ECTI Association

NIMT

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ
Conference Proceedings

ECTI-CARD 2020
การพัฒนานวัตกรรม เพื่อก้าวสู่สังคมอัจฉริยะ 4.0

การประชุมวิชาการระดับชาติ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12

26 - 27 พฤษภาคม พ.ศ. 2563

ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

CIM CS·IT·MT

ECTI-CARD 2020

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12

“การพัฒนานวัตกรรม เพื่อก้าวสู่สังคมอัจฉริยะ 4.0”

วันที่ 26-27 พฤษภาคม พ.ศ.2563

ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์

จัดโดย

สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

© 2020 ลิขสิทธิ์เป็นของสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ

สาส์นจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์มีวิสัยทัศน์ในการเป็นมหาวิทยาลัยที่สร้างและพัฒนานวัตกรรมที่สอดคล้องกับการพัฒนาท้องถิ่น สังคมและประเทศชาติ และเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ ภายในปี พ.ศ.2579 เพื่อให้เห็นถึงการบรรลุเป้าหมายของวิสัยทัศน์อย่างชัดเจน ได้แบ่งวิสัยทัศน์ออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้ วิสัยทัศน์ระยะที่ 1 (ปี พ.ศ.2561 – พ.ศ.2564) เป็นมหาวิทยาลัยเพื่อท้องถิ่นที่มุ่งเน้นการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีในการดำเนินการตามพันธกิจเพื่อมุ่งสู่ความเป็นเลิศ วิสัยทัศน์ระยะที่ 2 (ปี พ.ศ.2565 – พ.ศ.2569) เป็นมหาวิทยาลัยเพื่อท้องถิ่นที่สร้างและพัฒนานวัตกรรมที่สามารถชี้นำและสร้างสรรค์สังคมและประเทศชาติได้ วิสัยทัศน์ระยะที่ 3 (ปี พ.ศ.2570 – พ.ศ.2574) เป็นมหาวิทยาลัยเพื่อท้องถิ่นที่มีศักยภาพในการยกระดับคุณภาพของสังคม ประเทศชาติ และสร้างสรรค์องค์ความรู้สู่สากล และวิสัยทัศน์ระยะที่ 4 (ปี พ.ศ.2575 – พ.ศ.2579) เป็นมหาวิทยาลัยเพื่อท้องถิ่นที่มีศักยภาพในการแข่งขันเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ

ณ โอกาสนี้ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ได้ร่วมมือกับสมาคมวิชาการไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ (ECTI Association) และสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ร่วมกันจัดการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12 (ECTI-CARD 2020) “การพัฒนานวัตกรรม เพื่อก้าวสู่สังคมอัจฉริยะ 4.0” ระหว่างวันที่ 26-27 พฤษภาคม พ.ศ.2563 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ดังนั้นจึงนับเป็นโอกาสที่ดี ที่จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาการร่วมกันระหว่างนักวิจัย ผู้พัฒนา ผู้ใช้งาน และหน่วยงานต่าง ๆ ตลอดจนนิสิตนักศึกษาจากสถาบันการศึกษาทั่วประเทศ

ในนามของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ขอขอบคุณคณะกรรมการที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือในการจัดการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12 (ECTI-CARD 2020) และขออวยพรให้การ

จัดการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12 (ECTI-CARD 2020) สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี มีนวัตกรรมและงานวิจัยเชิงประยุกต์ที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาทางวิชาการ การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์หวังเป็นอย่างยิ่งว่าทุกท่านที่เข้าร่วมงานในครั้งนี้จะได้รับประโยชน์และสามารถนำไปใช้งานได้ในชีวิตจริงต่อไป

ผศ.ดร. ไชยรัตน์ ปราณี
รักษาราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

สาส์นจากนายกสมาคม ECTI

ขอต้อนรับทุกท่านเข้าร่วมการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12 ECTI-CARD 2020 “การพัฒนานวัตกรรม เพื่อก้าวสู่สังคมอัจฉริยะ 4.0” จัดโดยสาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ สมาคมวิชาการ ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและสารสนเทศประเทศไทย (ECTI Association) และสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ระหว่างวันที่ 26-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2563

การประชุมวิชาการ ECTI-CARD เป็นการประชุมวิชาการระดับชาติที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการนำเสนองานวิจัย การประยุกต์และงานสร้างสรรค์ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า สื่อสาร คอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงและเป็นประโยชน์กับประชาชนทั่วไป งานประชุมวิชาการนี้เริ่มจัดขึ้นโดยกรรมการของสมาคม ECTI ครั้งแรกจัดขึ้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี ค.ศ.2009 และได้เวียนกันจัดโดยมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร (2010) มหาวิทยาลัยรังสิต (2011) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (2012) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (2013) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา (2014) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย (2015) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครและสถาบันมาตรวิทยา (2016) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครและมหาวิทยาลัยราชภัฏเลย (2017) มหาวิทยาลัยนเรศวร (2018) มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี (2019)

ครั้งนี้นับเป็นครั้งที่ 12 ซึ่งจัดโดยสาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ สมาคมวิชาการ ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและสารสนเทศประเทศไทย และสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ระหว่างวันที่ 26-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2563 โดยมีหัวข้อหลักคือ “การพัฒนานวัตกรรม เพื่อก้าวสู่สังคมอัจฉริยะ 4.0”

