



บันทึกข้อความ

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
เลขรับ 6041
วันที่ 13-11-2568
เวลา 14.05 น.

ส่วนราชการ สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
โทรศัพท์ ๐ ๗๔๓๑ ๗๑๐๐ ต่อ ๑๑๗๐ E-mail: dev.reg@rmutsv.ac.th

ที่ อว ๐๖๕๕.๑๓/๘๗๒ วันที่ ๑๓ พฤศจิกายน ๒๕๖๘

เรื่อง ขอส่งข้อเสนอแนะแบบเสนอขอปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรบางส่วน (RUTS06)
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565)

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

ตามหนังสือที่ อว ๐๖๕๕.๐๘/๒๖๐๐ ลงวันที่ ๑๑ พฤศจิกายน ๒๕๖๘ ด้วยคณะวิศวกรรมศาสตร์
ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบแบบเสนอขอปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรบางส่วน (RUTS06) หลักสูตรวิศวกรรม
ศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565) ก่อนนำเข้าที่ประชุมสภาวิชาการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ครั้งที่ ๑๑/๒๕๖๘ วันจันทร์ที่ ๑ ธันวาคม ๒๕๖๘ นั้น

ในการนี้ สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน ได้ดำเนินการตรวจสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว
จึงขอส่งข้อเสนอแนะแบบเสนอขอปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรบางส่วน (RUTS06) หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร
บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565) ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมหนังสือฉบับนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสศักดิ์ เพียรเจริญ)

ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน

เรียน คณบดี

-เพื่อโปรดพิจารณา

สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน ขอส่งข้อเสนอแนะแบบเสนอขอ

ปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรบางส่วน (RUTS06)

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

(หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565)

-เห็นควรมอบงานหลักสูตรดำเนินการปรับแก้ตามข้อเสนอแนะ

พรเพ็ญ

15 พ.ย. 2568

อุทัยทิพย์
16 พย. 68

ทราบ และมอบต่งเสนอฯ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธยา ภิรมย์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย รักษาการแทน

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

17 พ.ย. 2568



แบบเสนอขอปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรบางส่วน (RUTS06)

แบบเสนอขอปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

(หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

.....

1. หลักสูตรฉบับดังกล่าวนี้ได้รับทราบ/รับรองการเปิดสอนจากสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เมื่อวันที่ 9 ตุลาคม 2565

2. การปรับปรุงแก้ไขหลักสูตร ครั้งล่าสุด

☒ สภามหาวิทยาลัย/สถาบัน ได้อนุมัติการปรับปรุงแก้ไข

ในคราวประชุมครั้งที่ 230-8/2566 เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2566

☐ ไม่มี

3. หลักสูตรปรับปรุงแก้ไขนี้ เริ่มใช้

ตั้งแต่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 เป็นต้นไป

ตรวจสอบ อ.เกียรติศักดิ์ ลาศึกษาต่อตั้งแต่เมื่อไหร่ ?

- กรณีหลังเดือนตุลาคม 2568

จะต้องระบุ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 เป็นต้นไป

4. เหตุผลในการปรับปรุงแก้ไข

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มีความประสงค์ขอเปลี่ยนแปลงอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร และอาจารย์ประจำหลักสูตร หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2565) จำนวน 1 ราย ดังนี้

ข้อมูลเดิมจากการเปลี่ยนแปลงครั้งที่ผ่านมา ระบุ อาจารย์

ลำดับ	ข้อมูลเดิม	ตำแหน่งทางวิชาการ	เปลี่ยนเป็น	ข้อมูลปรับปรุง	ตำแหน่งทางวิชาการ
1	นายเกียรติศักดิ์ ทองอ่อน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	เปลี่ยนเป็น	นายคนโท ปานทองคำ	อาจารย์
เหตุผลในการเปลี่ยนแปลง : นายเกียรติศักดิ์ ทองอ่อน ลาศึกษาต่อ					



แบบเสนอขอปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรบางส่วน (RUTS06)

ตั้งแต่ลำดับที่ 1 - 5 ลบ * ออก (ทั้งฉบับเดิม และฉบับปรับปรุง)
และลำดับที่ 6 ให้ระบุ * พร้อมระบุหมายเหตุ อาจารย์ประจำหลักสูตร

ตารางเปรียบเทียบอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร และอาจารย์ประจำหลักสูตร

