



“วิจัยเพื่อการพัฒนานวัตกรรมสู่ความยั่งยืน”

RUSCON



รายงานสืบเนื่อง การประชุมวิชาการระดับชาติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่

4

Proceedings

15-16 กรกฎาคม 2563

ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ศูนย์พระนครศรีอยุธยา หันตรา

ISBN 978-974-625-901-9 (e-book)

www.ruscon.rmutsb.ac.th



SCAN ME

สารจากบรรณาธิการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ มีภารกิจที่สำคัญ ในการจัดการศึกษา และส่งเสริมวิชาการและวิชาชีพขั้นสูง ในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการนำองค์ความรู้จากการวิจัย และการสร้างนวัตกรรม เพื่อพัฒนาประเทศและเสริมสร้างศักยภาพการแข่งขันของประเทศสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน จึงได้จัดการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 4 ขึ้น ในหัวข้อ “วิจัยเพื่อการพัฒนา นวัตกรรมสู่ความยั่งยืน” เพื่อเป็นเวทีให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเผยแพร่ผลงานการวิจัย นวัตกรรม สู่สังคม ภายนอก ตลอดจนเกิดเครือข่ายการวิจัยของนักวิจัยในสถาบันอุดมศึกษา ทั้งหน่วยงานภายในและภายนอก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

เป็นที่น่ายินดีเป็นอย่างยิ่ง การจัดการประชุมวิชาการในครั้งนี้ ได้รับความสนใจจากคณาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป จำนวน 38 หน่วยงาน ส่งบทความเข้าร่วมนำเสนอทั้งภาคบรรยาย และภาคโปสเตอร์ จำนวนทั้งสิ้น 159 บทความ ได้รับการตอบรับให้เข้าร่วมนำเสนอ 133 บทความ โดยจำแนกออกเป็นสาขา วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาเกษตรศาสตร์และอุตสาหกรรมอาหาร สาขาบริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และวิจัยสถาบัน และสาขาการศึกษา

ในโอกาสนี้ ในนามของคณะผู้จัดการประชุมวิชาการ ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์พิเศษชัยสิทธิ์ ตราชูธรรม นายกสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ให้เกียรติเป็นประธานเปิดงาน ขอขอบคุณ ดร.กิตติพงศ์ พร้อมวงศ์ ผู้อำนวยการสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ ให้เกียรติบรรยายพิเศษแก่นักวิจัยและผู้เข้าร่วมนำเสนอผลงาน และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าของท่านในการประเมินบทความทางวิชาการจำนวนมากและขอบคุณสำหรับคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อผู้เขียนบทความและคณะผู้จัดประชุมวิชาการในครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประชุม ผู้นำเสนอผลงานวิจัย และคณะกรรมการดำเนินงานทุกท่านที่กรุณาให้ความร่วมมือช่วยเหลือและสนับสนุนจนทำให้การจัดการประชุมวิชาการระดับชาติครั้งนี้สำเร็จลุล่วงและบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ทุกประการ หากมีข้อผิดพลาดหรือบกพร่องประการใด คณะผู้จัดงานขออภัยเป็นอย่างสูงและยินดีรับคำชี้แนะจากทุกท่าน เพื่อให้การจัดการประชุมวิชาการในครั้งต่อไปมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น หวังว่าคงได้พบกับทุกท่านอีกครั้ง ในการจัดงานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิครั้งต่อไป

รองศาสตราจารย์นภัทร วัจนเทพินทร์

บรรณาธิการ

สารบัญ

หน้า

สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย	
การประยุกต์ใช้โปรแกรม REXYGEN สำหรับการสร้างระบบควบคุมแบบเรียลไทม์ ปรีชา สาคะรังค์	1
การพัฒนาเครื่องมือการสอนบนพื้นฐานซอฟต์แวร์โปรเตจัสสำหรับการวัดกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ บุญเรือง วงศ์ลาบัตร์ และ ปณณวิชญ์ ภัทร์สรณศิริ	8
การผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกจากพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ สรายุทธ ทองกุลภักดิ์	19
การวิเคราะห์การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าที่มีผลมาจากการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ พีรวัจน์ มีสุข ชยพล เลี้ยวประเสริฐกุล และ ศิริศักดิ์ สนั่นเจริญ	28
ระบบควบคุมไฮโดรลิคสำหรับใบดันดินอัตโนมัติให้อยู่ในแนวระดับ พงษ์พันธ์ คำป๋อก และ พัทธมน ปรามไทย์	39
การศึกษาและออกแบบอุปกรณ์ปรับแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติโดยวิธีการสวิตชิ่ง ศิริศักดิ์ เผ่าผาง	49
ระบบจัดการน้ำในสวนทุเรียน กรณีแหล่งน้ำไม่เพียงพอ อภิรักษ์ จันทร์ทอง อาคม ลักษณะสกุล และ ภารดา อุทโท	61
การออกแบบตัวควบคุมพีไออย่างเหมาะสมสำหรับปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่ใช้เวลาไร้ผลสนองด้วยการค้นหาแบบค้างคาว ดนุพล คำปัญญา และ สัตถาภูมิ ไทยพานิช	70
Assessments of Raw Materials Volume Stock for Waste Power Plant Using Photogrammetry Technique Chanarop Vichalai and Lawan Kankaset	79
การพัฒนาเครื่องมือกำจัดกระป๋องเบียร์ล้มก่อนเข้าเครื่องบรรจุ เกสร วงศ์เกษม ณรงค์ธร เนื้อจันทา ปรีชา พึ่งภู และ ณอม ศิริระพุก	85
คุณสมบัติของแผ่นซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติ เอกสิทธิ์ เทียนมาศ และ สุรเชษฐ์ ตุ่มมี	92
อิทธิพลของกระแสเชื่อมต่อน้ำความถี่ในการเชื่อมพอกผิวแข็งเหล็กกล้าเครื่องมือเย็น เกรด JIS SKD11 ด้วยการเชื่อมอาร์กลดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ปริญญาวัตร ทินบุตร สำเนา โยธี และ กิตติพล ขาวงาม	101
การศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบพอลิโพรพิลีนกับผงไม้อยูคาลิปตัส ภูริพัส แสนพงษ์ ศรัญญู แสนแก้ว และ ประสาท ภูปรีม	110
การปรับปรุงความแข็งแรงของถังเก็บอากาศขนาด 64 ลิตร ด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ สกนธ์ เส็งสุวรรณ และ พัทธมน ปรามไทย์	118