ในปีนี้ด้วยการระบาดของ COVID-19 ซึ่งมีผลกระทบไม่เฉพาะในประเทศไทยเท่านั้นแต่ขยายในวงกว้างทั่วโลก กรรมการจัดงานและกรรมการของสมาคมได้ติดตามและประเมินผลกระทบของ COVID-19 ต่อการจัดงานในรูปแบบเดิม ในที่สุดมีมติร่วมกันเห็นว่า การจัดงาน ECTI-CARD ปีนี้ยังคงดำเนินการต่อไปและให้จัดงานในรูปแบบใหม่ คือ Virtual Conference ดังนั้นปีนี้จึงนับเป็นปีแรกที่ ECTI-CARD จัดการประชุมแบบการนำเสนอแบบสดผ่านทางไกล (Live on-line presentation) ทางผู้จัดและสมาคมได้ตระหนักดีว่ามนต์เสน่ห์ของ ECTI-CARD เป็นการนำเสนอผลงานในรูปแบบที่พบปะพูดคุยกันด้วยเป็นงานเน้นการประยุกต์ จึงมีการนำเสนอและสอบถาม และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่มที่มาร่วมงาน และมีจำนวนไม่น้อยที่เป็นแฟนพันธุ์แท้ของงาน ECTI-CARD ที่ยังคงทำงานและช่วยเหลืออย่างต่อเนื่อง ซึ่งโชคไม่ดีที่ปีนี้เราไม่สามารถจัดงานในรูปแบบที่เราคุ้นเคยได้ และหวังว่าการจัดในรูปแบบ Virtual Conference ปีนี้จะสร้างรูปแบบใหม่และประสบการณ์ใหม่ ที่จะเสริมจากเดิมและแตกต่างจากรูปแบบเดิม เพื่อจะเป็นแนวทางในการดำเนินการในรูปแบบใหม่ ๆ ในอนาคตต่อไป

ในนามของสมาคม ECTI กระผมขอแสดงความขอบคุณกรรมการผู้จัดงานทุกท่าน เจ้าภาพจัดงานจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ผู้แต่งบทความวิจัย ผู้ตรวจบทความวิจัย และทุกท่านที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการจัดงานนี้ ด้วยความร่วมมือดังกล่าว การประชุมวิชาการระดับชาติ ECTI-CARD 2020 จะบรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายในการจัดงานและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้ทุกท่านจะร่วมงานและสนับสนุนการประชุม ECTI-CARD ในปีต่อ ๆ ไป

รองศาสตราจารย์ ดร.สินชัย กมลภิวงศ์
นายกสมาคม ECTI

สาส์นจากประธานจัดงาน

“การผลิตบัณฑิตและพัฒนากำลังคนให้มีศักยภาพในการพัฒนาสังคมและประเทศชาติ การวิจัย บริการวิชาการและทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรมเพื่อเสริมสร้างศักยภาพของชุมชนท้องถิ่น” จะก่อให้เกิดความเจริญ ทั้งด้านสังคมเศรษฐกิจ เทคโนโลยี วัฒนธรรม และอื่น ๆ

ในการจัดการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12 (ECTI-CARD 2020) “การพัฒนานวัตกรรม เพื่อก้าวสู่สังคมอัจฉริยะ 4.0” ระหว่างวันที่ 26-27 พฤษภาคม พ.ศ.2563 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ เป็นไปตามยุทธศาสตร์ของสาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ โดยได้รับความไว้วางใจจากสมาคมวิชาการไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ (ECTI Association) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการรวบรวมผลงานวิจัย งานนวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์ และการพัฒนาเชิงประยุกต์ รวมทั้งเป็นการเปิดโอกาสให้นักวิจัย ผู้พัฒนา ผู้ใช้งาน และหน่วยงานต่าง ๆ ให้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางวิชาการร่วมกันซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาผลงานที่สามารถตีพิมพ์ได้ต่อไปในอนาคต

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ส่งบทความเข้าร่วมการประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 12 (ECTI-CARD 2020) ครั้งนี้ ซึ่งเป็นครั้งแรกในการนำเสนอผลงานทางวิชาการผ่านระบบออนไลน์

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ไชยรัตน์ ปราณี รักษาราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านสำหรับการจัดงาน ขอบคุณ รศ.ดร.สินชัย กมลภิวงศ์ นายกสมาคม ECTI Association ที่ให้โอกาสทางสาขาฯ ในการจัดประชุมวิชาการระดับชาติ ECTI-CARD 2020 และขอขอบคุณ นางอัจฉรา เจริญสุข

ผู้อำนวยการสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ที่สนับสนุนและอนุเคราะห์การจัดงาน ทางผู้จัดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าทุกท่านจะได้รับความประทับใจในการจัดงานครั้งนี้และอยู่ในความทรงจำของทุกท่านตลอดไป

นายภาสกร วรอาจ
ผู้อำนวยการสำนักศิลปะและวัฒนธรรม
รักษาราชการแทนรองอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Conference Committee

Advisory Chairs

ผศ.ดร.ไชยรัตน์ ปราณี	รักษาการอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
รศ.ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Honorary Chairs

นางอัจฉรา เจริญสุข	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ผศ.เบญจพร รอดอาวุธ	รักษาการคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.พงษ์ศักดิ์ ศิริโสม	ผู้อำนวยการสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

General Chairs

รศ.ดร.สินชัย กมลภิวงศ์	สมาคม ECTI มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร.อรสา เตติวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Technical Program Chairs

ผศ.ดร.อภิรักษ์ จันทร์สร้าง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.เอกรัฐ บุญเชียง	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.กฤษณ์ อ่างแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.ชานนท์ วริสาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.สุดชาย บุญโต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
รศ.ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
รศ.ดร.พรชัย พฤกษ์ภัทรานนต์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รศ.ดร.ยศชนัน วงศ์สวัสดิ์	มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ดร.ศริญญา ปะสะกวี	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ดร.สมพร พูลพงษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.ดร.นฤพนธ์ พนาวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อ.ประยุทธ สุระเสนา	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อ.ธนพัฒน์ วัฒนชัยธรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.วัฒนาพร วัฒนชัยธรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อ.เอกสิทธิ์ สิทธิสมาน	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Special Session Chair