ฉบับเดิม		ฉบับปรับปรุง	
ลำดับ	อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร	ลำดับ	อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร
1	นายชาญณรงค์ พงศ์รักธรรม* 1 8004 0013x xx x ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2558 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2555 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	1	นายชาญณรงค์ พงศ์รักธรรม* 1 8004 0013x xx x ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2558 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2555 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
2	นางปฐิมากร จันทรพริ้ม* 3 9599 0002x xx x ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปร.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2555 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2544 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2540 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2	นางปฐิมากร จันทรพริ้ม* 3 9599 0002x xx x ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปร.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2555 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2544 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2540 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
3	นายสมคิด สุทธิศักดิ์* 3 9010 0047x xx x ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2545 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2542 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	3	นายสมคิด สุทธิศักดิ์* 3 9010 0047x xx x ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2545 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2542 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
4	นายธีรพงษ์ ฉิมเพชร* 1 9203 0006x xx x ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2556 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2554 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	4	นายธีรพงษ์ ฉิมเพชร* 1 9203 0006x xx x ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2556 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2554 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



แบบเสนอขอปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรบางส่วน (RUTS06)

ฉบับเดิม		ฉบับปรับปรุง	
5	นายเกียรติศักดิ์ ทองอ่อน* 3 8009 0010x xx x อาจารย์ ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2560 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2549 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	5	นายคณิต ปานทองคำ* 3 9199 0012x xx x ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2544 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2538 สถาบันเทคโนโลยีนราชนรมิต
6	นายพิทักษ์ บุญนุ่น** * 3 9011 0039x xx x ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปร.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2556 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2545 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2540 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง	6	นายพิทักษ์ บุญนุ่น** * 3 9011 0039x xx x ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปร.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2556 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2545 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า), 2540 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

หมายเหตุ * หมายถึง อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร และอาจารย์ประจำหลักสูตร

* ** หมายถึง อาจารย์ประจำหลักสูตร



แบบเสนอขอปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรบางส่วน (RUTS06)

5. โครงสร้างหลักสูตรภายหลังการปรับปรุงแก้ไข เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างเดิม ตามเกณฑ์มาตรฐาน
หลักสูตร ระดับ ☒ ปริญญาตรี ☐ บัณฑิตศึกษา พ.ศ. 2558 ดังนี้

หมวดวิชา	เกณฑ์กระทรวงศึกษาธิการ	โครงสร้างเดิม	โครงสร้างใหม่
หมวดวิชาศึกษาทั่วไป	ไม่น้อยกว่า 30 หน่วยกิต	ไม่น้อยกว่า 31 หน่วยกิต	ไม่น้อยกว่า 31 หน่วยกิต
หมวดวิชาเฉพาะ	ไม่น้อยกว่า 72 หน่วยกิต	ไม่น้อยกว่า 110 หน่วยกิต	ไม่น้อยกว่า 110 หน่วยกิต
วิชาเลือกเสรี	ไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต	ไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต	ไม่น้อยกว่า 6 หน่วยกิต
หน่วยกิตรวม	ไม่น้อยกว่า 120 หน่วยกิต	ไม่น้อยกว่า 147 หน่วยกิต	ไม่น้อยกว่า 147 หน่วยกิต

รับรองความถูกต้อง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรพงษ์ ชิมเพชร)
หัวหน้าหลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธยา ภิรมย์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย



แบบเสนอขอปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรบางส่วน (RUTS06)

ประวัติและผลงานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร/อาจารย์ประจำหลักสูตร

- ชื่อ-สกุลภาษาไทย (นาย/นาง/นางสาว) คุณโท ปานทองคำ
ชื่อ-สกุลภาษาอังกฤษ (Mr./Mrs./Miss) Konto.Pantongkhum
- ตำแหน่งทางวิชาการ.....อาจารย์
สาขาชำนาญการ.....วิศวกรรมไฟฟ้า
- ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	วุฒิที่ได้รับ	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ปีจบ
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมไฟฟ้า	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2544
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	2538

- ผลงานวิชาการ (~~เขียนตามรูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิง~~)

4.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารต่างประเทศ หรือวารสารในประเทศ (ต้องเป็นผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ย้อนหลัง

ภายใน 5 ปี ซึ่งไม่นับรวมถึงผลงานวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์) ได้
#ตรวจสอบผลงาน (Proceedings) ทุกผลงาน
(ถ้ามีชื่อการประชุม) ให้ระบุตามรูปแบบ