สารบัญ

	หน้า
ระบบตรวจวัดสภาพอากาศที่มีผลต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว	127
เฉลิมพล รอดธงชัย อัคราวัชร อุบลสาร และ บพิตร ไชยนอก	
การประเมินสภาพแวดล้อมด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี เขต 2	136
ปิยชาติ ธาตรินรานนท์	
แบบจำลองการคาดการณ์ค่า pH ของน้ำในคลองชลประทาน กรณีศึกษา : คลองชลประทานมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม	141
ศักดิ์สิทธิ์ จั่นแก้ว อภิชัย เปล่งขำ และ บพิตร ไชยนอก	
การพัฒนาคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตพูนโดยใช้คอนกรีตที่ผ่านการทดสอบแล้วเป็นส่วนผสม	152
ลาวัลย์ ชันเกษตร	
ระบบการเก็บรวบรวมข้อมูลและการจัดการเสาร่วม	158
พนุสธน์ ห่อบุตร ก่อโชค จันทรวงกูร และ บารเมศ วรรณะภูติ	
การคัดเลือกบริษัทที่ปรึกษาด้านงานควบคุมการก่อสร้างทางของกรมทางหลวงชนบท โดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์	165
วชรพล ชัยศิริวันนทร์ วชรินทร์วิทย์กุล และ ตีบุญ เมธากุลชาติ	
ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในกระบวนการขออนุมัติวัสดุสำหรับใช้ก่อสร้าง กรณีศึกษาโครงการรถไฟฟ้าสายสีเขียว(เหนือ) สัญญา 2 ช่วงสะพานใหม่-คูคต	179
อัษฎางค์ บำรุง	
การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องล้างและอบแห้งท่อช่วยหายใจด้วยการประยุกต์ใช้ระบบการวัด	191
พัชรนันท์ ศรีธนาอุทัยกร และ สราวุธ ทองกุลภัทร์	
การประยุกต์ใช้เทคนิคการวางแผนงานก่อสร้างแบบเส้นดุลยภาพ (Line of Balance) กรณีศึกษา : โครงการก่อสร้างบ้านจัดสรรด้วยระบบสำเร็จรูป	198
จักรพรรดิ วงษ์พิมพ์ จักรภัทร โกบุตร และ ศรัณยู พรหมศรี	
การสำรวจภูมิศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ด้วยอากาศยานไร้คนขับ	204
ยอดชาย สิงห์ทอง	
การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต โดยวิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Flexsim	211
กรณีศึกษา: โรงงานผลิตกล่องกระดาษแห่งหนึ่ง	
อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก ประจวบ กล่อมจิตร ชลาลัย วงเวียน และ นรา สมัตถภาพงศ์	
การสร้างแบบจำลองและการจำลองการทำงานระบบเก็บพลังงานแบบใช้งานอุปกรณ์เก็บพลังงานหลายตัวโดยใช้การจัดการพลังงานด้านประสิทธิภาพ	220
พีรพล จันทร์หอม	
การลดเวลาในกระบวนการผลิตบ้านซิงค์	222
ประวิทย์ ตฤณรัชตเมธี นิกร สุขชาติ และ นนทโชติ อุดมศรี	

สารบัญ

	หน้า
การพัฒนาการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยเสียง	231
สุประวิทย์ เมืองเจริญ	
การพัฒนาและสร้างเครื่องต้นแบบตู้รับบริจาคเงินสภาพาษา	242
พัฒนชัย อ่วมวงษ์ สิริพร รุ่งสงฆ์ และ วิฑูฤทธิ์ โคตรมณี	
การพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมันฝรั่งด้วยล้อพวง	250
บัญชา พุทธากุล สุริยา น้ำแก้ว วิษณุ แฝงเมือง ไกรวิชญ์ ใจมั่น และ ณัฐพล ผิวทอง	
แนวทางการพัฒนาพื้นที่จตุรรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี	264
อรรธรณ จันทสุทโธ กมลวรรณ นิเค และ รัชพงษ์ ทองมาก	
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ	
การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับครูที่ปรึกษา กรณีศึกษา : ศูนย์ฝึกและอบรมเด็กและเยาวชนชาย	273
จังหวัดสมุทรปราการ	
ภัทรพล พรหมมัญญ	
ระเบียบวิธีใหม่เพื่อหาผลเฉลยของปัญหาค่าเริ่มต้น	283
อภิชาติ เนียมวงษ์ และ กันตชาติ เจริญจิตต์	
พลวัตการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอโมโนรมย์ จังหวัดชัยนาท	291
ณรงค์ พลธิรักษ์ ปริญญา นาคปฐุม และ เยี่ยมพล โชติปัญญาธรรม	
การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำตาลจากอ้อยในกระบวนการหีบสกัด	303
ตฤษฐพร แก้วสุก	
ระบบสนับสนุนการตัดสินใจบนสมาร์ตโฟนเพื่อการประมาณความต้องการใช้น้ำของพืชและการให้น้ำ	311
แบบอัตโนมัติ	
คัมภีร์ วีระเวช และ วีระ ศรีมาลา	
ระบบตรวจสอบข้อมูลเรือประมงความเป็นจริงเสริม:กรณีศึกษาเขตเศรษฐกิจพิเศษอ่าวตราด	322
วีระ ศรีมาลา และ คัมภีร์ วีระเวช	
ระบบจองคิวบริการร้านทำผม และการเริ่มใช้บริการด้วยคิวอาร์โค้ด กรณีศึกษาร้านโสภณบิวตี้บาร์เบอร์	332
ดวงใจ หนูเล็ก กิตติศักดิ์ มุ่งหมาย และ กฤษดา นุตยาพงษ์	
ศึกษาอัตราการรณรงค์ป้องกันที่มีผลต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ SEIR สำหรับการควบคุมการแพร่ระบาดของโรคไข้หวัดใหญ่	344
อนุวัตร จิรวัดนพานิข ยูวดี ทองปิด นเรศน์ ชุ่นหลี่ และ ชฎาภรณ์ ชัยฤทธิ์	
เอนโดไฟติกแบคทีเรียจากรากมันสำปะหลังและความสามารถในการสร้างสารส่งเสริมการเจริญของพืช	365
ปวีณา สุขสะอาด พรรณราย ดอกไม้เพ็ง และ ดารานัย รมเมือง	
การศึกษาคุณภาพแม่น้ำท่าจีนในจังหวัดนครปฐมด้วยการแจกแจงค่าสถิติแบบวงนัยทั่วไป	371
พิมพ์พรรณ อัมพันธ์ทอง ธนวัฒน์ พงษ์สุวรรณ จันทร์เพ็ญ วรรณรักษ์ และ วชิร เพ็ชรวงษ์	
คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของคอนกรีต กรณีศึกษา การก่อสร้างลานจอดรถ 10 ชั้น ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง	380
เบญจพร ทีปะปาล และ กุลธิดา บรรจงศิริ	

รายงานสืบเนื่อง

การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 4

บรรณาธิการที่ปรึกษา	ผศ.ไพศาล บุรินทร์วัฒนา รศ.ดร.กิตติ บุญเลิศนิรันดร์	
บรรณาธิการ	รศ.นภัทร วัฒนเทพินทร์	
รองบรรณาธิการ	ผศ.ทวีศักดิ์ ศรีจันทร์อินทร์ อาจารย์วิชัย มาแสง ดร.สิริลักษณ์ ประเสริฐกุลศักดิ์	
ฝ่ายพิสูจน์อักษร และจัดเตรียมต้นฉบับ	นางสาวสมพร วงศ์ศักดิ์ นางสาวพรพิมล เขียวพิมาย นางสาวจินดาพร คงเดช นางสาวอรุณรัตน์ อารยพันธุ์ นางสาวอามีนะห์ ไชยธานี นายสุรัตน์ วงศ์กุล นางสาวรัชฎาภรณ์ ธรรมโร	นางสาวอ้อมใจ บุญหนุน นางสาวขวัญฤทัย ภาคพิจารณ์ นายวรงค์ บุญนิมิตร นางสาวอารียา ภาคสุข นางสาวพนิดา เฟื่องขจร นางสาวน้ำทิพย์ แยมกลีบบัว
จัดพิมพ์โดย	สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ 60 หมู่ 3 ตำบลหันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000 โทรศัพท์/โทรสาร 035-709097 www.rdi.rmutsb.ac.th	
พิมพ์ครั้งแรก	สิงหาคม 2563	

