหลักการคือ การเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลเพื่อทำให้เกิดฟองอากาศจำนวนมากและมีความแรง โดยการนำเพียโซอิเล็กตริกทรานดิวเซอร์มาเชื่อมต่อกับถังโลหะและจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ความถี่สูง เพื่อทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกส์ผ่านน้ำที่เป็นตัวกลาง เพียโซอิเล็กตริกทรานดิวเซอร์ จะทำงานอยู่ในย่านความถี่ระหว่าง 20 kHz ถึง 100 kHz [2] เพื่อแก้ปัญหาขีดจำกัดความถี่และลดกำลังงานสูญเสียในการปิดและเปิดของอุปกรณ์สวิตซ์ (IGBT, MOSFET, SCR, Transistor) จึงจำเป็นต้องหาวิธีเพิ่มความถี่เอาท์พุทและลดกำลังงานสูญเสียในการปิดและเปิดของอุปกรณ์ จากงานวิจัย [6] เสนอการต่อโมดูลโดยการขนานอินพุทและเอาท์พุทและควบคุมการทำงานให้อินเวอร์เตอร์ทำงานที่ความถี่สูงกว่าเรโซแนนซ์เล็กน้อยตลอดการทำงาน และปรับระดับ

PE-315

กำลังไฟฟ้าด้วยการควบคุมกระแสซึ่งมีข้อจำกัดคือ ความถี่เอาท์พุทเพิ่มขึ้นเพียง 2 เท่าในขณะที่ต้องใช้อุปกรณ์สวิตซ์ถึง 8 ตัว ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ

บทความนี้นำเสนอรูปแบบการเพิ่มความถี่เอาท์พุทโดยการปรับความกว้างของพัลส์ [4-6] และการเลื่อนเฟสของสัญญาณขับนำสวิตซ์ ในการควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์สามเฟสเพื่อเพิ่มความถี่เอาท์พุทเป็น 3 เท่าของความถี่สวิตซ์ซิ่ง และควบคุมการทำงานให้อินเวอร์เตอร์ทำงานที่ความถี่สูงกว่าเรโซแนนซ์เล็กน้อย การควบคุมกำลังด้านออกของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่มีวงรอบนอกเป็นการควบคุมกำลัง

2. หลักการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

การเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นหลักการพื้นฐานของการให้ความร้อนกับชิ้นงานที่เป็นตัวนำไฟฟ้า เมื่อขดเหนี่ยวนำได้รับกระแสไฟสลับจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กสลับคล้องผ่านชิ้นงานทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สร้างกระแสไหลวนทำให้ชิ้นงานเกิดความร้อนขึ้นได้ [1] ความร้อนจะขึ้นกับปริมาณของกระแสไหลวนและความต้านทานของชิ้นงาน กระแสไหลวนจะมีความหนาแน่นมากที่สุดที่บริเวณผิวของชิ้นงานเนื่องจากผลของปรากฏการณ์พื้นผิว และกระแสที่ผิวของชิ้นงานที่ค่าความลึกผิว ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\delta_w = \sqrt{\frac{2\rho_w}{\mu_o \mu_w \omega_s}} \qquad (1)$$

δ_w คือความลึกผิวของชิ้นงาน (m)
ρ_w คือความต้านทานจำเพาะของชิ้นงาน (Ωm)
μ_o คือความซึมซาบแม่เหล็กสัมพัทธ์ของอากาศ (H/m)
μ_w คือความซึมซาบแม่เหล็กสัมพัทธ์ของชิ้นงาน (H/m)
ω_s คือความถี่เชิงมุมของสวิตซ์ซิ่ง (rad/s)

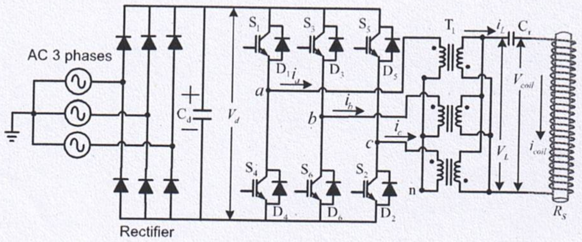
ความต้านทานที่ผิวของชิ้นงาน R_s (Ω) ขึ้นอยู่กับความลึกผิวของชิ้นงานและความต้านทานจำเพาะของชิ้นงาน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$R_s = \frac{\rho_w}{\delta_w} = \sqrt{\frac{\rho_w \mu_o \mu_w \omega_s}{2}} \qquad (2)$$

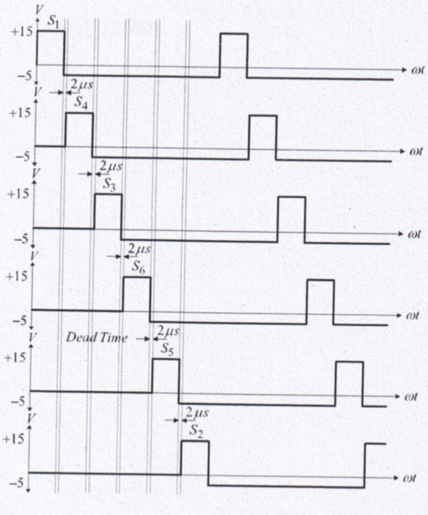
3. เรโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์แบบสามเฟส