4.2 ผลงานวิชาการประเภท Proceedings ในที่ประชุมวิชาการ
ได้แก่

คุณโท ปานทองคำ, อเนก ไทยกุล, ณัฐพร ความสุข, และ ธนโช

7 เคาะ → เรือไฟฟ้าทางสั้น. ใน ณัฐพงศ์ พันธนะ (บ.ก.), การประชุม

7 เคาะ → (EENET 2025) (น. 605-608). เฮอริเทจ แกรนด์ คอนเวน

คำนำหน้า : 0.2 เดือนที่เผยแพร่

ความเกี่ยวข้องกับหลักสูตร ☒ ตรงสาขาวิชา

สมาคมวิชาการหรือวิชาชีพร่วมจัดประชุม

- สมาคมไฟฟ้าและพลังงานโอทริปเปิลอี (ประเทศไทย

(PES) – Thailand

ระบุชื่อการประชุม
นวัตกรรมและเทคโนโลยีสมัยใหม่สำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน.

คุณโท ปานทองคำ, อัมพร บุญรวม, และ เฉลิมวัฒนา ตั้งชะภูติ. (2567). ชุดควบคุมบีมลมแบบดิจิทัล.

ใน อุเทน คำน่าน (บ.ก.), การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16 (EENET 2024)

(น. 686-689). โรงแรมอัสววรรณ จังหวัดหนองคาย.

คำนำหน้า : 0.2 เดือนที่เผยแพร่ : 29-31 พฤษภาคม 2567

ความเกี่ยวข้องกับหลักสูตร ☒ ตรงสาขาวิชา ☐ สัมพันธ์กับสาขาวิชา

สมาคมวิชาการหรือวิชาชีพร่วมจัดประชุม

- สมาคมไฟฟ้าและพลังงานโอทริปเปิลอี (ประเทศไทย) หรือ IEEE Power & Energy Society

(PES) – Thailand

รูปแบบ APA7



รายงานการประชุมเชิงวิชาการ (Proceedings)

ภาษาไทย	ชื่อ/สกุล./ (ปี)/ชื่อบทความ./ใน/ชื่อบรรณาธิการ/(บ.ก.),/ชื่อหัวข้อการประชุม./ /////ชื่อการประชุม/(น./เลขหน้า)/สถานที่/ฐานข้อมูล.
ภาษาอังกฤษ	สกุล./อักษรย่อชื่อ./ (ปี)/ชื่อเรื่อง./In/ชื่อบรรณาธิการ/(Ed. หรือ Eds.),/ /////ชื่อหัวข้อการประชุม./ชื่อการประชุม/(pp./เลขหน้า)/สถานที่/ฐานข้อมูล



แบบเสนอขอปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรบางส่วน (RUTS06)

7 เคาะ

คุณโท ปานทองคำ, อัมพร บุญราม, ดำรงค์ศักดิ์ บุญเรือง, และ ชัยชนะ สุขนัย. (2566). การออกแบบและสร้างเครื่องวัดมุมเฟสแบบสี่ช่องสัญญาณ. ใน ภาณุวัฒน์ แตระกุล (บ.ก.), *การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 46 (EECON-46)* (น. 582-585). โรงแรมดิวาน่า พลาซ่า กระบี่ อ่าวนาง จังหวัดกระบี่.

ค่าน้ำหนัก : 0.2 เดือนที่เผยแพร่ : 15-17 พฤศจิกายน 2566
 ความเกี่ยวข้องกับหลักสูตร ☒ ตรงสาขาวิชา ☐ สัมพันธ์กับสาขาวิชา
 สมาคมวิชาการหรือวิชาชีพร่วมจัดประชุม
 - สมาคมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (ประเทศไทย)

คุณโท ปานทองคำ, อัมพร บุญราม, ดำรงค์ศักดิ์ บุญเรือง, และ ชัยชนะ สุขนัย. (2566). ชุดทดสอบเฟสโปรเทคชั่นรีเลย์. ใน สุริยา แก้วอาษา (บ.ก.), *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15 (EENET 2023)* (น. 755-758). โรงแรมฟอร์จูน ริเวอร์วิว นครพนม จังหวัดนครพนม.