ดร.นฤดม นวลขาว	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ดร.วีณา จันทร์รัชชกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.กฤษดา ขันกสิกรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Registration Chairs

ผศ.ภัคจิรา ศิริโสม	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อ.กาญจนา ยลสิริธัม	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.ดนุวัศ อิสรานนทกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ผศ.ปัทมนันท์ อิสรานนทกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Steering Committees

ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ กานต์ประชา	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ผศ.สุระเจตน์ อ่อนฤทธิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
รศ.ดร.สนั่น ศรีสุข	มหาวิทยาลัยนครพนม
ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ สากุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Finance Chair

ดร.นนชณัต ฉัตรภูติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อ.คณินณัฏฐ์ โชติพรสีมา	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
นางทัศนีย์ ทรัพย์ประมวล	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
นายศราวุธ ธะในสวรรค์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Publication Chairs

ดร.ชยันต์ นันทวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อ.เอกวิทย์ สิทธิวะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อ.วรชนันท์ ชูทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อ.ณัฐภัทร ศิริคง	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Secretary

รศ.ดร.ฐิติพงษ์ เลิศวิริยะประภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อ.ภาสกร วรอาจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อ.วิฑูร สนธิปักษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ดร.ถิรภัทร มีสำราญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

ผศ.ดร.ปัญญา แขน้ำแก้ว	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.สุดชาย บุญโต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.นนชณัต ฉัตรภูติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.ปรีชา ทองดิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.กฤษณ์ อ่างแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.ฐิติพงษ์ เลิศวิริยะประภา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.มนตรี ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.วิทวัส สิฏฐกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.เอกรัฐ บุญภูงา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์สุรชัย จันทร์ฉาย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร.วิภารัตน์ บุษยาตรัส	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.วีณา จันทร์รัชชกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ดร.กาญจนา ศิลาวราเวทย์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผศ.ดร.สันติ กูลการขาย	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ศ.ดร.ปิยะ โควินท์ทวีวัฒน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ดร.ชยันต์ นันทวงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
อาจารย์ภาสกร วรอาจ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ดร.กัณธิดา พันธุ์เจริญ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ดร.ณัฐพงศ์ วงศ์พร้อมมูล	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ดร.ภมร ศิลาพันธ์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ดร.อรทัย วัชรกฤชกรณ์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.ระพีพันธ์ แก้วอ่อน	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.สุมามาลย์ บรรเทิง	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รศ.ดร.พรชัย พฤกษ์ภัทรานนต์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รศ.ดร.สินชัย กมลภิวงศ์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
อาจารย์ตะวัน ภูรัต	มหาวิทยาลัยสยาม
นาวาตรีภาณุกร วัฒนจัง	โรงเรียนนายเรือ สมุทรปราการ
นาวาโทธีรพงศ์ โอฬารกิจอนันต์	โรงเรียนนายเรือ สมุทรปราการ
ดร.ธีรพงศ์ อรชร	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผศ.ดร.ปัณณวิชญ์ ภัทร์สรณ์สิริ	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผศ.ชนัญญ์ชัย วุฒิธันยาวัฒน์	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ผศ.พิษณุ ศรีธงชัย	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
ดร.สมปอง วิเศษพานิชกิจ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.อภิรัฐ ลิ่มมณี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.ณัฐกานต์ พุทธรักษ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.ตุลยา ลิมปิติ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.นภัทร สระเอี่ยม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.พิชญ สุพรรณกูล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.สถาพร พรหมวงศ์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.สิรภพ ตู้ประกาย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.อัครพล ตรีรัตน์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.ชานนท์ วริสาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.กรภัสร์สิษฐ์ พรมอาสา	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ดร.ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ดร.นฤดม นวลขาว	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ดร.ศริญญา ปะสะกวี	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ดร.กฤตลักษณ์ ปะสะกวี	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิประจำห้องนำเสนอผลงาน

ดร.ศักดิ์ดา พรรณไวย	บริษัท ทางยกระดับดอนเมือง จำกัด (มหาชน)
ผศ.ดร.ปัญญา แขน้ำแก้ว	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.อนันต์ ผลเพิ่ม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.ปรีชา ทองดิษฐ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.กฤษณ์ อ่างแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร.วีณา จันทร์รัชชกูล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.ณัฐพงศ์ พันธุนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
รศ.ดร.ยศชนัน วงศ์สวัสดิ์	มหาวิทยาลัยมหิดล
รศ.ดร.กฤษดา ขันกสิกรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
ดร.กัณธิดา พันธุ์เจริญ	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ดร.ณัฐพงศ์ วงศ์พร้อมมูล	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ดร.ภมร ศิลาพันธ์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผศ.ดร.ระพีพันธ์ แก้วอ่อน	มหาวิทยาลัยศิลปากร
รศ.ดร.พรชัย พฤกษ์ภัทรานนต์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รศ.ดร.แสงสุรีย์ วสุพงศ์อัยยะ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รศ.ทศพร กมลภิวงศ์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร.อภิรัฐ ลิ่มมณี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.ชานนท์ วริสาร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ดร.ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ดร.นฤดม นวลขาว	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
ดร.ศิริญญา ปะสะกวี	สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

สรุปจำนวนบทความในงานประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2020

จำนวนบทความที่ส่งเข้าร่วมการพิจารณา	119 บทความ
ผ่านการพิจารณา	105 บทความ
- นำเสนอแบบบรรยาย (Oral Presentation)	97 บทความ
- นำเสนอแบบโปสเตอร์ (Poster Presentation)	8 บทความ
ไม่ผ่านการพิจารณา	14 บทความ