คณะกรรมการฝ่ายวิชาการ

1. ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา	ประธานกรรมการ
2. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ด้านบริหารงานวิจัย	ประธานกรรมการ
3. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ด้านบริหารและพัฒนาระบบ	กรรมการ
4. รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ด้านบริการวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยี	กรรมการ
5. รศ.ดร.สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์	กรรมการ
6. ผศ.ดร.ลัดดาวัลย์ สํารามู	กรรมการ
7. ผศ.ดร.วสุธิดา นุริตมนต์	กรรมการ
8. ผศ.ดร.ไพบุลย์ เกียรติสุขคนาธร	กรรมการ
9. ผศ.ดร.ดนุพล คำปัญญา	กรรมการ
10. ดร.วิไลวรรณ วงศ์จินดา	กรรมการ
11. ดร.ณัฐพงศ์ วงษ์ดำเนิน	กรรมการ
12. ดร.จิตาภา เร่งมีศรีสุข	กรรมการ
13. ดร.วาณิช นิลนนท์	กรรมการ
14. นางสาวน้ำทิพย์ แยมกลีบบัว	กรรมการ
15. นางสาวพนิดา เฟื่องขจร	กรรมการ
16. นางสาวรัชฎาภรณ์ ธรรมโร	กรรมการ
17. นายวงศ์ บุญนิมิตร	กรรมการ
18. ว่าที่ร้อยตรีสุวินัย โสดาเจริญ	กรรมการ
19. นางสาวขวัญฤทัย ภาคพิจารณ์	กรรมการ
20. นางสาวอ้อมใจ บุญหนุน	กรรมการ
21. นางสาวสมพร วงศ์ศักดิ์	กรรมการและเลขานุการ
22. นางสาวอรุณรัตน์ อารยพันธุ์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
23. นางสาวจินดาพร คงเดช	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
24. นางสาวพรพิมล เขียวพิมาย	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
25. นางสาวอามีนะห์ ไชยธารี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิผู้ประเมินบทความ (Peer Review)

สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย

ศ.ดร.ประยุทธ์ อัครเอกมอลิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.ปิตินันท์ กร้ามาตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิภิตติพิชญ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.พีระยศ แสงโกชนัน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.วันชัย ยอดสุดใจ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ประมุข อุณหเลขกะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รศ.นภัทร วัจนเทพินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รศ.สุชาติ เอ็นวิเศษ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
พ.ท.ผศ.ดร.การุณย์ ชัยวณิชย์	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
ผศ.ดร.จิรพัฒน์ วาณิชพัฒน์โกศล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.พงษ์สิทธิ์ บุญรักษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผศ.ดร.วิระพงษ์ จันทร์สนาม	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.สุรพงศ์ บางพาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.ดร.ฉัตรพงษ์ สุขเกื้อ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.ชื่นสมณ ยัมดิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.ณรงค์ชัย วิวัฒนาช่าง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.ภัทรพงศ์ เกิดลามี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.ภาสพิรุฬห์ วัชรศรีสำโรง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.อภิชาติ อุฬารดินนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.อำนาจ จำรัสจุฑาผล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.เทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.กันต์พงษ์ ศรีสถิตย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผศ.พรพรรณ วัชรวิฑูร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผศ.ณัฐพงศ์ จันทรเพ็ชร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ทวีศักดิ์ ศรีจันทร์อินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.สุเชษฐ์ บำรุงศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.คมสันต์ งามขำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.ณัฐดนัย พรหมเจริญวงษ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.วินัย จันทรเพ็ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.สายชล ชูเดื่อจัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ดร.พลิชฐ์ สุวรรณภิงคาร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.ขจรศักดิ์ เจ้ากรมทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.สมพงษ์ พริยานต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิผู้ประเมินบทความ (Peer Review)

ดร.สมพร ศรีวัฒนพล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.ธงชัย อรัญชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.ยุพิน พูนดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ศ.ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.นวลวรรณ สุนทรวิชัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.พันธุ์ปิติ เปี่ยมสง่า	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.อาฟีฟ ลาเต๊ะ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รศ.ดร.ภูฟ้า เสวกพันธ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.อัศครินทร์ พูลกระจำง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.นงนุช สุขาวารี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ชนาภา คงมาก	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.สิงห์โต สกุลเหมฤทัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.สุจิตกัลยา มฤครัฐอินแปลง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร.กิตติพงษ์ ไสภณธรรมภาณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผศ.ดร.จันทนา แสนสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.เบญจพร สว่างศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.ทวีศักดิ์ สว่างเมฆ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.มนตรี สังข์ทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.อุทาน บุรณศักดิ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.อังคณา ไส่เกื้อ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผศ.ดร.ประมุข ภาวะกุลสุขสถิตย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ทวีศักดิ์ ศรีจันทร์อินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.พินทุสร ปัสณะจะโน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ยุพิน พวกยะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ราตรี เขี่ยมประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.มงคล ณ ลำพูน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.บังอร บุญปั้น	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.พิมสิริ สุวรรณะ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.รุจิรา คงนุ้ย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.อนิศรา เพ็ญสุข ตีบบแก้ว	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ธีรพร ชื่นพี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ณัฐดนัย พรรณเจริญวงษ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.สิริลักษณ์ ประเสริฐกุลศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.อดุลย์ หาญวังม่วง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิผู้ประเมินบทความ (Peer Review)

ดร.ธีระยุทธ์ เพลิดพริ้ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.สรชัย ชวรางกูร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.ประเทือง วงษ์ทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.บุญยง อมรดลใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.ธารณี นวสนธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

สาขาเกษตรศาสตร์และอุตสาหกรรมอาหาร

ศ.ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศ.ดร.สนั่น จอกลอย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศ.ดร.อรรถชัย จินตะเวช	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.กิตติ บุญเลิศนรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รศ.ดร.พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.วันชัย อัสวภูษิตกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.สุชาติ บุญเลิศนรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
รศ.อำนวยการ ทองคำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.เจษฎา มิ่งฉาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.ดร.นัยวิท เกลิมนนท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.เบญจมาภรณ์ พิมพา	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.พิทยา ใจคำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร.ละอองศรี ศิริเกษร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.วิจิตรา เหลียวตระกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ฉวีวรรณ บุญเรือง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.พาขวัญ ทองรักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.สุภารัตน์ สกุลคู	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ดร.วชิรญา เหลียวตระกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

สาขাবริหารธุรกิจและเศรษฐศาสตร์

รศ.จิตติมา อัครนิติพงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร.กัญญาณัฐ รัตนประภาธรรม	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.กิตติพงษ์ ไสยธรรมภาณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
ผศ.ดร.จันทนา แสนสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.จันทร์เพ็ญ วรรณารักษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.เจษฎา มิ่งฉาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.ดร.ณัฐสพันธ์ เผ่าพันธ์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผศ.ดร.ทวีศักดิ์ สว่างเมฆ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.นิศานาถ มั่งศิริ	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ผศ.ดร.พรวรรณ นันทแพทย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิผู้ประเมินบทความ (Peer Review)

ผศ.ดร.มนตรี สังข์ทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.ลัดดาวัลย์ ลำราญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.วสุธิดา นุริตมนต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.สุภาวดี สุชีชีพ มอสนัส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.สุรมงคล นิยมจิตต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.อมลยา โกไศยกานนท์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.อรนุช ฐิติวิริยะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.อัครวรรณ์ แสงวิภาค	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.กนกพร ภาคิฉาย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.คมกริช เซาว์พานิช	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ณภัทร ทิพย์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผศ.บุญส่ง วงศ์ฤทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.สุรัชย์ เอ็มอักษร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.พนัชกร สิมะขจรบุญ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ดร.ศุภรักษ์ อธิคมสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.สัมพันธ์ สุกใส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.เสถียรภักดิ์ มุขดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
ดร.แสงทอง บุญยิ่ง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

สาขาสังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์และวิจัยสถาบัน

รศ.ดร.กฤต ศรียะอาจ	มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย
รศ.ดร.ณัฏฐ์ ศรีดี	มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย
รศ.ดร.จรีพร กาญจนการุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รศ.ดร.ชานนท์ จันทรา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.อัจฉรา ปุระาคม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ปาจารย์ ผลประเสริฐ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
รศ.ดร.ภูฟ้า เสวกพันธ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.สนม ครุฑเมือง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รศ.ดร.สุพัฒน์ สุกมลสันต์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ว่าที่ร้อยเอก ดร.ธนู ทดแทนคุณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.อาณัติ รัตนภิรกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.อุทาน บุณศักดิ์ศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.มนตรี สังข์ทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.จันทร์เพ็ญ คล้ายมุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร.วิมลพรรณ รุ่งพรหม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิผู้ประเมินบทความ (Peer Review)

ผศ.ดร.อมรรัตน์ สนั่นเสียง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร.ประวิทย์ ประมาน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร.วาสนา บุญสม	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร.วารุณี ถิ่นนาคโคตี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ชวลิต ศรีสถาพรพัฒน์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.วิภารัตน์ แสงจันทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.พิกุล เอกวรางกูร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ทวีศักดิ์ สว่างเมฆ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.ดร.วรรณชน สีนบุตร	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผศ.จรรยา คำทิพย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ผศ.เนาวรัตน์ อินทรประสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.แจ่มจันทร์ บุญโญปกรณ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดวงจันทร์ สิ้นโพธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.บัญญัติ สัมมารัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.นันทวี วงษ์เสถียร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.สุวิมล พิบูลย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ลักษณะนันท พลอยวัฒนวงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.ชิตชัย สนั่นเสียง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.กานดา ศรีอินทร์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ดร.เสถียรภักดิ์ มุขดี	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
ดร.พนัชกร สิมะขจรบุญ	มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตเพชรบุรี
ดร.พลารักษ์ ไชยโย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.ธณภูมิ ปองเสียม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.ธารณี นวสันธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.นุชรรัตน์ นุชประยูร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
สาขาการศึกษา	
รศ.ดร.กนกพร นุ่มทอง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.ทิพรรัตน์ สิริทิววงศ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร.ปัญญา มินยง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.อัศรัตน์ พูลกระจำง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.ภูฟ้า เสวกพันธ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.สุชาติ เย็นวิเศษ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
รศ.สหายพล มีขุนึก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.กันต์พงษ์ ศรีสถิตย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
ผศ.ดร.ชนสิทธิ์ สิทธิสูงเนิน	มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิผู้ประเมินบทความ (Peer Review)

ผศ.ดร.ชานินทร์ จุฑิม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.จันทร์เพ็ญ คล้ายมุข	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร.พรเทพ ฐัฒน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร.มนตรี สังข์ทอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.ดร.ยอดธง รอดแก้ว	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ผศ.ดร.สรกฤช มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.สุวิทย์ ไวยกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผศ.ดร.วารุณี ถิ่นโชคดี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ไชยยะ ธนพัฒนศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผศ.เนาวรัตน์ อินทรประสิทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผศ.วรรณภา ศรีเพ็ชรพร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ดร.ชิดชัย สนั่นเสียง	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.อังคณา อ่อนธานี	มหาวิทยาลัยนเรศวร
อ.วิมลวรรณ เปี้ยยก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

4ER-O04: การวิเคราะห์การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าที่มีผลมาจาก การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Analysis of Electric Fields Distribution Effect from Transformer Testing

By Using Finite Element Method

พีรวัจน์ มีสุข^{1*} ชยพล เลี้ยวประเสริฐกุล¹ และ ศิริศักดิ์ สนเจริญ¹

Peerawat Meesuk^{1*}, Chayapol Liaoprasertkul¹, and Sirisuk Sonjaroen¹

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์การกระจายของสนามไฟฟ้าที่มีผลจากการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งปัญหาสนามไฟฟ้าแสดงอยู่ในรูปของสมการเชิงอนุพันธ์อันดับสอง โดยได้วิเคราะห์การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าภายในบริเวณห้องทดสอบหม้อแปลงจากการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า 5 รายการทดสอบ คือ Applied Voltage Test 230 kV ทดสอบด้าน HV, Applied Voltage Test 44 kV ทดสอบด้าน LV, Induced AC Voltage Test 44 kV ทดสอบด้าน LV, Impulse Voltage Withstand Test 550 kV ทดสอบด้าน HV, Impulse Voltage Withstand Test 125 kV ทดสอบด้าน LV ในการจำลองผลได้ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 2 มิติ จากกล่องเครื่องมือ PDE TOOL ในโปรแกรม MATLAB พร้อมแสดงผลทางกราฟิกของค่าสนามไฟฟ้าที่มีผลต่อการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า ในการทดสอบ Impulse Voltage Withstand Test 550 kV ได้ค่าสนามไฟฟ้า 281.17 kV/m ซึ่งมีค่ามากที่สุด ส่วนการทดสอบ Applied Voltage Test 44 kV และ Induced AC Voltage Test 44 kV ได้ค่าสนามไฟฟ้า 23.079 kV/m ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด

คำสำคัญ: หม้อแปลงไฟฟ้า การทดสอบ สนามไฟฟ้า วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

This article presents an analysis of the distribution of electric fields effect from the testing of transformers. In which the electric field problem is expressed as the second differential equation. By analyzing the distribution of electric fields within the transformer test room area from the testing of the 5 transformer testing items, Applied Voltage Test 230 kV HV Test, Applied Voltage Test 44 kV LV Test, Induced AC Voltage Test 44 kV LV Test, Impulse Voltage Withstand Test 550 kV HV Test, and Impulse Voltage Withstand Test 125 kV LV Test. In the simulation, 2D finite element method was used from the PDE TOOL toolbox in MATLAB. Instructed in computer programming environment with graphical representation for electric field strength has been evaluated. In the Impulse Voltage Withstand Test 550 kV, the electric field value is 281.17 kV/m which is the highest value. But Applied Voltage Test 44 kV and Induced AC Voltage Test 44 kV have the electric field 23.079 kV/m which is the least.