3.1 โครงสร้างเรโซแนนซ์อินเวอร์เตอร์แบบสามเฟส

โครงสร้างของวงจรเรโซแนนซ์สามเฟสแบบอนุกรมสำหรับเครื่องชุบผิวเหล็กแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแสแบบเต็มบริดจ์ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ตัวเก็บประจุกรองแรงดัน C_d ที่เชื่อมต่อจากเอาต์พุตของวงจรเรียงกระแสเพื่อทำให้แรงดันเอาต์พุตที่เป็นรูปพัลส์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบเต็มคลื่นเรียบยิ่งขึ้นและทำให้แรงดันกระเพื่อมลดน้อยลง วงจรอินเวอร์เตอร์สามเฟสเป็นตัวจ่ายแรงดันไฟฟ้ารูปสี่เหลี่ยมให้กับโหลดเรโซแนนซ์แบบอนุกรมประกอบด้วยสวิตซ์ไอจีบีที 6 ตัว $S_1 - S_6$ ต่อร่วมกับไดโอดขนาน $D_1 - D_6$ ตามลำดับ หม้อแปลงแมตชิ่งทำหน้าที่ลดและรวมสัญญาณแรงดันไฟฟ้าให้มีขนาดความถี่เป็นสามเท่าของความถี่สวิตซ์ซิ่ง เรโซแนนซ์คาปาซิเตอร์ C_r เป็นตัวประกอบกับขดลวดเหนี่ยวนำเพื่อให้ได้รูปแบบเป็นวงจรโหลดเรโซแนนซ์



รูปที่ 1 โครงสร้างเรโซแนนซ์แบบสามเฟสสำหรับเครื่องชุบผิวเหล็ก



รูปที่ 2 การกำหนดสัญญาณขับนำและการทำงานของไอจีบีที

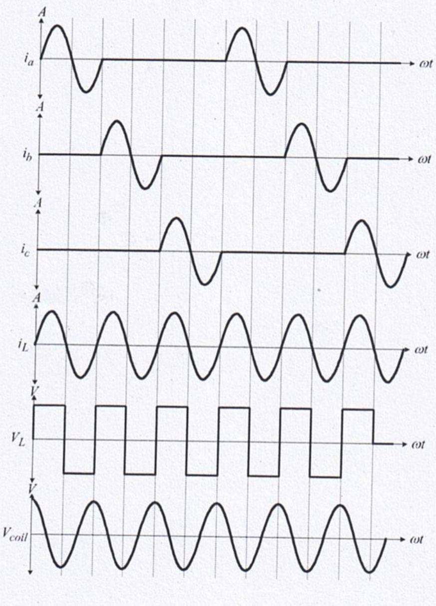
3.2 สัญญาณขับนำสวิตซ์ไอจีบีที

วงจรขับนำสวิตซ์ไอจีบีทีใช้ไอซี TLP 250 เพื่อสร้างสัญญาณขับนำที่มีการเชื่อมต่อทางแสง จากรูปที่ 2 การทำงานของไอจีบีทีและสัญญาณขับนำไอจีบีทีที่ถูกกำหนดให้มีเวลาห่างกันอยู่ประมาณ 2 μs เพื่อป้องกันการลัดวงจรเนื่องจากสวิตซ์ไอจีบีทีของแต่ละเฟส

ทำงานพร้อมกัน สัญญาณขับนำจะมีแรงดันช่วงลบ (-5 V) เพื่อช่วยให้ไอจีบีทีหยุดทำงานเร็วขึ้นและป้องกันการนำกระแสได้เองของไอจีบีทีเนื่องจากสัญญาณรบกวน

3.3 รูปแบบสัญญาณของอินเวอร์เตอร์สามเฟส

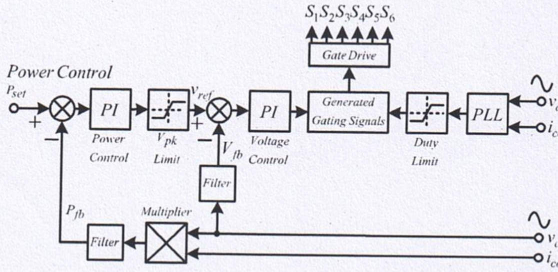
การใช้อินเวอร์เตอร์สามเฟสเพื่อเพิ่มความถี่โดยการใช้หม้อแปลงแมตชิ่งรวมสัญญาณของแต่ละเฟส ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงแมตชิ่งต่อแบบสตาร์ส่วนด้านทุติยภูมิต่อขนานกัน โหลดเรโซแนนซ์แบบอนุกรมประกอบด้วย เรโซแนนซ์คาปาซิเตอร์ ขดลวดเหนี่ยวนำและชิ้นงานซึ่งเป็นเหล็กทรงกระบอก รูปคลื่นสัญญาณแรงดันและกระแสของอินเวอร์เตอร์สามเฟสแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 คลื่นสัญญาณของอินเวอร์เตอร์สามเฟส