สรุปจำนวนบทความที่ผ่านการพิจารณา

กลุ่มที่ 1	การเกษตรอัจฉริยะ อุตสาหกรรม การเกษตร	8 บทความ
กลุ่มที่ 2	เทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์การกีฬา	4 บทความ
กลุ่มที่ 3	การประหยัดพลังงาน การจัดการพลังงาน บ้านอัตโนมัติ	2 บทความ
กลุ่มที่ 4	การเรียนการสอนทางไกล การศึกษาบันเทิง คอมพิวเตอร์แอนิเมชัน	4 บทความ
กลุ่มที่ 5	การกู้ภัย ระบบเตือนภัย และพยากรณ์	3 บทความ
กลุ่มที่ 6	การสื่อสาร การสนับสนุนผู้ใช้ตามบ้าน เครือข่ายสังคม เครือข่ายไร้สาย	9 บทความ
กลุ่มที่ 7	การขนส่ง การควบคุมจราจร การจัดการอุตสาหกรรม	8 บทความ
กลุ่มที่ 8	ธุรกิจธนาคาร การท่องเที่ยว และการโรงแรม	1 บทความ
กลุ่มที่ 9	ระบบความปลอดภัย การควบคุมการเข้าถึง การยืนยันตัวตน ระบบตรวจจับ	7 บทความ
กลุ่มที่ 10	มาตรวิทยา การวัดและการควบคุม	5 บทความ
กลุ่มที่ 11	STEM เทคโนโลยีอุตสาหกรรม	6 บทความ
กลุ่มที่ 12	หัวข้ออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	14 บทความ
Special Session	นวัตกรรมและเทคโนโลยีสำหรับงานสื่อสารและอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ	11 บทความ
Special Session	วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	23 บทความ

รวมจำนวนบทความทั้งหมด	105 บทความ

Time	Paper ID	Title/Author
14.10-14.30	0079	การประยุกต์ใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สาย *สุรชัย จันทร์ฉาย กฤษณ์ อ่างแก้ว ภูริช เพชรประทานสุข และสุรภา เปล่งปลั่งศรี*
14.30-14.50	0082	ระบบควบคุมการระบายความร้อนของน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง *เชาวน์วัฒน์ เอื้อเฟื้อ ปัทมนิภา ไหว้พรหม พรวลัย ปัทวี วสุ โชติช่วง และสุขัณ กุลละวณิชย์*
14.50-15.10	0107	ระบบจำแนกต้นเหตุความขัดข้องของเครือข่ายลูกค้า *ธนบูรณ์ ชุติศักดิ์เกตุ และชัยพร ใจแก้ว*
15.10-15.30		Coffee Break

Session 4 วิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

Chairman: ดร.ชัยวัฒน์ เจษฎาจินต์ (สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ)

Time	Paper ID	Title/Author
15.30-15.50	0084	ป้ายไฟแอลอีดีตรวจจับความเร็วรถด้วยเรดาร์โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ *เชาวน์วัฒน์ เอื้อเฟื้อ นรรัตน์ วัฒนมงคล ยศกฤศ กุลเตชะวณิช และกฤษฎา บุบผาสังข์*
15.50-16.10	0087	เครื่องวิเคราะห์ความเสี่ยงในการป่วยเป็นโรคเบาหวานจากปัสสาวะในห้องน้ำชาย *ธนภูมิ สุวรรณวารี ปภาวรินทร์ พรหมมาศ ปรินทร พันธ์สวัสดิ์ และพิพัฒน์ พรหมมี*
16.10-16.30	0091	ชุดปฏิบัติการการขนานหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส *ชัยรัตน์ วิสุทธิรัตน์ ปรากฤต เหลี่ยงประดิษฐ์ และนิมิต บุญภิรมย์*
16.30-16.50	0092	การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สภาวะแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าพิกัด *ภัควี หะยะมิน และชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล*
16.50-17.10	0109	การเพิ่มอัตราขยายสายอากาศระนาบไดโพลโดยใช้โครงสร้างแบบเส้นลวดแผ่นบาง *ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง และศรีฟอง สุภา*

Paper ID	บทความ	หน้า
0088	**ระบบตรวจจับและคัดแยกสิ่งมีชีวิตด้วยรูปภาพในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ** *อนิวัตติ์ ชลเกียรติภูมิ นนท์ เขียวหวาน สุชัยศรี ไลออน ชัยพร ใจแก้ว อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และอนันต์ ผลเพิ่ม*	255
0089	**ระบบขนส่งรูปภาพระยะไกลในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติแบบใกล้เคียงเวลาจริง** *นันทวรรณ หาญวิญญานันท์ นนท์ เขียวหวาน สุชัยศรี ไลออน อภิรักษ์ จันทร์สร้าง ชัยพร ใจแก้ว และอนันต์ ผลเพิ่ม*	260
0090	**ระบบควบคุมแสง LED และตรวจวัดภายในตู้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ** *รวินท์ ศรีสมบูรณ์ ชัยพร ใจแก้ว อภิรักษ์ จันทร์สร้าง วรรณรัตน์ ผลเพิ่ม และอนันต์ ผลเพิ่ม*	265
0091	**ชุดปฏิบัติการการขนานหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส** *ชัยรัตน์ วิสุทธิรัตน์ ปรากฤต เหลี่ยงประดิษฐ์ และนิมิต บุญภิรมย์*	270
0092	**การวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ สภาวะแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าพิกัด** *ภัควี หะยะมิน และชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล*	275
0093	**ระบบเฝ้าสังเกตการณ์รังนกเงือก** *กิตติภพ ปธานวนิช สิทธิชัย จินะมอย นนท์ เขียวหวาน อนันต์ ผลเพิ่ม อภิรักษ์ จันทร์สร้าง และชัยพร ใจแก้ว*	281
0096	**ระบบติดตามสัตว์แบบเวลาจริง และวิเคราะห์ความเสี่ยงในการติดเชื้อ** *วรชัย วุฒิวรชัยรุ่ง อนันต์ ผลเพิ่ม ชัยพร ใจแก้ว สุชัยศรี ไอออน และอภิรักษ์ จันทร์สร้าง*	286
0097	**ระบบการจัดการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องสำอางสตรี** *อุไรวรรณ อินทร์แหยม กรกนก แก้วจันทร์ และปวีณา อำไพ*	290
0098	**การพัฒนาระบบติดตามพิกัดของ High Altitude Balloon ด้วยระบบ APRS** *ตรงศร ไชยสีทา ธงทอง ณ นคร ชัญญา ประเทศรัตน์ ภีมวิชญ์ สุทธิกาญจน์ ศรวัฒน์ ชิวปรีชา และอัครพล ตรีรัตน์*	294
0099	**เครื่องทดสอบเวลาตอบสนองสำหรับกีฬา** *ณัฐพล เวชกิจวาณิชย์ อนันต์ ผลเพิ่ม ชัยพร ใจแก้ว ณัฐิกา เพ็งลี นาทรพี ผลใหญ่ วิชาญ มะวิญธร และอภิรักษ์ จันทร์สร้าง*	299

ชุดปฏิบัติการการขนานหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส

Three Phase Transformer Parallel Laboratory Sets

ชัยรัตน์ วิสุทธิรัตน์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและ
อิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
Chairat.vi@spu.ac.th

ปรากฤต เหลี่ยงประดิษฐ์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและ
อิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
Prakit.li@spu.ac.th

นิมิต บุญภิรมย์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและ
อิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
Nimit.bo@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอชุดปฏิบัติการการขนานหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส โดยวัตถุประสงค์ของบทความเป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลองการขนานหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส ประกอบด้วย หม้อ-แปลงไฟฟ้าสามเฟส จำนวน 2 ชุด ขนาดพิกัดรวม 1800 VA โดยใช้หม้อ-แปลงไฟฟ้าเฟสเดียว 6 ตัวขนาดตัวละ 300 VA แรงดันไฟฟ้า 400/230 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.8/1.3 แอมแปร์ นำมาต่อให้เป็นหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส การออกแบบได้เน้นให้มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนสามารถนำไปใช้งานในห้องปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า โครงสร้างจะประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทางด้านทุติยภูมิที่มีการแยกกันทางไฟฟ้า และขดลวดทั้งสองพันรอบแกนเหล็ก EI บทความนี้ได้นำเสนอการคำนวณออกแบบและสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการเรียนรู้และสามารถประยุกต์ใช้งานได้จริงโดยเน้นการศึกษากลุ่มเวกเตอร์และการขนานหม้อแปลง โดยนำเสนอตัวอย่างของการขนานกลุ่มเวกเตอร์ในกลุ่มDy11,Dy3 และ Dd0 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การขนานหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส กลุ่มเวกเตอร์

Abstract

This paper presents the parallel three phase laboratory sets. The main objective is to design and to build the three-phase transformer laboratory sets that consists of 1800 VA two parallels three phase transformer. Each three-phase transformer composes the 3x300 VA single phase transformers. Firstly, the 6 sets of 300 VA ,400/230V, 0.8/1.3A single phase transformer which is suited to apply in the electrical machine laboratory are practically designed for electrical area application. The specification of these transformer that composes the isolated high voltage primary winding and isolated low voltage secondary winding which are wired in EI laminate core and the polarity terminal testing, vector groups of transformer wiring are also carried on. For the experimental results, the vector transformer banking in Dy11, Dy3, Dd0 are connected and primary line voltage, secondary line voltage of each groups is shown.

Keywords: Three Phase Transformer, Vector Groups

1. บทนำ

ปัจจุบันอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามความเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมและจำนวนประชากร การเพิ่มขยายของระบบจำหน่ายจะต้องเพียงพอต่อโหลดไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการจ่ายกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่าย บ่อยครั้งจึงมีความต้องขยายขนาดกำลังไฟฟ้า โดยทั่วไปจะใช้วิธีเพิ่มขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า หรือ ใช้วิธีหม้อแปลงไฟฟ้าหลายชุดมาขนานกัน แต่การขนานหม้อแปลงไฟฟ้ามีเงื่อนไขในการขนานหลายประการ ดังนั้นความรู้ความเข้าใจในส่วนนี้ จึงมีความจำเป็นสำหรับวิศวกรไฟฟ้า ดังนั้นนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าจะต้องศึกษาหลักการ และวิธีการขนานหม้อแปลงไฟฟ้าในกรณีต่าง ๆ อย่างลึกซึ้ง[1][2] บางครั้งได้มีการใช้แบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยการศึกษา[3]การศึกษาต้องศึกษาทางทฤษฎีแล้ว ยังต้องมีการศึกษาทางการปฏิบัติจริง เพื่อเป็นการเพิ่มทักษะและเรียนรู้ได้อย่างลึกซึ้ง โดยทั่วไปชุดปฏิบัติการที่มีจำหน่ายจากต่างประเทศจะมีขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองต่ำในระดับไม่ถึงหนึ่งร้อยโวลต์ ทำให้การศึกษาเกี่ยวกับหม้อแปลงไฟฟ้า เช่น ในส่วนกลุ่มเวกเตอร์เกิดค่าทางไฟฟ้าไม่เด่นชัด บทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดปฏิบัติการหม้อแปลงไฟฟ้ามีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างชุดปฏิบัติการในการศึกษาการขนานหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส การศึกษากลุ่มเวกเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส สำหรับห้องปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า