ค่าน้ำหนัก : 0.2 เดือนที่เผยแพร่ : 1-3 พฤษภาคม 2566
 ความเกี่ยวข้องกับหลักสูตร ☒ ตรงสาขาวิชา ☐ สัมพันธ์กับสาขาวิชา
 สมาคมวิชาการหรือวิชาชีพร่วมจัดประชุม
 - สมาคมไฟฟ้าและพลังงานไอทริปเปิลอี (ประเทศไทย) หรือ IEEE Power & Energy Society (PES) – Thailand

คุณโท ปานทองคำ, อัมพร บุญราม, ธวัชชัย เกตุแก้ว, และ สิทธิกร แก้วสด. (2565). ชุดทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ. ใน สมภพ รอดอัมพร (บ.ก.), *การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45 (EECON-45)* (น. 230-233). ภูสัถธารีรีสอร์ท อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก.

ค่าน้ำหนัก : 0.2 เดือนที่เผยแพร่ : 16-18 พฤศจิกายน 2565
 ความเกี่ยวข้องกับหลักสูตร ☒ ตรงสาขาวิชา ☐ สัมพันธ์กับสาขาวิชา
 สมาคมวิชาการหรือวิชาชีพร่วมจัดประชุม
 - สมาคมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (ประเทศไทย)

คุณโท ปานทองคำ และ ศราวุธ แซ่ลิ้ม. (2565). รีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบราคาถูก. ใน ไพบุลย์ เกียรติสุขคนธา (บ.ก.), *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14 (EENET 2022)* (น. 548-551). โรงแรมฮิลตัน อาร์เคเดีย รีสอร์ท แอนด์ สปา จังหวัดภูเก็ต.

ค่าน้ำหนัก : 0.2 เดือนที่เผยแพร่ : 25-27 พฤษภาคม 2565
 ความเกี่ยวข้องกับหลักสูตร ☒ ตรงสาขาวิชา ☐ สัมพันธ์กับสาขาวิชา
 สมาคมวิชาการหรือวิชาชีพร่วมจัดประชุม
 - สมาคมไฟฟ้าและพลังงานไอทริปเปิลอี (ประเทศไทย) หรือ IEEE Power & Energy Society (PES) – Thailand

ปรับระดับ
ให้ตรงกัน

4.5 ผลการเรียนรู้วิชาการประเภทอื่น ๆ (ย้อนหลังภายใน 5 ปี) ได้แก่

~~หมายเหตุ~~ แบบเอกสารหน้าปก สารบัญ และบทความวิจัยฉบับเต็ม (Full Paper)

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17 The 17th Electrical Engineering Network 2025

จัดโดย : สมาคมไฟฟ้าและพลังงานไอทริปเปิลอี (ประเทศไทย) (IEEE PES-THAILAND)
สมาคมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (ประเทศไทย) (EEAAT)
เครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า (EENET)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (RMUTP)

EENET 2025

การสร้างนวัตกรรมเทคโนโลยีเพื่อการวิจัย
มาพัฒนาท้องถิ่นส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน

Creating innovation technology for research and local
development promoting the economy to the community

Conference Topics

- ไฟฟ้ากำลัง Electrical Power (PW)
- อิเล็กทรอนิกส์, วงจร และสื่อสาร Electronics, Circuit and Communication (EC)
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง Power Electronics (PE)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ Computer and Information Technology (CP)
- ระบบควบคุมและการวัด Control Systems and Instrumentation (CT)
- ระบบประมวลผลสัญญาณดิจิทัล Digital Signal Processing (DS)
- พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน Energy and Conservation of Energy (ES)
- นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ Innovation and Invention (IN)
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า General Electrical Engineering (GN)
- หัวข้อพิเศษทางวิศวกรรมไฟฟ้า Special Session on Electrical Engineering (SS1)
- งานวิจัยด้านการบริหาร การจัดการด้วยขบวนการร่วมกับเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนา (SS2)
- หัวข้อวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรม สำหรับนักวิจัยรุ่นใหม่ ระดับมัธยม ปวช. และ ปวส. (SS3)