3.4 การควบคุมกำลังไฟฟ้า

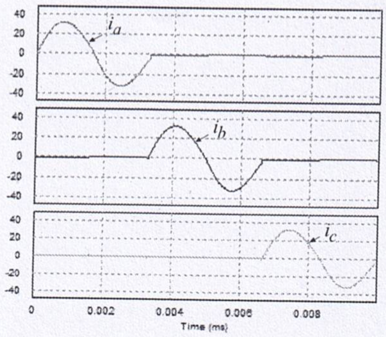
การควบคุมกำลังทำได้โดยตรวจจับกระแสและแรงดันที่ขดเหนี่ยวนำมาผ่านวงจรการคูณนำผลลัพธ์ที่ได้ผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบ RC จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย เปรียบเทียบกับกำลังที่ตั้งไว้ (P_{set}) ผ่านวงรอบการควบคุมแบบปิดซึ่งใช้ตัวควบคุมแบบ PI ดังรูปที่ 4 การทำงานเริ่มจากใส่ชิ้นงานเข้าไปในขดเหนี่ยวนำและทำการปรับกำลัง P_{set} ทำให้มี Error เกิดขึ้น ตัวควบคุมกำลังจะทำงานเพื่อปรับกำลังตามค่าที่ตั้งไว้ แต่เมื่อปรับ P_{set} จนทำให้ค่า V_{fb} มีค่าเท่ากับ V_{pk} *Limit* จะทำให้ตัวควบคุมแรงดันสั่งไม่ให้แหล่งจ่ายแรงดันเพิ่มแรงดันอีก เมื่ออุณหภูมิของชิ้นงานสูงขึ้นทำให้กระแสที่ขดเหนี่ยวนำลดลงตัวควบคุมกำลังจะสั่งเพิ่มแรงดันให้ได้กำลังตามต้องการ



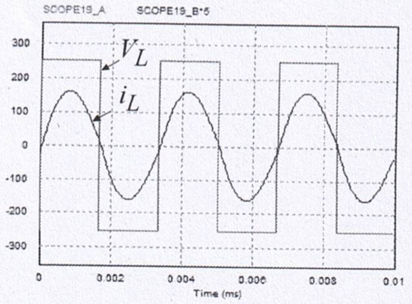
รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมกำลังของเครื่องชุบผิวเหล็ก

4. ผลการจำลองการทำงาน

การจำลองการทำงานใช้โปรแกรม PSIM แสดงการเพิ่มความถี่โดยการควบคุมสัญญาณขับนำไอจีบีทีของอินเวอร์เตอร์สามเฟส โดยกำหนดให้การทำงานของสวิตช์ในแต่ละเฟสทำงานสลับกันไปหนึ่งรูปคลื่นและทำงานที่ความถี่สวิตซ์ชิ่ง f_s = 100 kHz โหลดเรโซแนนซ์พารามิเตอร์ R = 0.2 Ω, L = 1.87 μH, C = 150 nF ความถี่ f_r = 300 kHz รูปที่ 6 แสดงรูปคลื่นกระแสแต่ละเฟสของอินเวอร์เตอร์สามเฟส รูปที่ 7 แสดงรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลดเรโซแนนซ์ V_L และกระแสที่ไหลผ่านขดเหนี่ยวนำ I_{coil} ซึ่งมีความถี่เพิ่มขึ้นเป็นสามเท่าของความถี่สวิตซ์ชิ่ง



รูปที่ 6 กระแสแต่ละเฟสของอินเวอร์เตอร์สามเฟส

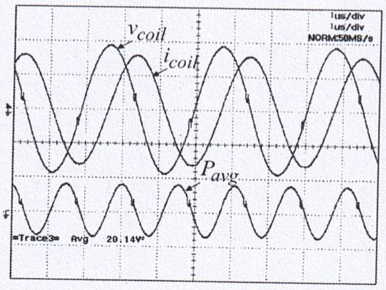


รูปที่ 7 กระแสและแรงดันที่โหลดเรโซแนนซ์

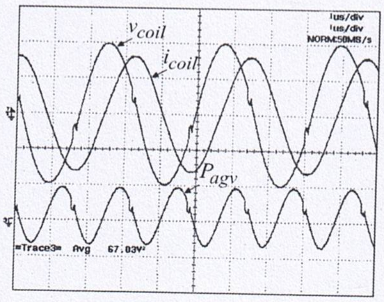
PE-315

5. ผลการทดลอง

ในการทดลองเครื่องต้นแบบทดสอบโดยให้ความร้อนกับชิ้นงานเหล็กทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F407G ในการควบคุมการทำงานของความถี่สวิตซ์ซึ่งในช่วง 100-115 kHz ได้ความถี่เอาท์พุทเป็น 3 เท่า ในช่วงความถี่ 300-345 kHz โดยควบคุมกำลังที่ขดเหนี่ยวนำไว้ที่ 0.6 kW และ 2 kW ตามลำดับ ทำการวัดสัญญาณขณะที่ชิ้นงานมีอุณหภูมิ $1000^{o}C$ ได้ดังรูปที่ 8 และ รูปที่ 9



รูปที่ 8 กำลังไฟฟ้าที่ขดเหนี่ยวนำขณะควบคุมที่ 0.6 kW
v_{coil} : 100V/div, i_{coil} : 50A/5V/div, 1µs/div, P_{avg} = 602 W



รูปที่ 9 กำลังไฟฟ้าที่ขดเหนี่ยวนำขณะควบคุมที่ 2 kW
v_{coil} : 200V/div, i_{coil} : 100A/5V/div, 1µs/div, P_{avg} = 2 kW

6. สรุป

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเครื่องต้นแบบสามารถควบคุมกำลังด้านออกให้คงที่และควบคุมขนาดกำลังด้านออกได้ในช่วง 0.6-2 kW ให้เหมาะสมกับชิ้นงานแต่ละชนิด เมื่อปรับกำลังด้านออกได้ก็สามารถกำหนดเวลาในการให้ความร้อนได้ตามคุณสมบัติของชิ้นงานและอุณหภูมิที่ต้องการ การทำงานของอินเวอร์เตอร์สามารถเพิ่มความถี่ได้ในช่วง 300-345 kHz ทำให้การส่งผ่านกำลังมีประสิทธิภาพสูง การสูญเสียขณะสวิตซ์มีค่าต่ำเนื่องจากเป็นการสวิตซ์ที่กระแสศูนย์

เอกสารอ้างอิง

[1] J. Davies and P. Simson, "Induction heating handbook" New York: McGraw-Hill, 1997.