Keywords: Transformer, Testing, Electric Fields, Finite Element Method

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

¹ Faculty of Engineering and Industrial Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University

* Corresponding author. E-mail: peerawat.me@bsru.ac.th

บทนำ

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าโดยทำหน้าที่ปรับลดหรือเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน ซึ่งการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นระยะเวลานานอาจจะทำให้หม้อแปลงที่ใช้มีความผิดปกติหรือการชำรุดขึ้นได้ (ภาณุณัณ พิลลิตะธนกุล, พิชิต อ้วนไตร และพิเชษฐ์ ศรีयरรงค์, 2559)

จึงจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาให้สามารถใช้งานได้ปกติ ในขั้นตอนการบำรุงรักษานั้นจะมีการทดสอบหม้อแปลงตามมาตรฐานการทดสอบหม้อแปลงก่อนการนำกลับไปใช้งานเพื่อความปลอดภัยของระบบไฟฟ้า

การทดสอบหม้อแปลงถือว่าเป็นงานที่มีอันตรายสูง เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานอาจจะสัมผัสกับกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่มีปริมาณสูงจากการทดสอบได้ ดังนั้นการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้านี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในขั้นตอนการทดสอบนี้ต้องเป็นไปด้วยความละเอียดรอบคอบและปลอดภัย โดยจะต้องผ่านการทดสอบและผู้ปฏิบัติงานจะต้องปลอดภัยจากการทดสอบนี้เช่นเดียวกัน ดังนั้นในการทดสอบจะใช้แรงดันไฟฟ้าสูงส่งผลให้เกิดสนามไฟฟ้าที่มีปริมาณมากด้วยเช่นเดียวกันกับแรงดันไฟฟ้า หากผู้ปฏิบัติงานสัมผัสสนามไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้าที่ระดับแรงดันสูงจะทำให้ผู้ทดสอบได้รับบาดเจ็บ พิการหรือเสียชีวิตได้

ปัญหาสนามไฟฟ้าเป็นปัญหาหนึ่งทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ที่แสดงอยู่ในรูปของสมการเชิงอนุพันธ์ (Differential Equation) หรือสมการอินทิกรัล (Integral Equation) เป็นไปได้ยากที่จะหาผลเฉลยแม่นยำได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการหาผลเฉลยโดยประมาณด้วยวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข สำหรับวิธีการหาผลเฉลยโดยประมาณของสมการที่อยู่ในรูปอนุพันธ์ย่อย (Partial differential equation : PDE) วิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และได้รับความนิยมแพร่หลายในปัจจุบัน ได้แก่ วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method : FEM) (Meesuk, P., Kulworawanichpong, T., and Pao-la-or, P., 2011) โดยนำมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรม ระเบียบวิธีนี้ได้แบ่งพื้นที่ของปัญหาเป็นชิ้นส่วนย่อยที่ประกอบขึ้นเป็นจุดต่อ โดยเชื่อมต่อกันด้วยกริดสำหรับ ปัญหา 2 มิติ นิยมใช้ชิ้นส่วนย่อยที่เป็นรูปสามเหลี่ยมสามจุดต่อเพื่อประมาณโดเมนของปัญหาซึ่งข้อดีของระเบียบวิธีนี้คือ สามารถหาผลเฉลยของระบบที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ นอกจากนี้ยังง่ายต่อการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตที่อาจมีหลายลักษณะผสมกันอยู่ในระบบ ในปัจจุบันมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์หลายโปรแกรมที่นำระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรมได้หลากหลายรูปแบบ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องนำวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาใช้ในการดำเนินการวิเคราะห์การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าจากการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า ด้วยการพัฒนาวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ขึ้นโดยใช้กล่องเครื่องมือ PDE Tool ในโปรแกรม MATLAB

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากวงจรหนึ่งไปยังอีกวงจรหนึ่งโดยวิธีทางวงจรแม่เหล็กซึ่งไม่มีจุดต่อไฟฟ้าถึงกันและไม่มีส่วนทางกลเคลื่อนที่ โดยทั่วไปใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้มีขนาดลดลงหรือเพิ่มขึ้นจากเดิมโดยมีความถี่ไฟฟ้าคงเดิม หม้อแปลงที่ติดตั้งเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าทั่วไปของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดให้ใช้ได้ตั้งแต่ขนาด 10 kVA 1 เฟส จนถึง 250 kVA 3 เฟส นอกเหนือจากนี้เป็นหม้อแปลงที่ติดตั้งให้ผู้ใช้ไฟเฉพาะราย



Figure 1 หม้อแปลงไฟฟ้า

สนามไฟฟ้า

สนามไฟฟ้า หมายถึง บริเวณโดยรอบประจุไฟฟ้า ซึ่งประจุไฟฟ้าสามารถส่งอำนาจไปถึง หรือ บริเวณที่เมื่อนำประจุไฟฟ้าทดสอบเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้าทดสอบนั้นตามจุดต่าง ๆ ในบริเวณสนามไฟฟ้า ย่อมมีความเข้มของสนามไฟฟ้าต่างกัน จุดที่อยู่ใกล้ประจุไฟฟ้าต้นกำเนิดสนามจะมีความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงกว่าจุดที่อยู่ห่างไกลออกไป หน่วยของสนามไฟฟ้าคือนิวตันต่อคูลอมบ์ หรือโวลต์ต่อเมตร

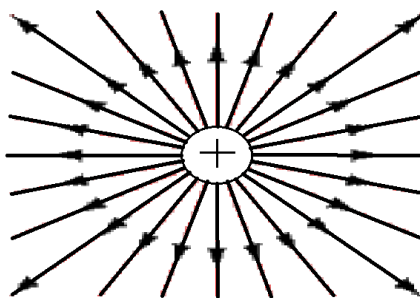


Figure 2 สนามไฟฟ้าจากประจุต้นกำเนิด +Q

ระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์เป็นระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อใช้คำนวณหาผลเฉลย โดยประมาณของปัญหาที่อยู่ในรูปสมการเชิงอนุพันธ์ โดยการแบ่งรูปร่างขอบเขตของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ แล้วสร้างสมการของแต่ละเอลิเมนต์ให้สอดคล้องกับสมการเชิงอนุพันธ์ และเอลิเมนต์ต่าง ๆ จะเชื่อมต่อกันด้วยจุดต่อซึ่งเป็นตำแหน่งที่คำนวณหาค่าผลเฉลย หลักการของระเบียบวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ คือ เริ่มจากการแบ่งรูปร่างของปัญหาออกเป็นพื้นที่หลาย ๆ ส่วนที่เรียกว่าเอลิเมนต์ โดยที่การกระจายและแรงภายในของแต่ละ เอลิเมนต์ ณ จุดที่เอลิเมนต์ต่อยกันจะต้องเข้ากันได้และสมดุล ซึ่งเอลิเมนต์ต่าง ๆ นี้ จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของแต่ละงานว่าต้องการรูปร่างลักษณะใกล้เคียงกับของจริงดั้งเดิม ซึ่งถ้าพิจารณาแบบ 2 มิติอาจอยู่ในรูปลักษณะของสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าก็ได้ โดยค่าผลเฉลยโดยประมาณที่มีจำนวนที่นับได้ที่จะคำนวณออกมานั้นจะมีความแม่นยำขึ้นอยู่กับขนาดและจำนวนของเอลิเมนต์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา

วิธีการศึกษา

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขที่สามารถหาผลเฉลยของปัญหาที่ซับซ้อนและจำลองรูปแบบลักษณะได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสนามไฟฟ้า (สุกัญญา, 2555)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าสามารถอธิบายได้ด้วยสมการ (1) ดังนี้

$$\nabla^2 \vec{E} - \left(\frac{1}{v^2} \right) \left(\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \right) - \mu \sigma \left(\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) = 0 \quad (1)$$

เมื่อ $\vec{E}$ คือ สนามไฟฟ้า (Electric Field)

μ คือ สภาพขั้วซึมได้ทางแม่เหล็ก (Permeability)

v คือ ความเร็วในการแพร่กระจาย (Propagation Velocity)

ความเร็วในการแพร่กระจายของสนามไฟฟ้าสามารถอธิบายได้ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างสภาพยอมทางไฟฟ้า (Permittivity : ϵ) กับสภาพขั้วซึมได้ทางแม่เหล็ก (μ) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังสมการที่ (2)