28 - 30 พฤษภาคม 2568 ณ เฮอริเทจ แกรนด์ คอนเวนชั่น จังหวัดระนอง

บทความวิจัยสาขา IN นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์

รหัส	ชื่อบทความ	หน้า
IN-821	โซลาร์เซลล์หมุนตามแสงอาทิตย์แบบ 2 แกนสำหรับจ่ายโหลดปั๊มน้ำแสดงผลในแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ทโฟน ตฤณภพ บุญแสง ¹ นียวดี ศรีสุวรรณ ¹ วิกร วงษ์เสถียร ¹ สุวัฒน์ สกลชาติ ¹ วารุณี ศรีสงคราม ² และ วราภรณ์ ลือใจ ^{1*} ^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา หันตรา ² สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี	585
IN-822	การออกแบบและสร้างโรงเพาะเลี้ยงแมลงสาบดูเบียอัจฉริยะ วิศุทธิ์ พรหมมี ^{1*} ประกาศิต ศรีทะแก้ว ¹ ธนภฤต สราญสิริบรรักษ์ ¹ และ จิรภัฏ ฝั้นจักรสาย ¹ ^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย	589
IN-824	การพัฒนาเครื่องช่วยเดินอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง นียวดี ศรีสุวรรณ ¹ วราภรณ์ ลือใจ ¹ ตฤณภพ บุญแสง ¹ สุวัฒน์ สกลชาติ ¹ และ วิกร วงษ์เสถียร ^{1*} ^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	593
IN-825	เครื่องล้างไข่ไก่ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ชุตติพล มหาวีระ ^{1*} ภาณุมาศ แสนพวง ¹ เจษฎา พรหมเกษ ¹ กฤตยา สมสัย ¹ และ ณัฐวุฒิ สมพงษ์ ¹ ^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร	597
IN-827	การออกแบบและพัฒนาตู้เพาะเลี้ยงเห็ดที่ควบคุมด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุตติพล มหาวีระ ^{1*} นครินทร์ ศรีปัญญา ¹ กอบกุล นงนุช ² และ พิมพ์นิภา รัตนจันทร์ ³ ^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ² สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ³ สาขาการตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ศูนย์กลางนครราชสีมา	601
IN-828	ชุดขับเคลื่อนเรือไฟฟ้าทางสั้น คณิทั ปานทองคำ อเนก ไทยกุล ณัฐพร ความสุข และ ธนโชติ กัลยาณปัทม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	605

ชุดขับเคลื่อนเรือไฟฟ้าหางสั้น

Short-tail Electric Boat Propulsion Drive Set

คนโท ปานทองคำ อนุกไทยกุล ณัฐพร ความสุข และ ธนโชติ กัลยาณปัทม์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย E-mail: konto.p@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบชุดขับเคลื่อนเรือไฟฟ้าหางสั้น คัดแปลงติดท้ายเรือ ดันกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน 24 V 500 W ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต 24 V 22 Ah ที่ออกแบบให้อยู่ในกล่องเดียวกันกับชุดควบคุมความเร็ว เพื่อให้ออกเก็บหรือยกไปชาร์จได้ง่าย ผลการทดลองใช้งานกับเรือไฟเบอร์กลาส ขนาด 8 ฟุต บรรทุกน้ำหนัก 75 กิโลกรัม ได้ความเร็วเฉลี่ย 6.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ต่อเนื่องได้นาน 45 นาทีต่อรอบชาร์จ ทำความเร็วสูงสุด 6.45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถนำไปใช้ทดแทนเครื่องยนต์เรือขนาดเล็กได้ค่อนข้างดี โดยเฉพาะในแง่ของการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: เรือไฟฟ้าหางสั้น, ระบบขับเคลื่อนเรือไฟฟ้าดัดแปลง

Abstract

This research presents the design of a modified short-tail electric boat propulsion system. The prime mover is a 24 V, 500 W brushless DC motor. The system is powered by a 24 V, 22 Ah LFP battery, which is housed in the same enclosure as the speed controller to facilitate easy removal. Experimental results obtained using an 8-foot fiberglass boat, carrying a load of 75 kg, demonstrate an average speed of 6.4 km/h, maintained continuously for 45 min/charge. The maximum speed was 6.45 km/h. This system can serve as an effective replacement for small boat engines, particularly due to its environmental benefits.