2. การต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส

การเพิ่มขยายของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ด้วยการเพิ่มหม้อแปลงไฟฟ้า ผู้ออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า นอกจากจะต้องคำนึงถึงลำดับเฟส ที่

ส่งผลต่ออุปกรณ์ใช้ไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า อาจหมุนในทิศทางที่ไม่ต้องการ ในการขนานหม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องคำนึงถึงค่ามุมเฟสที่เกิดขึ้นจากที่แรงดันไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ ซึ่งส่งผลโดยตรงในการเข้ากันได้ในการเชื่อมต่อระบบจ่ายไฟฟ้า หรือการโอนย้ายโหลด ดังนั้นนักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้าที่จะเป็นวิศวกรไฟฟ้า จะต้องมีความเข้าใจในส่วนนี้อย่างถ่องแท้ ในเนื้อหากลุ่มเวกเตอร์ของหม้อแปลงส่งผลให้การขนานหม้อแปลงหรือการโอนย้ายโหลดเป็นไปอย่างถูกต้อง มิให้เกิดความผิดพลาดเสียหาย

2.1 กลุ่มเวกเตอร์ของหม้อแปลง

ในการต่อวงจรหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส สามารถต่อได้หลายแบบที่พบมากมีอยู่สองแบบคือ การต่อแบบสตาร์(Star)หรือแบบ(Wye ; Y) และการต่อแบบเดลต้า (Delta ; □) การต่อแบบสตาร์และแบบเดลต้ายังมีลักษณะการต่อขั้วของแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันได้อีก การต่อแต่ละแบบจะทำให้เกิดเวกเตอร์ของแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันจะเรียกเวกเตอร์ของแรงดันแต่ละแบบนี้ ว่า กลุ่มเวกเตอร์ (Vector Group) ของหม้อแปลงไฟฟ้า ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างชื่อกลุ่มเวกเตอร์หม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส

กลุ่ม	ชื่อ Vector Group
0	Yy0, Dd0
1	Yd1, Dy1
5	Yd5, Dy5
6	Yy6, Dd6
11	Yd11, Dy11

ในตารางที่ 1 ตัวอย่างกลุ่มเวกเตอร์ของหม้อแปลงไฟฟ้า จะกำหนดเป็นตัวอักษรแล้วตามด้วยตัวเลขเช่น Dy11, Yy0, Yz11, Dd6 การกำหนดตัวเลขจะอ้างอิงกับหน้าปัทนาฬิกา โดยระบุว่าที่แรงดันไฟฟ้าสายเดียวกัน แรงดันไฟฟ้าสายด้านทุติยภูมิ ตามหลังแรงดันไฟฟ้าสายด้านปฐมภูมิ อยู่กี่นาฬิกา

2.2 การต่อขนานหม้อแปลงไฟฟ้า

ความจำเป็นในการขนานหม้อแปลงมีหลายปัจจัยเช่นต้องการจะเพิ่มหรือลดความสามารถในการจ่ายกำลังไฟฟ้า หรือเพื่อเป็นการลดในสภาวะฉุกเฉินหรือเพื่อการซ่อมบำรุง หลักเกณฑ์ในการขนานหม้อแปลงไฟฟ้าต้องคำนึงถึงคือ

- มีอัตราส่วนแรงดันด้านปฐมภูมิ (Primary) และทุติยภูมิ (Secondary) เท่ากัน
- มีเปอร์เซ็นต์อิมพีแดนซ์ (Percentage impedance) เท่ากัน
- มีขั้ว (Polarity) ชนิดเดียวกัน
- มีกลุ่มเวกเตอร์ (Vector group) ที่สามารถขนานกันได้

ดังนั้นความเข้าใจเรื่องกลุ่มเวกเตอร์ของหม้อแปลงจึงมีความสำคัญมาก ในการฝึกปฏิบัติการในเรื่องนี้จะช่วยเพิ่มพูลความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ชุดปฏิบัติการที่จัดจำหน่ายอยู่หลายยี่ห้อหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้มักจะใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าค่าแรงไฟฟ้าทั่วไปอยู่มาก ทำให้ผลการทดลองไม่ชัดเจน บทความนี้จึงได้ออกแบบชุดทดลองที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าในระดับใช้งาน 400V/230V เพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพจริงเรียนรู้ได้ง่าย สามารถจ่ายค่ากระแสไฟฟ้า ที่สามารถใช้เครื่องวัดได้โดยง่าย 0.8/1.3A และมีความทนทานต่อความผิดพลาดขณะทดลอง ซึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นจากการฝึกเรียนรู้ ความทนทานของอุปกรณ์นี้จะต้องมีค่าสูงกว่าอุปกรณ์ที่ใช้งานในระบบจริงทั่วไป ที่มีโอกาสเกิดความผิดพลาดน้อยมาก

โดยชุดทดลองนี้ จะออกแบบหม้อแปลงเฟสเดียว จำนวน 6 ตัว พิกัดตัวละ 300 VA นำมาประกอบเป็นหม้อแปลงสามเฟส 2 ชุด ๆละ 900 VA จากนั้นจะนำหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสทั้ง 2 ชุดที่ประกอบขึ้น มาสอนการขนานหม้อแปลงสามเฟส โดยพิจารณากลุ่มเวกเตอร์

3. การคำนวณออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า

3.1 การคำนวณออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า [4]