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}} \quad (2)$$

โดยที่ $\mu = \mu_0 \mu_r$ และ $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ เมื่อ μ_r คือ สภาพขั้วซึมได้ทางแม่เหล็กสัมพัทธ์และ ϵ_r คือสภาพยอมทางไฟฟ้า โดย $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ และ $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$ จากคุณสมบัติของระบบที่สามารถแปลงรูปจากโดเมนเวลาไปเป็นโดเมนความถี่ (Time Harmonic) จะได้ (พีรวัจน์ มีสุข ภูชิต ถึงสุข และเจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์, 2557)

$$\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \approx j\omega \vec{E} \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \approx -\omega^2 \vec{E} \quad (4)$$

ดังนั้นจึงได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การกระจายสนามไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าสำหรับปัญหาแบบ 2 มิติ แสดงได้ดังสมการที่ (5)

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\mu} \frac{\partial \vec{E}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\mu} \frac{\partial \vec{E}}{\partial y} \right) + (\epsilon \omega^2 - j\sigma \omega) = 0 \quad (5)$$

ระบบและขนาดของหม้อแปลงที่ใช้ในการจำลองผล

ในบทความนี้ได้ใช้หม้อแปลงขนาดพิกัด 50 MVA แรงดัน 115-22 kV Vector Group เป็นแบบ Dyn1 ความถี่ 50 Hz ขนาด 4 x 4 x 3 เมตร (Figure 3) การทดสอบหม้อแปลงจะทำการทดสอบบริเวณภายในห้องทดสอบจะมีการวางชุด

จ่ายแรงดันสำหรับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า (Figure 4) ทำการวางแบบห้องทดสอบหม้อแปลงสำหรับการจำลองผลการกระจายตัวของสนามไฟฟ้า (Figure 5)

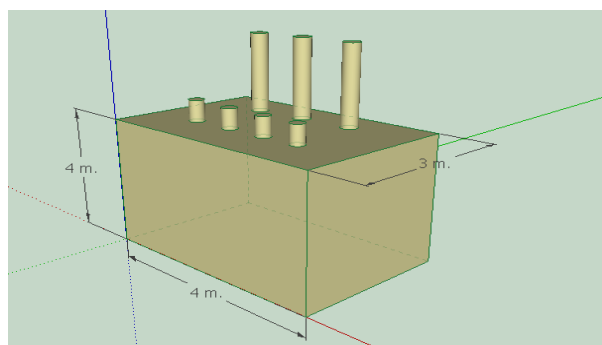


Figure 3 ขนาดของหม้อแปลงที่ใช้ในการทดสอบ



Figure 4 ห้องที่ใช้สำหรับการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

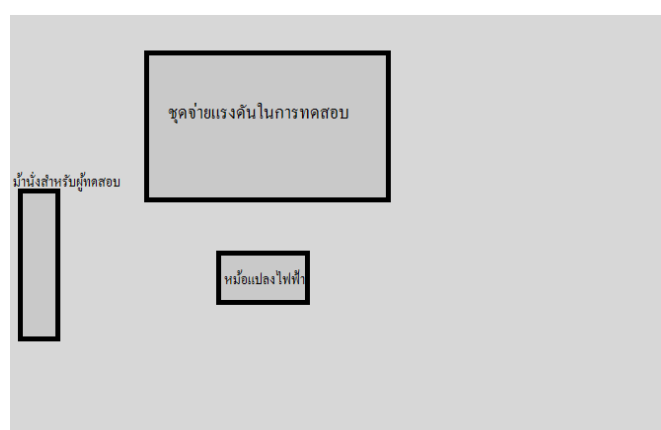


Figure 5 แบบห้องที่ใช้ในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

ในการจำลองผลการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าที่มีผลมาจากการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้านั้น มีวัสดุที่เกี่ยวข้องหลายชนิด โดยวัสดุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกัน Table 1

Table 1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า

วัสดุ	ค่าสภาพยอมทางไฟฟ้า ϵ (c^2/Nm^2)	ค่าสภาพการนำไฟฟ้า σ (S/m)	ค่าความซึมผ่านแม่เหล็ก μ (H/m)	ค่าความถี่เชิงมุม ω (rad/s)
ทองแดง	24.8×10^{-12}	5.96×10^7	1.256×10^{-6}	314.4
เหล็ก	125.7×10^{-12}	1×10^7	6.3×10^{-3}	0
ไม้	17.7×10^{-12}	10^{-16} ถึง 10^{-14}	1.256×10^{-6}	0
อากาศ	8.85×10^{-12}	10^{-15} ถึง 10^{-9}	1.256×10^{-6}	0
ยางแข็ง	29.79×10^{-12}	10^{-14}	1.256×10^{-6}	0
แก้ว	32.8×10^{-12}	10^{-15}	1.256×10^{-6}	0
อะคริลิก	23.9×10^{-12}	10^{-14}	1.256×10^{-6}	0

การคำนวณหาสนามไฟฟ้าด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อมาวิเคราะห์การกระจายตัวของสนามไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยใช้กล่องเครื่องมือ PDE ในโปรแกรม MATLAB เลือกปัญหาเป็นแบบ AC Power Electromagnetics Figure 6 มีรายละเอียดดังนี้ (Pramote Dechaumphai, 2016)

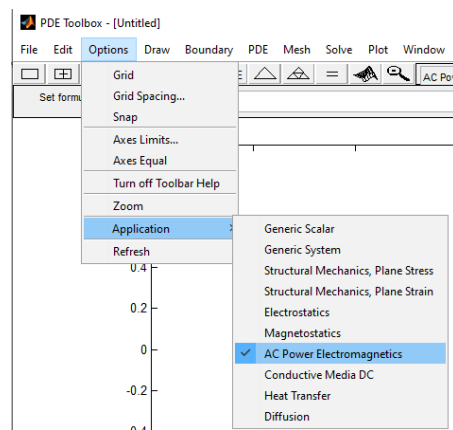


Figure 6 การเลือกปัญหา AC Power Electromagnetics ใน PDE Toolbox

1.) การวาดแบบห้องทดสอบโดยพิจารณาเป็นแบบสองมิติในมุมมองภาพด้านบนของห้องทดสอบ (Figure 7) ลงในหน้าต่างกล่องเครื่องมือ PDE ของโปรแกรม MATLAB โดยอ้างอิงแบบหม้อแปลง Figure 5 โดยกำหนดขนาดอุปกรณ์ในการทดสอบเพิ่มเติม Figure 7

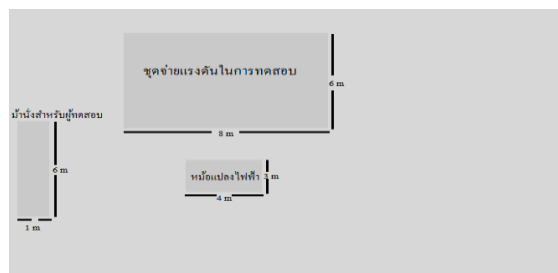


Figure 7 พิกัดและขนาดของห้องทดสอบหม้อแปลง

2) ทำการใส่ค่าขอบเขตเงื่อนไขของปัญหา โดยทำการเลือกที่ โหมด Boundary แล้วเลือก Boundary Condition เป็นแบบ Dirichlet จากนั้นให้ทำการใส่ค่าขอบเขตและค่า Weight ใส่ค่าคงที่ คือ 1 แล้วทำการกด OK (Figure 8)