Keywords: Short-tail electric boat, Modified electric boat propulsion

1. บทนำ

เรือไฟเบอร์กลาสและเรือไม้ขนาดเล็ก เป็นพาหนะที่นิยมใช้งานของเกษตรกรและชาวบ้านที่อาศัยริมน้ำ มักใช้ในการเดินทางและประกอบอาชีพ เช่น ใช้เป็นเรือให้อาหารในบ่อปลา เรือวางเบ็ดตกปลา เรือวางเครื่องมือจับปูและสัตว์น้ำริมฝั่ง และอื่น ๆ โดยส่วนใหญ่ใช้การขับเคลื่อนด้วยพายมือหรือใช้ใบจักรขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ มีทั้งชนิดหางยาวและหางสั้น หากเป็นแบบหางยาวมักติดตั้งกับยึดเรือแบบถาวร ระบบขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ แม้จะมีข้อดีด้านกำลังและความเร็ว แต่มีเสียง

ดังรบกวนมาก [1] และการใช้พลังงานจากน้ำมันก็มีการปล่อยก๊าซที่ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยการปรับเปลี่ยนระบบขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ มาเป็นการขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ นอกจากจะช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้แล้ว ยังช่วยลดมลพิษทางเสียงลงได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ SDG 7 ที่มุ่งหมายการพัฒนาพลังงานสะอาด ให้ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ [2]

งานวิจัยนี้เสนอการออกแบบและสร้างชุดขับเคลื่อนเรือไฟฟ้าหางสั้นคัดแปลงติดท้ายเรือ เพื่อใช้ทดแทนเครื่องยนต์แบบเดิมสำหรับเรือขนาดเล็กที่ใช้ในงานเกษตรกรรม บริการท่องเที่ยว และใช้เป็นพาหนะตามวิถีชีวิตชุมชนชายน้ำ ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2. แนวคิดและเป้าหมาย

งานวิจัยนี้ มีเป้าหมายเพื่อศึกษาระบบขับเคลื่อนเรือไฟเบอร์กลาส ขนาด 8 – 10 ฟุต ที่นิยมใช้งานทั่วไปในหมู่เกษตรกรและชาวบ้านชุมชนริมน้ำ จากเดิมที่ใช้ไม้พายหรือเครื่องยนต์ติดท้าย ปรับเปลี่ยนเป็นระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าแบบไร้แปรงถ่าน ร่วมกับชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์และแบตเตอรี่แบบลิเทียมฟอสเฟต โดยดัดแปลงติดตั้งมอเตอร์ให้ขับชุดใบพัดติดท้ายเรือแบบหางสั้น ลักษณะเดียวกับเครื่องยนต์แบบ Outboard มีมาตรฐานความเร็วรอบมอเตอร์ แรงดันกระแส และระดับแบตเตอรี่คงเหลือ พร้อมชุดควบคุมและแบตเตอรี่ที่ติดตั้งในกล่องกันน้ำ สามารถถอดประกอบและนำไปชาร์จประจุไฟฟ้าได้ง่าย เพื่อให้ชาวบ้านที่สนใจ สามารถนำไปใช้ทดแทนเครื่องยนต์แบบเดิม ที่มีมลพิษทางเสียง และไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.1 การออกแบบวงจรและหลักการทำงาน

จากความต้องการชิ้นงานที่มีราคาถูก ใช้เทคโนโลยีไม่สูงมาก สร้างและประกอบได้ง่าย จึงได้ออกแบบวงจรแบ่งออกเป็น 2 ภาควิธี โดยมีการรวมของวงจร ดังรูปที่ 1 และมีรายละเอียดของภาคต่าง ๆ ดังนี้

ภาคควบคุมและแสดงผล ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ร่วมกับแสดงผล LCD ทำหน้าที่รับค่าจากเซ็นเซอร์วัดกระแสแรงดันแบตเตอรี่ และเซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบมอเตอร์ มาประมวลผลประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 5 ส่วน ได้แก่

1) เซ็นเซอร์วัดกระแส (Current sensor) รุ่น ACS712-30A สำหรับวัดกระแสในช่วง 0 - 30 A ให้เอาต์พุตเป็นแรงดัน 66 mV/A ส่งไปประมวลผลที่ ESP32 และแสดงค่ากระแสขณะใช้งานที่จอ LCD