[2] S. Kleangsin, A. Sangswang, S. Naetiladanon and C. Koompai, "A power control of three-phase high-power converter with automatic variable-frequency control for induction heating applications," *Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society.*, Dallas, TX, 2014, pp. 3220-3226.

[3] J. Jittakort, A. Sangswang, S. Naetiladanon, C. Koompai, and S. Chudjuarjeen, "Full bridge resonant inverter using asymmetrical control with resonant frequency tracking for ultrasonic cleaning applications," *Journal of Power Electronics.,* vol. 17, no. 5, pp. 1150–1159, Sep. 2017.

[4] S. Yachiangkam, A. Sangswang, S. Naetiladanon, and C. Koompai, "Steady-state analysis of ZVS and Non-ZVS full-bridge inverter with asymmetrical control for induction heating applications," *Journal of Power Electronics.,* vol. 5 , no. 2 , pp. 544–554, Sep. Mar. 2015.

[5] S. Chudjuarjeen, A. Sangswang, and C. Koompai, "An improved LLC resonant inverter for induction heating applications with asymmetrical control," *IEEE Trans. Ind. Applications.,* vol. 58, no. 7, pp. 2915–2925, Jul. 2011.

[6] ทรงยศ หวังชอบ, อนวัช แสงสว่าง และ ชยันต์ คุ้มภัย, "การเพิ่มความถี่โดยการต่อโมดูลอินเวอร์เตอร์ในงานความร้อนเหนี่ยวนำ," การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 32, (น. 495-498). ปราจีนบุรี: มหาวิทยาลัยมหิดล.

สายัณห์ เกลี้ยงสิน สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปัจจุบันเป็นนักวิทยาศาสตร์ สังกัดกองวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ มีความสนใจทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง การควบคุมและการประยุกต์ใช้งาน

จิรพงษ์ จิตตะโคตร์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความสนใจทางด้านระบบไฟฟ้ากำลัง อิเล็กทรอนิกส์กำลังและการควบคุม

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 13 เล่ม 2

12-14 พฤษภาคม พ.ศ.2564 (ONLINE)

สถาบันวิจัยและพัฒนา - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

EENET 2021

The 13th Electrical Engineering Network 2021 of Rajamangala University of Technology

Conference Topics

- ไฟฟ้ากำลัง
- อิเล็กทรอนิกส์ วงจรและสื่อสาร
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
- ระบบควบคุมและการวัด
- การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล
- พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน
- นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า
- หัวข้อพิเศษทางวิศวกรรมไฟฟ้า

IEEE PES Power & Energy Society® Thailand Chapter

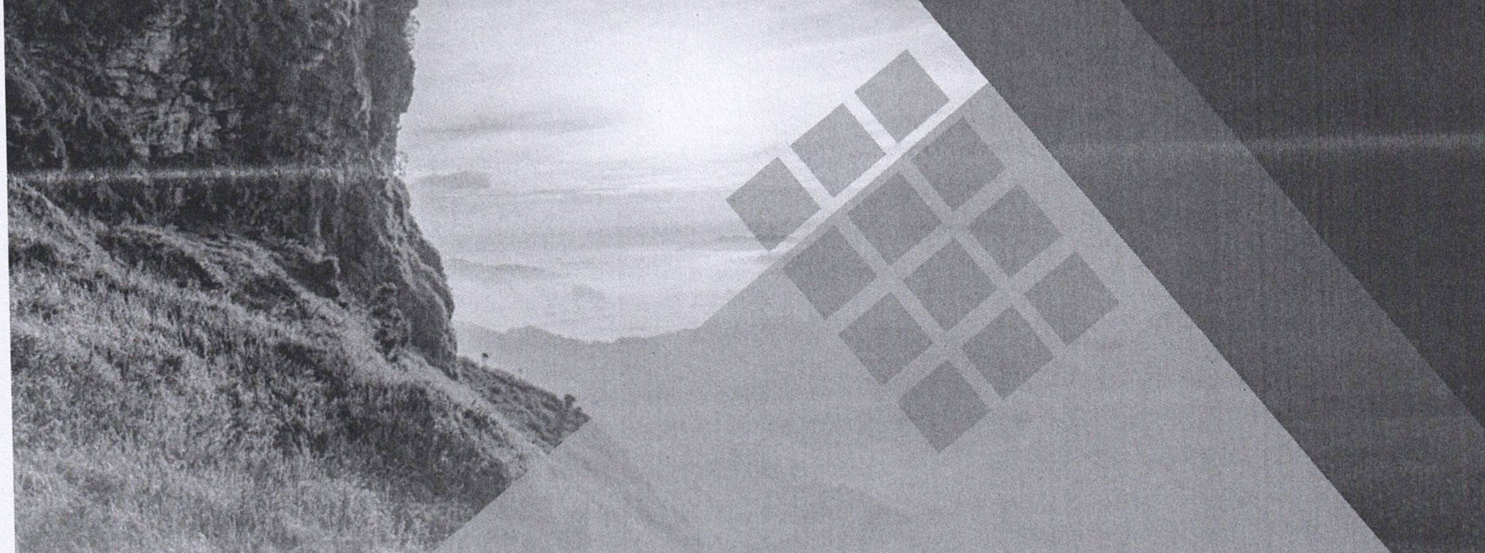
IEEE PES
Power & Energy Society®
Thailand Chapter