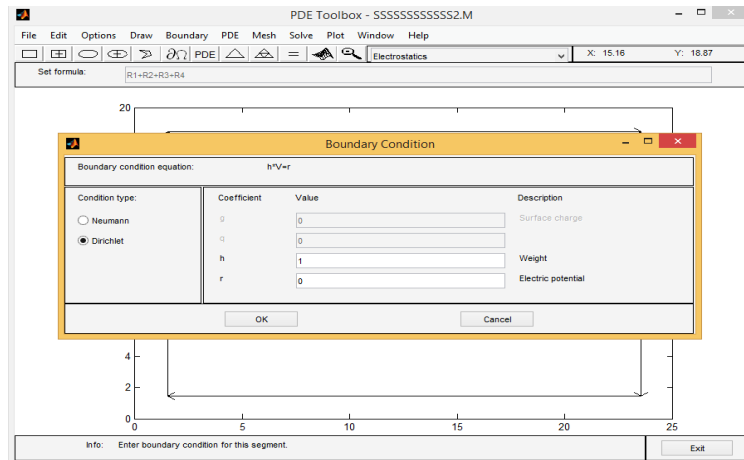


Figure 8 การใส่ค่าขอบเขตเงื่อนไขของปัญหา

3) ทำการใส่ค่าพารามิเตอร์ของวัสดุแต่ละชนิดที่อยู่ในห้องทดสอบ โดยการกดโหมด PDE ด้านบน (Figure 9)

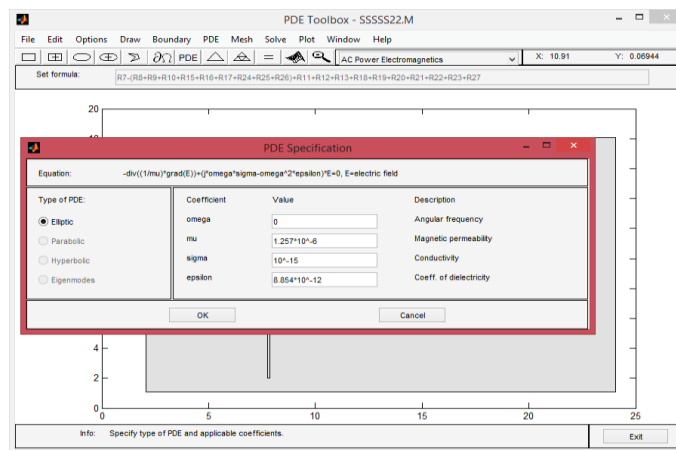


Figure 9 การใส่ค่าต่าง ๆ ในโหมด PDE

4) ทำการทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นพื้นที่ย่อย ในงานวิจัยนี้ได้เลือกพื้นที่ย่อยเป็นเอลิเมนต์แบบสามเหลี่ยมสามจุดต่อ (Figure 10)

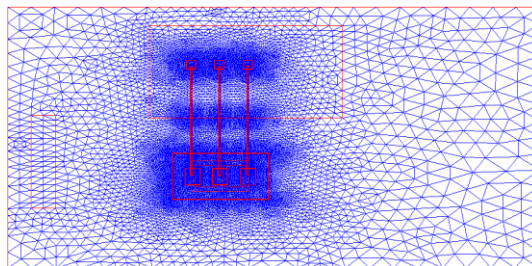


Figure 10 การแบ่งเอลิเมนต์แบบละเอียดของห้องทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าในแบบ 2 มิติ

5) ในโหมด Solve สามารถแก้ปัญหา PDE โดยทำการเลือกที่คำสั่ง solve PDE (Figure 11)

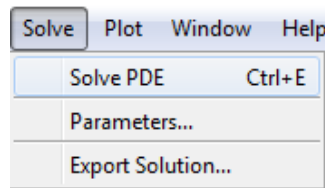


Figure 11 การแก้สมการ ในโหมด Solve

6) ทำการกดที่โหมด Plot แล้วเลือก Plot Selection จากนั้นทำการเลือก Colour map ให้เป็นโหมด jet แล้วกด Plot จะได้ภาพที่แสดงการเกิดสนามไฟฟ้า (Figure 12)

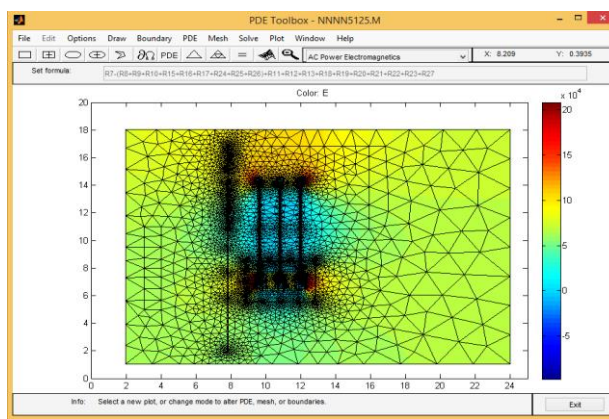


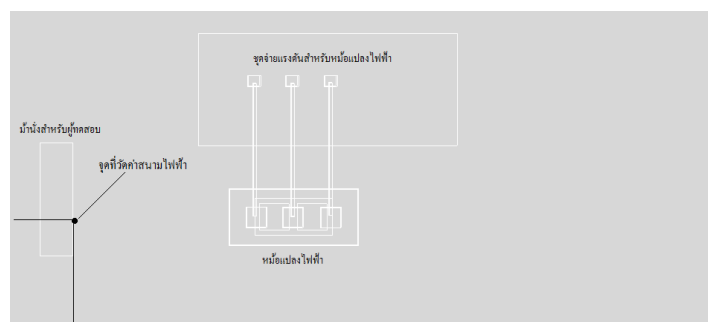
Figure 12 แสดงถึงการเกิดสนามไฟฟ้าในห้องทดสอบในโหมด Plot

ผลการศึกษา

ผลการจำลองการกระจายตัวของสนามไฟฟ้าของห้องทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า โดยจะทำการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 50 MVA ตามรายการทดสอบดังต่อไปนี้

- Applied Voltage Test
- Induced AC Voltage Test
- Impulse Voltage Withstand Test

สำหรับตำแหน่งที่ทำการเก็บค่าสนามไฟฟ้าจากการจำลองผลด้วยกล่องเครื่องมือ PDE TOOL ของโปรแกรม MATLAB คือจุด $y = 8 \text{ m}$ และ $x = 4 \text{ m}$ คือจุดที่หนึ่งสำหรับผู้ทดสอบ (Figure 13)



X=8 m
Y=4 m

Figure 13 ตำแหน่งที่ทำการเก็บค่าสนามไฟฟ้า

1.) การจำลองผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าของการทดสอบ Applied Voltage Test 230 kV

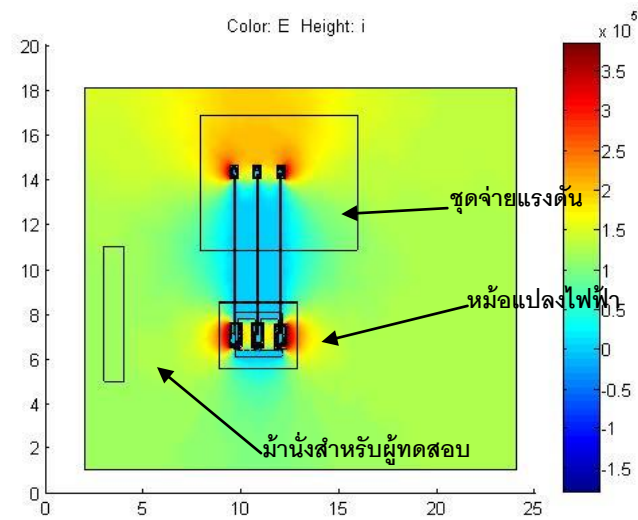


Figure 14 การจำลองผลสนามไฟฟ้าจากการทดสอบ Applied Voltage Test

2.) การจำลองผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าของการทดสอบ Applied Voltage Test และ Induced AC Voltage Test 44 kV ได้ค่าสนามไฟฟ้า 23.079 kV/m \