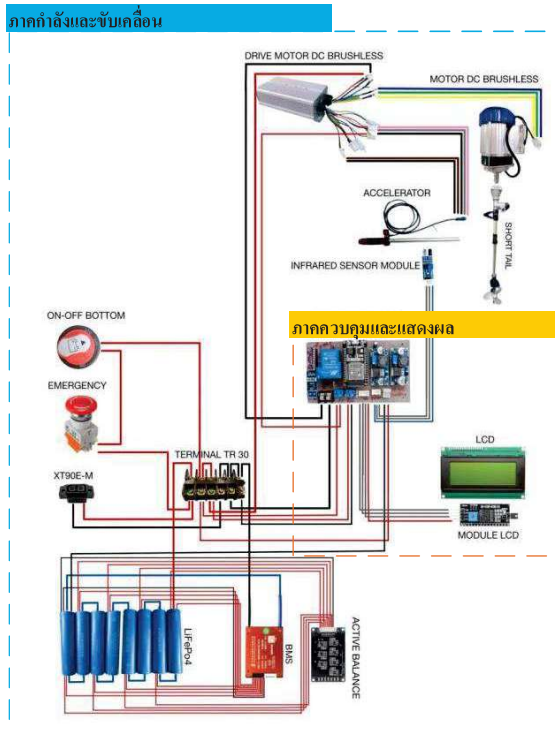
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17

17th Conference of Electrical Engineering Network 2025 (EENET 2025)



2) เซ็นเซอร์วัดแรงดัน ใช้วงจรแบ่งแรงดันด้วยตัวต้านทานสองตัว (Voltage divider) ร่วมกับ โมดูลแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ADS1115 ขนาด 16 บิต ทำหน้าที่วัดแรงดันแบตเตอรี่แล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล ส่งไปประมวลผลที่ ESP32 และแสดงค่าที่จอ LCD



รูปที่ 1 วงจรชุดขับเคลื่อนรถไฟฟ้าทางสั้น

3) เซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบมอเตอร์ ใช้ Infrared Obstacle Detection Sensor ทำงานร่วมกับแผ่นสะท้อนแสงที่ติดไว้บริเวณเพลาขับของมอเตอร์ เพื่อจับรอบการหมุนมาแปลงเป็นความเร็วรอบต่อนาที (rpm) ด้วยตัวประมวลผล ESP32 และแสดงค่าที่จอ LCD

4) รีเลย์ 12V 30A แบบ 4 ขา รุ่น SLA-12VDC-SL-A ทำหน้าที่เปิด-ปิดการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ใบพัดเรือ

5) จอ LCD ใช้แบบ 4 บรรทัด 20 ตัวอักษร เชื่อมต่อแบบ I²C เพื่อให้สามารถสื่อสารกับ ESP32 ได้ง่าย ใช้จำนวนสายน้อย ราคาถูก

โดยได้ออกแบบให้อุปกรณ์หรือจุดต่อสายของอุปกรณ์เหล่านี้อยู่บน PCB บอร์ดควบคุมเดียวกัน ส่วนไฟเลี้ยงภาคควบคุมและแสดงผลได้ออกแบบให้มี 2 ชุด ประกอบด้วย

1) ไฟ DC 12 V ได้จากโมดูล Buck Converter ลดแรงดันแบตเตอรี่ 24 V ให้เหลือ 12 V เพื่อเลี้ยงรีเลย์ 12 V 30 A ที่เป็นเสมือนสวิตช์เปิด-ปิด ไฟไปจ่ายให้กับชุดขับเคลื่อนมอเตอร์

2) ไฟ DC 5 V ได้จากโมดูล Buck Converter ลดแรงดันแบตเตอรี่ 24 V ให้เหลือ 5 V เพื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ ESP32 และจอ LCD

ภาคกำลังและขับเคลื่อน ภาคนี้เป็นส่วนของแหล่งจ่ายพลังงาน ชุดขับเคลื่อนต้นกำลัง และชุดใบจักรเรือ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 ส่วน ได้แก่

1) แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมฟอสเฟต (LFP) 3.2 V 22 Ah จำนวน 8 ก้อน ต่ออนุกรมกัน จะได้แรงดัน 25.6 V ทำงานร่วมกับ BMS 24 V และ Active balance ใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลักให้กับภาคควบคุมและภาคกำลัง

2) ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน ยี่ห้อ Chang-Store ขนาด 500 W 24 V เป็นตัวควบคุมความเร็วแบบพัลส์สวิตต์มอดูเลชันสำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน (DC Brushless Motor) ขนาด 500 W 24 V 22 A ความเร็ว 2200 รอบต่อนาที ยี่ห้อเดียวกัน ทำหน้าที่เป็นตัวขับเคลื่อนต้นกำลังให้กับชุดใบจักรเรือ