EENET 2021

The 13th Electrical Engineering Network 2021 of Rajamangala University of Technology

Conference Topics

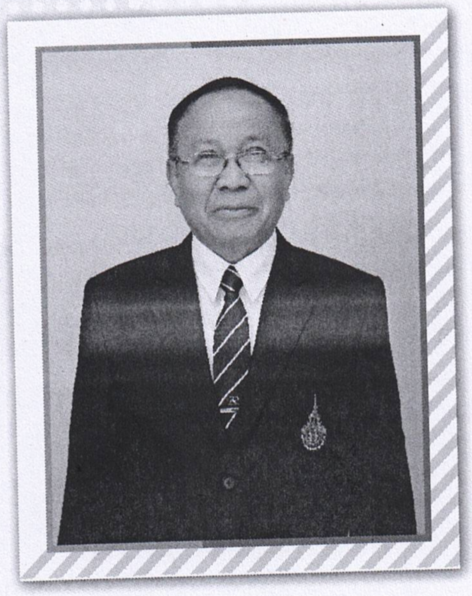
- ไฟฟ้ากำลัง
- อิเล็กทรอนิกส์ วงจรและสื่อสาร
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
- ระบบควบคุมและการวัด
- การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล
- พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน
- นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า
- หัวข้อพิเศษทางวิศวกรรมไฟฟ้า



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 13 เล่ม 1

12-14 พฤษภาคม พ.ศ.2564 (ONLINE)
สถาบันวิจัยและพัฒนา - มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

สารจากคณะบุคคลปฏิบัติหน้าที่แทนสภา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา



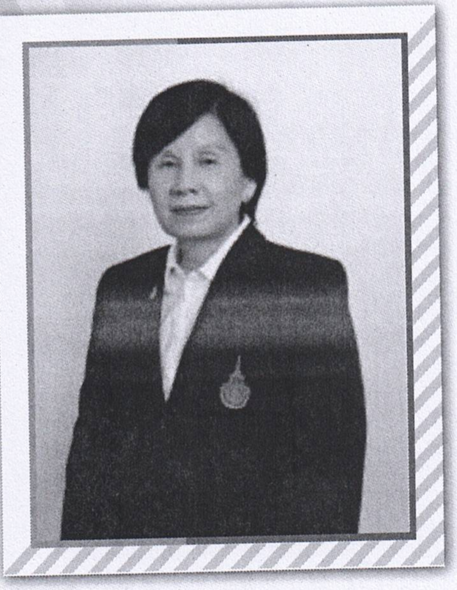
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพจัดประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13 : Electrical Engineering Network 2021 (EENET 2021) ระหว่างวันที่ 12-14 พฤษภาคม 2564 เป็นการจัดประชุมแบบออนไลน์ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลงานวิจัยบทความวิชาการและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านวิศวกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมคอมพิวเตอร์การวัดคุมและระบบควบคุม ตลอดจนสาขาที่ใกล้เคียง งานวิจัยที่นำมาเสนอในการประชุมวิชาการครั้งนี้มีส่วนสำคัญมาก เพราะสามารถนำมาถ่ายทอดเป็นองค์ความรู้ให้กับผู้เรียน และสามารถนำมาต่อยอดก่อให้เกิดประโยชน์แก่สังคมและประเทศชาติต่อไป

ในนามคณะบุคคลปฏิบัติหน้าที่แทนสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ขอขอบคุณคณะทำงานจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และเครือข่าย ผู้ทรงคุณวุฒิจากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ที่ได้สละเวลาในการพิจารณาผลงานและร่วมประชุมวิชาการในครั้งนี้ และขออวยพรให้การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ และประสบความสำเร็จต่อไป

(นายสว่าง ภู่พัฒน์วิบูลย์)
ประธานกรรมการคณะบุคคลปฏิบัติหน้าที่แทน
สภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

สารจากอธิการบดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เป็นสถาบันอุดมศึกษาที่ผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของประเทศ ตระหนักถึงความสาคัญของงานวิจัย และมีนโยบายในการส่งเสริมสนับสนุนและกระตุ้นให้บุคลากรผลิตผลงานวิจัย โดยเฉพาะงานวิจัยเชิงพื้นที่อีกทั้งยังให้ การส่งเสริมงานวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ และผลงานวิจัยเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี

งานประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13 (The 13th Electrical Engineering Network : EENET 2021) ที่จัดขึ้นระหว่างวันที่ 12-14 พฤษภาคม 2564 ในรูปแบบออนไลน์ เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของของเชื้อไวรัสโควิด-19 (COVID-19) ซึ่งเป็นการจัดประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนและถ่ายทอด องค์ความรู้งานวิจัยใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่สามารถนาไปประยุกต์และพัฒนาต่อยอดเพื่อเตรียมความพร้อมสาหรับการรองรับนโยบาย Thailand 4.0 และ 5.0 ในอนาคต