3.1.1 กำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ (P_t)

$$P_t = P_o(\frac{1}{\eta} + 1) \quad (1)$$

3.1.2 ค่าคงที่การออกแบบตามเงื่อนไข (Electrical condition,K_e)

$$K_e = 0.145K_f^2 f^2 B_m^2 \times 10^{-4} \quad (2)$$

3.1.3 ค่าคงที่ทางคุณสมบัติของแกนเหล็ก(K_g)

$$K_g = \frac{P_t}{2K_e\alpha} \quad (3)$$

เปิดตารางหาขนาดและชนิดของแกน เลือกแกน EI-175

3.1.4 จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ(N_p)

$$N_p = \frac{V_{in} \times 10^4}{K_f B_m f A_c} \quad (4)$$

3.1.5 ความหนาแน่นของการไหลของกระแส (J , A/cm^2)

$$J = \frac{P_t \times 10^4}{K_f K_u B_m f A_p} \quad (5)$$

3.1.6 ขนาดของลวดตัวนำ (A_w)

$$A_w = \left(\frac{P_o}{V_{in}\eta J}\right) \quad (6)$$

โดยที่

P_0 : ค่ากำลังไฟฟ้าเอาต์พุต(300Watt)

η : ประสิทธิภาพ (95 %)

K_f : ค่าคงที่จากคุณลักษณะของรูปคลื่นแรงดัน(สัญญาณไซน์ใช้ 4.44)

f : ความถี่(50Hz)

B_m : ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก(1.6Tasla)

α : ระดับการรักษาแรงดันไฟฟ้า(5%)

K_u : ค่าคงที่จากคุณลักษณะของการวางขดลวดในแกนเหล็ก (0.6)

J : ค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำ (A/cm^2)

A_c : พื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก(EI-175 18.77cm^2)

A_p : ผลคูณของพื้นที่หน้าตัดช่องว่างอากาศภายในแกนเหล็กกับพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็ก(278.14cm^4)

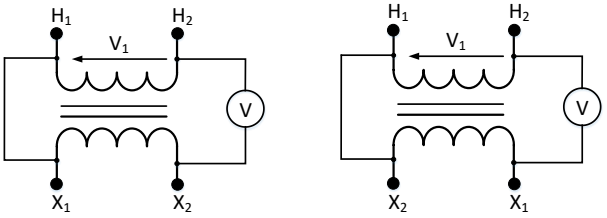
จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากผลการออกแบบ ดังแสดงในตารางที่ 2 มาจัดสร้างหม้อแปลงเฟสเดียว และใช้ในการทดลองปฏิบัติการ

ตารางที่ 2 ขนาดของหม้อแปลงที่ออกแบบ

Power		300	VA
Primary Voltage		400	volt
Secondary Voltage		230	volt
Turns of Primary Winding (AWG 20#)		600	Turns
Turns of Secondary Winding (AWG 18#)		362	Turns
Transformer Core	EI-175 Laminate Core		

3.2 การทดสอบเพื่อกำหนดขั้วขดลวด

ในเบื้องต้นจะต้องทดสอบเพื่อหาขั้วขดลวด(Winding Polarity) ของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งเป็นความสัมพันธ์กันระหว่างขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ เพื่อนำหม้อแปลงเฟสเดียวประกอบเป็นหม้อแปลงสามเฟส ดังแสดงในรูปที่ 1



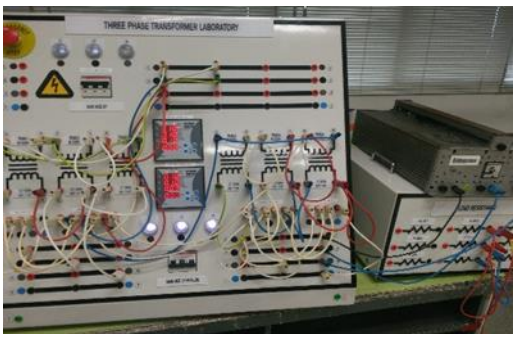
ก.Additive Polarity V< V1 ข. Subtractive Polarity V>V1

รูปที่ 1 การทดสอบหาขั้วขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิ

รูปที่ 1 เป็นวงจรการทดสอบหาขั้วขดลวด โดยต่อขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิเข้าด้วยกัน และจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ การทดสอบหาขั้วขดลวดจะต้องวัดค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างขดลวดปฐมภูมิและทุติยภูมิด้วยโวลต์มิเตอร์ได้ผลลัพธ์เป็นแรงดันไฟฟ้า V แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้เปรียบเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดปฐมภูมิ ทำให้สามารถบอกได้ว่าขดลวดทั้งสองที่ต่อกันอยู่มีลักษณะเสริมหรือหักล้างกัน ทำให้สามารถกำหนดขั้วของขดลวดทั้งสองได้

รูปที่ 2 หม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสที่ประกอบขึ้นจากหม้อแปลงไฟฟ้าเฟสเดียว

เมื่อหม้อแปลงทั้ง 6 ตัว ได้กำหนดตำแหน่งขั้วของขดลวดแล้ว นำมาต่อเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส ดังรูปที่ 2 ได้หม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสจำนวน 2 ชุด หม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสสามารถกำหนดให้ต่ออยู่ในกลุ่มเวกเตอร์ใดก็ได้ตามที่ต้องการ ทำให้เห็นความแตกต่างของค่าทางไฟฟ้าที่ได้อย่างชัดเจน ด้วยชุดปฏิบัติการทดลองหม้อแปลงสามเฟสดังรูปที่ 3

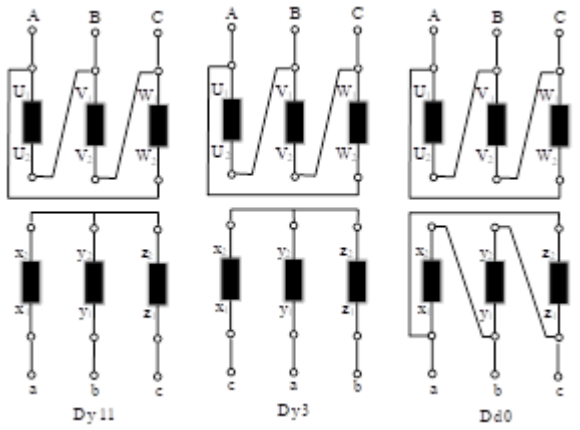


รูปที่ 3 ชุดปฏิบัติการทดลองหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองการต่อกลุ่มเวกเตอร์