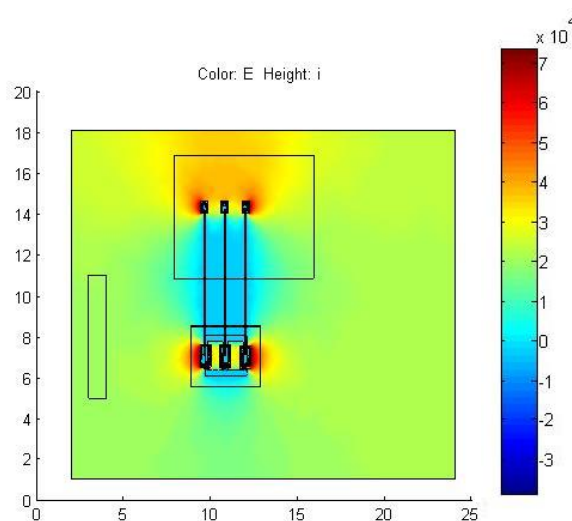


Figure 15 การจำลองผลสนามไฟฟ้าจากการทดสอบ Applied Voltage Test และ Induced AC Voltage Test 44 kV

3.) การจำลองผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าของการทดสอบ Impulse Voltage Withstand Test 550 kV ได้ค่าสนามไฟฟ้า 281.170 kV/m

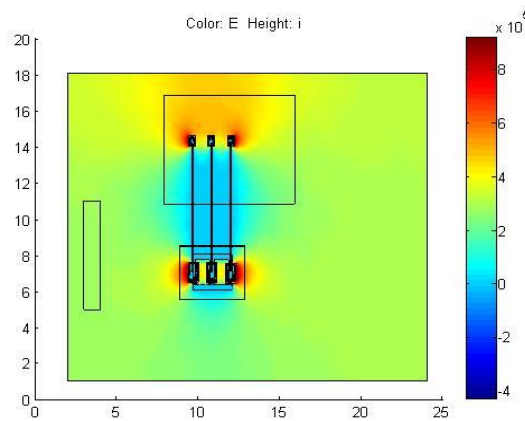


Figure 16 การจำลองผลสนามไฟฟ้าจากการทดสอบ Impulse Voltage Withstand Test 550 kV

4.) การจำลองผลการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าของการทดสอบ Impulse Voltage Withstand Test 125 kV ได้ค่าสนามไฟฟ้า 64.542 kV/m

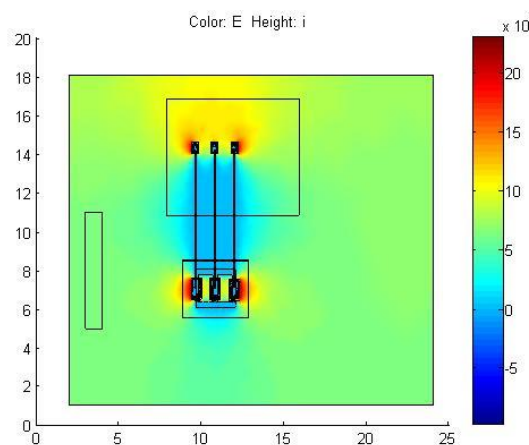


Figure 17 การจำลองผลสนามไฟฟ้าจากการทดสอบ Impulse Voltage Withstand Test 125 kV

จากผลการจำลองที่ได้พบว่า การทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 5 แบบ จะให้ค่าสนามไฟฟ้าที่มีค่าแตกต่างกัน โดยสนามไฟฟ้าจะมีค่าสูงบริเวณที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงได้แก่ที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า และที่บริเวณหม้อแปลง จากนั้นจะค่อยๆลดลงตามระยะห่างจากแหล่งจ่าย โดยการทดสอบที่ใช้แรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันทั้ง 5 การทดสอบจะได้ค่าสนามไฟฟ้าที่สูงสุดของแต่ละการทดสอบ (Table 2) แนวทางป้องกันสามารถนำวัสดุฉนวนมาทำเป็นอุปกรณ์ป้องกันขณะทดสอบหม้อแปลง

Table 2 ผลการจำลองสนามไฟฟ้าของห้องทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้าโดยไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน

การทดสอบ	แรงดันที่ใช้ (kV)	ค่าสนามไฟฟ้า (kV/m)
Applied voltage	230	117.589
Applied voltage	44	23.079
Induced AC voltage	44	23.079
Impulse Voltage	550	281.170
Impulse Voltage	125	64.542

สรุป

บทความนี้ได้วิเคราะห์ผลของสนามไฟฟ้าที่เกิดจากการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้า 5 รูปแบบการทดสอบ ประกอบด้วย การทดสอบ Applied voltage ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 230 และ 44 kV การทดสอบ Induced AC voltage ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 44 kV และ Impulse Voltage ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 550 และ 125 kV โดยการทำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบหม้อแปลงไฟฟ้ามาจำลองผลด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของกล่องเครื่องมือ PDE ของโปรแกรม MATLAB ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองผลพบว่า ค่าสนามไฟฟ้าจากการทดสอบ Impulse Voltage ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 550 kV มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 281.170 kV/m ซึ่งค่าสนามไฟฟ้าจะมีผลต่อผู้ทำการทดสอบโดยระดับของสนามไฟฟ้าที่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานที่ทำงานอยู่ที่ถูกกำหนดโดย International Commission of Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) โดย ICNIRP ได้กำหนดระดับของสนามไฟฟ้าที่ปลอดภัยต่อมนุษย์ในสถานประกอบการที่อยู่ตลอดชั่วโมงการทำงานให้มีค่าสนามไฟฟ้าได้ไม่เกิน 10 kV/m

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยนี้ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- พิรวัจน์ มีสุข ภูษิต ถึงสุข และเจนศักดิ์ เอกบุรณะวัฒน์, “การวิเคราะห์ผลกระทบของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากความผิดปกติของหม้อแปลงจำหน่าย,” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6, กระบี่, 26-28 มีนาคม 2557, หน้า 157-160
- ภาณุณัฏฐ์ สิริวิทย์ธนกุล, พิชิต อ้วนไทร และพิเชษฐ์ ศรีयरรวงศ์. (2559). ผลกระทบจากกระแสฟลัดต่อหม้อแปลงกระแสกรณีศึกษาในระบบไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1* (น. 12 -21). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
- สุกัญญา ทักษิ, ธนัชชัย กุลวรรณิพงษ์, อนันท์ อุ่นศิริไธย์, กิตติ อัดถกิจมงคล และเผด็จ เผ่าละอ. (2552). การวิเคราะห์สนามไฟฟ้าที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมรอบสายส่งไฟฟ้าแรงสูงขนาด 500 kV ด้วยวิธีไฟไนต์ อิลิเมนต์. *Engineering Journal of Research and Development*, 20(4), 45-51.
- International Commission of Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), “Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz),” *Health Phys.*, Vol. 74, No. 4, pp.494-522, 1998.
- Meesuk, P., Kulworawanichpong, T., and Pao-la-or, P. (2011). Magnetic Field Analysis for a Distribution Transformer with Unbalanced Load Conditions by Using 3-D Finite Element Method. *World Academy of Science Engineering and Technology*, issue 60, December 2011. pp. 339-344
- Pramote Dechaumphai.(2016) , *Calculus & Differential Equation with Mathematica* , Bangkok: Chulalongkorn University