ในนามคณะผู้บริหารของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ซึ่งได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพในการจัดประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้าในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลทั้ง 9 แห่ง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สถาบันเทคโนโลยีช่างกลปทุมวัน และสถาบันการศึกษาทุกแห่งที่ร่วมส่งผลงานวิจัย ขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ที่สละเวลาในการพิจารณาผลงานและเข้าร่วมประชุมวิชาการในครั้งนี้ อันจะก่อประโยชน์ต่อคณาจารย์ นักวิจัยและนักศึกษา ในการที่จะสามารถนาไปพัฒนาองค์ความรู้ของตนเองให้มีความก้าวหน้าต่อไป และขออวยพรให้การจัดประชุมวิชาการ ในครั้งนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์และประสบความสำเร็จต่อไป

(รองศาสตราจารย์ศีลศิริ สง่าจิตร)
ผู้ปฏิบัติหน้าที่อธิการบดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

สารจากคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ในนามผู้บริหาร คณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มีความยินดีและเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้รับเกียรติเป็นเจ้าภาพในการจัดประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13 (The 13th Electrical Engineering Network 2021) ภายใต้ความร่วมมือด้านวิศวกรรมไฟฟ้าของกลุ่มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลทั้ง 9 แห่ง สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ระหว่างวันที่ 12 -14 พฤษภาคม 2564 เพื่อเปิดโอกาสให้อาจารย์ นักวิจัย และนักศึกษา ได้นำเสนอและเผยแพร่งานวิจัย นวัตกรรม และสิ่งประดิษฐ์ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมโทรคมนาคม ตลอดจนนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องต่อสาธารณชน อันจะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความก้าวหน้าของงานวิจัย ซึ่งจะนำไปสู่การยกระดับและพัฒนาคุณภาพงานวิจัยให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาอย่างสูงสุดแก่ชุมชนและสังคม แต่ด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ระลอกใหม่ยังคงมีการแพร่ระบาดในหลายพื้นที่อย่างต่อเนื่อง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เล็งเห็นว่าการจัดการประชุมวิชาการดังกล่าว เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคณาจารย์ บุคลากร และนักศึกษา จึงได้ปรับรูปแบบการจัดกิจกรรมในรูปแบบออนไลน์

ขอเป็นกำลังใจ และขอขอบคุณนักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา ทั้งที่สังกัดมหาวิทยาลัย/สถาบันเครือข่าย รวมถึงมหาวิทยาลัย สถาบัน องค์กรภาครัฐและเอกชนทุกแห่งที่ได้ให้ความสนใจส่งผลงานร่วมนำเสนอในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้องนำเสนอ คณะกรรมการดำเนินงานทุกฝ่ายที่ร่วมกันจัดการประชุมในครั้งนี้ และหวังว่าเราจะผ่านพ้นวิกฤตนี้ไปด้วยกัน และขออวยพรให้การประชุมครั้งนี้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของการดำเนินการทุกประการ

อาจารย์ ดร.กิจจา ไชยทนุ

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

สารจากประธานคณะกรรมการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

การจัดประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้าในครั้งนี้ เป็นครั้งที่ 13 โดยมีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย เป็นเจ้าภาพในการดำเนินงานจัดประชุม ในระหว่างวันที่ 12-14 พฤษภาคม 2564 ในรูปแบบออนไลน์ เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาด COVID-19 การจัดประชุมวิชาการครั้งนี้ทางคณะกรรมการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้าได้รับเกียรติจาก IEEE-PES Thailand Chapter ให้เป็นสมาชิกสบทบ ได้แบ่งสาขาบทความวิจัยออกเป็น 11กลุ่มบทความ ในปีนี้มีนักวิชาการ นักวิจัย อาจารย์ นักศึกษา ส่งบทความเข้าร่วมประชุมวิชาการ 299 บทความ จากสถาบันการศึกษา และ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 40 แห่ง และการจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ได้รับกียรติ์จาก กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิใน การพิจารณาบทความ 155 ท่าน ที่ได้ร่วมพิจารณาบทความครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มีเพิ่มมากขึ้น คณะกรรมการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมวิชาการนี้ จะสร้างความเข้มแข็งทางวิชาการในระดับประเทศ และระดับนานาชาติต่อไป

คณะกรรมการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้าขอขอบคุณคณะทำงานจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่ได้ทุ่มเท สละเวลา กำลังกาย กำลังความคิด ในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ตั้งแต่เตรียมการดำเนินงานจัดประชุมวิชาการ จนกระทั้งสำเร็จไปได้ด้วยดี

(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์)
ประธานคณะกรรมการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

สถาบันเครือข่ายของการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
เจ้าภาพ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลสุวรรณภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลอีสาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลรัตนโกสินทร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลกรุงเทพ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลตะวันออก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลศรีวิชัย

สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลธัญบุรี

การประชุมเครือข่ายวิชาการด้านวิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical Engineering Network: EENET) เป็นการ ประชุมวิชาการเพื่อส่งเสริมและพัฒนาให้มีการเผยแพร่ผลงานวิจัยในด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งเป็นสาขาวิชาที่มี ความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศชาติเป็นอย่างมาก การประชุมวิชาการนี้เป็นการประชุมที่ตอบสนองต่อ ยุทธศาสตร์การพัฒนาความเข้มแข็งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้และความ คิดเห็นระหว่างนักวิชาการและนักวิจัย โดยในปัจจุบันมีสถาบันที่เป็นสมาชิกเครือข่ายจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลทั้ง 9 แห่ง สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน และมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปี พ.ศ. 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพจัด “การประชุมวิชาการเครือข่าย วิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13 (The 13 Conference of Electrical Engineering Network 2021: EENET2021) “