จากการต่อหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส โดยกำหนดกลุ่มเวกเตอร์ ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4 ผลของค่าแรงดันไฟฟ้าสายได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3



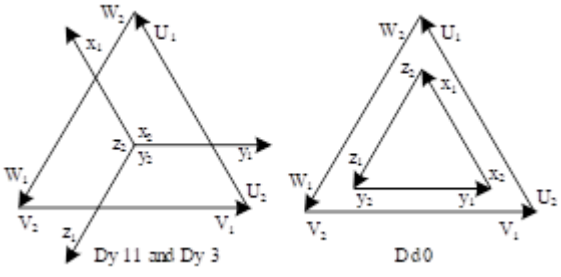
รูปที่ 4 วงจรหม้อแปลงไฟฟ้า Dy11 Dy3และ Dd0

ตารางที่ 3 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากการต่อวงจรไฟฟ้า

วิธีการต่อวงจร / วัดแรงดันไฟฟ้า	Dy11	Dy3	Dd0
A – B	385	385	384
B – C	387	387	386
C – A	382	382	382
a – b	378	378	224
b – c	381	382	225
c – a	379	381	219

4.2 ผลการทดลองการขนานหม้อแปลงไฟฟ้า

จากการนำหม้อแปลงไฟฟ้าเฟสเดียวประกอบเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส และมีความเข้าใจถึงเวกเตอร์แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มเวกเตอร์ เช่นแสดงในรูปที่ 5 ก็จะสามารถจัดขั้วแรงดันไฟฟ้า และนำไปสู่การขนานหม้อแปลงไฟฟ้าได้ ในการทดลองต้องมีการตรวจสอบด้วยโวลต์มิเตอร์อีกครั้งก็จะมีการขนาน หลังจากการขนานหม้อแปลงไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านหม้อแปลงและกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงแต่ละตัว จะลดลงประมาณ 50 % เมื่อเทียบกับหม้อแปลงสามเฟสตัวเดียว



รูปที่ 5 กลุ่มเวกเตอร์ Dy11 Dy3และ Dd 0

5. สรุป

ในการออกแบบและสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าเฟสเดียวทั้ง 6 ตัว สามารถทำงานได้ตามพิกัดและสามารถนำมาประกอบเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส สำหรับชุดทดลองปฏิบัติการหม้อแปลงไฟฟ้า โดยทดลองต่อวงจรกลุ่มเวกเตอร์ต่าง ๆได้ทั้ง 4 แบบ สตาร์-สตาร์ สตาร์-เดลต้า เดลต้า-เดลต้า และ เดลต้า- สตาร์ ทำให้เพิ่มความเข้าใจถึงวงจรไฟฟ้าในหม้อแปลงไฟฟ้าและยังสามารถเขียนเวกเตอร์ที่เกิดขึ้นจากการต่อแต่ละแบบได้ ในการนำไปใช้จริงผู้ผลิตหม้อแปลงไฟฟ้าได้เขียนบอกไว้บนแผ่นป้าย (Name Plate) ส่วนการขนานหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟสเข้าด้วยกัน จะเห็นว่าต้องมีความรู้เรื่องกลุ่มเวกเตอร์เป็นพื้นฐาน จึงจะสามารถขนานหม้อแปลงไฟฟ้าได้ โดยผลของการขนานจะทำให้แบ่งค่ากำลังไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าไปชุดละครึ่งหนึ่ง ในชุดปฏิบัติการหม้อแปลงไฟฟ้าชุดนี้ยังสามารถ ประยุกต์ใช้ ในการทดลองเรื่องอื่นได้อีก เช่น เรื่องกระแสไหลวนในการขนานหม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

P. Kumkratug, "Improving the Teaching of Vector Group of Three-Phase Transformer by Integrating Software and Hardware Tools into Classroom," 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), San Jose, CA, USA, 2018, pp. 1-6.

R. T. Ugale, K. D. Mejari and B. N. Chaudhari, "Design of Transformer with Flexible Vector Group Combinations and Adjustable Voltage Levels," 2018 XIII International Conference on Electrical Machines (ICEM), Alexandroupoli, 2018, pp. 683-689.

D. K. Patel, J. K. Chauhan, A. R. Patel and N. G. Mishra, "A User Friendly Simulation for Transformer Vector Group," 2012 International Conference on Communication Systems and Network Technologies, Rajkot, 2012, pp. 820-824.

COLONEL Wm. T. McLyman "TRANSFORMER AND INDUCTOR DESIGN HANBOOK" Third Edition, Revised and Expanded. New York, U.S.A., 2004.

ชัยรัตน์ วิสุทธิรัตน์ จบการศึกษาระดับปริญญาตรีทางวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยศรีปทุม ปัจจุบันเป็นอาจารย์สังกัดภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ทำวิจัยทางระบบไฟฟ้ากำลัง และเครื่องจักรกลไฟฟ้า

ปรากฤต เหลี่ยงประดิษฐ์ จบการศึกษาระดับ ปริญญาโททางวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันเป็นดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตรจารย์ สังกัดภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ทำวิจัยทางระบบไฟฟ้ากำลัง และอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

นิมิต บุญภิรมย์ จบการศึกษาระดับปริญญาเอกทางวิศวกรรมไฟฟ้าจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตรจารย์ และรองคณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม งานวิจัยทางระบบไฟฟ้ากำลัง และอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

http://ecticard2020.ecticard.org