ครั้งที่	สถาบันเจ้าภาพ	ปี พ.ศ. ที่จัดงาน
1	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	2551
2	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	2553
3	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	2554
4	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	2555
5	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2556
6	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	2557
7	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	2558
8	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	2559
9	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	2560
10	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	2561
11	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	2562
12	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	2563
13	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	2564

คณะกรรมการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

รองศาสตราจารย์ ดร.โกศล โอพารไพโรจน์	ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.กาณฑ์ เกิดชื่น	ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.ประมุข อุณหเลขกะ	ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์	ประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.อุเทน คำน่าน	รองประธานกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หวังนิพานโต	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ระวี ระวีกุล	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.เวคิน ปิยรัตน์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประหยัด กองสุข	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ บุญนุ่น	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายชล ชุดเจือจีน	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี ศรีสงคราม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิชัย สง่างาม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิชัย บุญปิยทัศน์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกวิทย์ หายักวงษ์	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการ IEEE PES Thailand Chapter

รศ.ดร.นพ ลีปรีชานนท์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	Vice Chairman ด้าน Meeting & Conference, IEEE PES
นายสมชาย หอมกลิ่นแก้ว	รองผู้ว่าการ การไฟฟ้านครหลวง	Vice Chaiman ด้าน Technical Seminar, IEEE PES
ผศ.ดร.ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	Vice Chair ด้าน Students & Membership Activities, IEEE PES
รศ.ดร.นรเศรษฐ พัฒนเดช	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	Committee, IEEE PES
รศ.ดร.ธนพงษ์ สุวรรณศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	Committee, IEEE PES
รศ.ดร.สมพร สิริสำราญนุกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	Committee, IEEE PES
ผศ.ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	Committee, IEEE PES
ดร.ประดิษฐพงษ์ สุขสิริถาวรกุล	Hitachi ABB Power Grids (Thailand)	เลขาธิการ IEEE PES

คณะกรรมการดำเนินงานประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

ดร.กิจจา ไชยทนุ	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	ที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ	รองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	ที่ปรึกษา
ดร.อนุสรณ์ ยอดใจเพ็ชร	หัวหน้าสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า	ประธานกรรมการ
อาจารย์เพลิน จันทร์สุยะ	หัวหน้าหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า	รองประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภัศร์กรณ์ อารีย์กุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสพโชค โห้ทองคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ นางทิน	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประมวล ชูรัตน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วุฒิไกร จันทร์ขามเรียน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี	กรรมการ
ดร.วีระ ธันยาภิรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร	กรรมการ
ดร.ทศพล ทิพย์โพธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	กรรมการ
ดร.สุวัฒน์ กิจเจริญรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	กรรมการ
ดร.ไพวรรณ เกิดตรวจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	กรรมการ
ดร.กัญจนา ชัยอมฤต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	กรรมการ
นายปฏิวัติ บุญมา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	กรรมการ
นางสาววราภรณ์ ลือใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐภัทร พันธ์คง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
นายกรัณย์ ศิริจันทร์ชื่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	กรรมการ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วันไชย คำเสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง
รองศาสตราจารย์ ดร.ดนุพล คำปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา สาคะรังค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รองศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์นภัทร วัจนเทพินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รองศาสตราจารย์วิทยา ทิพย์สุวรรณพร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นาตยา คล้ายเรือง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุมารินทร์ แสงพานิช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพล จิรจริต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิวัฒน์ คงรัตนประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประหยัด กองสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณฐภัทร พันธ์คง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์เกียรติ์ เศวตเมธิกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย แดงเอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนา ดุสิตากร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศรี วรรณการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ สุดคนึง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร วุฒิพัฒนพันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันต์พงษ์ ศรีสถิตย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจษฎาพร สถานทรัพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกสิทธิ์ นุกูลเจริญลาภ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไกรฤกษ์ เชยชื่น	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญชา เหลือแดง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสพโชค โห้ทองคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลกฤษณ์ ทุนคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรจักร์ เมืองใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย เดชธรรมรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพดี หัตถสิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิต แก้วดวงตา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ยิ่งขยัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ยาวุฑฒิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพพร พัชรประกิติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิฑูรย์ พรมมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ เมตไตรพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ปงลังกา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนนท์ นำอิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกาศิต ศรีทะแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ทิพจร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ เคลือบวัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ พิมพ์คำวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ สากุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปภัศร์ชกรณ์ อารีย์กุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีรพล จันทร์หอม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุทธนา กันทะพะเยา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรายุธ ทองกุลภัทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย คล้ายคลึง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินิจ ศรีธร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะพงศ์ พันธ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรินทร์ศักดิ์ แซ่เตียว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรพิน ชาญนำสิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤตยา สมสัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย ครองกิจศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุริยา แก้วอาษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีรวรรณ แซ่เล้า	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุลักษณา มงคล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ ร่มพฤฒตาล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐฑี ถึงสุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์เทพ รักผกาวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล ชูรัตน์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ นางทิน	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรภพ ตู้ประกาย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นชิรัตน์ ราชบุรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรินทร์ แหงมงาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์องอาจ แสดใหม่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นายอดิศักดิ์ แข็งสาริกิจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ว่าที่ร้อยตรี ดร.สิทธิบูรณ์ ศิริพร อัครชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.วรรณพร ทีเก่ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิติพงษ์ สมไชยวงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กฤติเดช บัวใหญ่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประเสริฐ เผื่อนหมื่นไวย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พันธ์พงศ์ อภิชาตกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรวัฒน์ บุตรบุญชู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกวิทย์ หายักวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์คณิศร์ มาตรา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พกิจ สุวัตถิ์	มหาวิทยาลัยสยาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิภาวัลย์ นาคทรัพย์	มหาวิทยาลัยสยาม
อาจารย์ ดร.สรร รัตนสัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ ดร.กวีวัชร์ ทัติวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
อาจารย์ ดร.วิเชียร อูปแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
อาจารย์ ดร.ทศพล ทิพย์โพธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
อาจารย์ ดร.ปรัชญา มงคลไวย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

อาจารย์ ดร.ธีระศักดิ์ สมศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.จักรภพ ใหม่เสน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.สมนึก สุระธง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่
อาจารย์ ดร.กิ่งกาญจน์ ปวนสุรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
อาจารย์ ดร.อนุสรณ์ ยอดใจเพ็ชร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย
อาจารย์ ดร.มาลียา ตั้งจิตเจษฎา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
อาจารย์ ดร.ยุทธณา คงจีน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อาจารย์ ดร.ประจวบ อินระวงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อาจารย์ ดร.มงคล ด่านบำรุงตระกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
อาจารย์ ดร.ไพวรรณ เกิดตรวจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อาจารย์ ดร.กัญจนา ชัยอมฤต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
อาจารย์ ดร.เสกสรร พลสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อาจารย์ ดร.วีระ ธันยาภิรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อาจารย์ ดร.สุธาสินี คุปตะบุตร	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
อาจารย์เมธา ทัศคร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร
อาจารย์ธิติพร ประมวน	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์นาวี รุจิดามพ์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์สุทธิพันธ์ อักษรเนียม	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ชำนาญ ปัญญาใส	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

สรุปจำนวนบทความที่ผ่านการพิจารณา

ไฟฟ้ากำลัง (PW)	23	บทความ
อิเล็กทรอนิกส์ วงจรและสื่อสาร (EC)	18	บทความ
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)	20	บทความ
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)	21	บทความ
ระบบควบคุมและการวัด (CT)	17	บทความ
พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน (ES)	36	บทความ
นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ (IN)	64	บทความ
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)	37	บทความ
หัวข้อพิเศษทางวิศวกรรมไฟฟ้า (SS)	1	บทความ
รวมทั้งสิ้น	**237**	**บทความ**

สรุปจำนวนบทความที่ผ่านการพิจารณาแยกตามหน่วยงาน

โรงเรียนนายเรือ	2	บทความ
กรมวิทยาศาสตร์บริการ	1	บทความ
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต	1	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	1	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (วิทยาเขตระยอง)	1	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	5	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก	1	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี	4	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	20	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	4	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	6	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	9	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	12	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	4	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา	8	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น	16	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร	15	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2	บทความ
มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	2	บทความ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น	3	บทความ
มหาวิทยาลัยทักษิณ	1	บทความ
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	2	บทความ
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	2	บทความ
มหาวิทยาลัยนเรศวร	1	บทความ
มหาวิทยาลัยนครพนม	9	บทความ
มหาวิทยาลัยบูรพา	4	บทความ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	4	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย	1	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี	1	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ	2	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา	1	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด	4	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	1	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม	1	บทความ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี	1	บทความ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	9	บทความ
มหาวิทยาลัยศิลปากร	3	บทความ
มหาวิทยาลัยสยาม	3	บทความ
วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร	1	บทความ
วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี	1	บทความ
วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย	1	บทความ
สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	10	บทความ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	3	บทความ
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ	1	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่	14	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย	43	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก	5	บทความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง	5	บทความ
รวมจำนวนสถาบันที่ร่วมนำเสนอบทความ	**49**	**สถาบัน**

ร่างกำหนดการประชุมวิชาการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13 แบบ Online

(The 13th Electrical Engineering Network 2021)

ระหว่างวันที่ 12-14 พฤษภาคม 2564

Wednesday 12th May 2021	
09.00 - 09.30	พิธีเปิด โดยนายสว่าง ภู่พัฒน์วิบูลย์ ประธานกรรมการคณะบุคคลปฏิบัติหน้าที่แทนสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
09.30 - 10.00	Opening Ceremony & Presentation of EENET Association
10.00 - 10.30	บรรยายพิเศษ ดร.กฤษณพงศ์ กีรติกร
10.30 - 11.00	บรรยายพิเศษ ประธานบริษัท SNC
11.00 - 12.00	เสวนาหัวข้อ “การสร้าง 9 RMUT platform เพื่อการปฏิรูปและพลิกโฉมประเทศ”
12.00 - 13.00	Lunch
13. 00 - 13.30	Keynote Speaker 1 ศ.ดร. อรรถกร เก่งพล
13.30 - 13.40	Break
13.40 - 14.10	Keynote Speaker 2 รศ.ดร. สมพร สิริสำราญนุกูล
14.10 - 14.20	Break
14.20 - 14.50	Keynote Speaker 3 รศ.ดร. ยุทธนา ขำสุวรรณ์
14.50 - 15.00	Break
15.00 - 15.30	Keynote Speaker 4 รศ.ดร. ศราวุธ ชัยมูล
15.30 - 15.40	Break
15.40 - 16.10	Keynote Speaker 5 อ.ทัศพันธ์ สุวรรณทัต