3) ชุดหางเรือสั้นประกอบด้วยเครื่องตัดหญ้า ใซ้ที่มีขายทั่วไป เส้นผ่านศูนย์กลางก้าน 28 มิลลิเมตร แกนเพล่าเฟือง 9 ฟัน มีตัวยึดกับตัวเรือ และด้ามจับกันบั้งกับ พร้อมคันเร่งไฟฟ้า นำมาใช้เป็นชุดใบจักรเรือหางสั้น โดยดัดแปลงเปลี่ยนใบพัดเป็นขนาด 10 นิ้ว ประกอบแกนเพล่าเข้ากับมอเตอร์ แทนเครื่องตัดหญ้า ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ใบจักรเรือหางสั้นที่นำมาดัดแปลงประกอบกับมอเตอร์

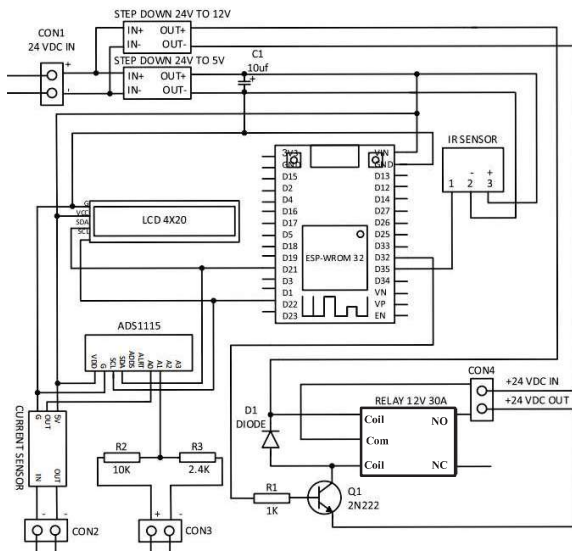
2.2 การสร้างและการประกอบ

จากความต้องการใช้งานอุปกรณ์ และวงจรที่ได้ออกแบบไว้เบื้องต้น จะมีอุปกรณ์ชิ้นเล็ก ๆ ก่อนข้างมาก เพื่อให้ง่ายในการต่อวงจรใช้งานและชิ้นงานมีความเรียบร้อย แข็งแรง จึงได้ออกแบบแผ่น PCB ของบอร์ดควบคุมและแสดงผล สำหรับใช้ติดตั้งตัวประมวลผลและอุปกรณ์อื่น ๆ รวมไว้ในบอร์ดเดียวกัน ทำให้ส่วนควบคุมให้มีขนาดเล็ก ลดการหลุดหลวมของจุดต่อต่าง ๆ และง่ายต่อการติดตั้งใช้งาน โดยมีวงจรของบอร์ดควบคุมและแสดงผล ดังรูปที่ 3 และลายวงจรที่จะใช้สร้างแผ่น PCB ดังรูปที่ 4 เมื่อนำแผ่น PCB ที่สร้างขึ้น มาทำการบัดกรีลงอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นที่เรียบร้อย จะได้บอร์ดภาคควบคุมและแสดงผลที่แล้วเสร็จดังรูปที่ 5

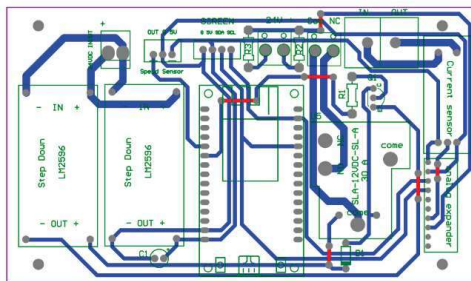
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17

17th Conference of Electrical Engineering Network 2025 (EENET 2025)



รูปที่ 3 วงจรภาคควบคุมและแสดงผล



รูปที่ 4 ลาย PCB ของบอร์ดควบคุมและแสดงผล



รูปที่ 5 บอร์ดควบคุมและแสดงผลที่ประกอบแล้วเสร็จ

เมื่อนำบอร์ดควบคุมและแสดงผลพร้อมอุปกรณ์อื่น ๆ ติดตั้งในกล่องพลาสติกกันน้ำ ร่วมกับแบตเตอรี่และชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ เพื่อให้ถอดเก็บหรือพกไปชาร์จได้ง่าย ดังรูปที่ 6 แล้วจึงนำไปติดตั้งบนเรือไฟเบอร์กลาส จะได้ชุดขับเคลื่อนเรือไฟฟ้าหางสั้น พร้อมใช้งาน ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ชุดควบคุมและแสดงผลที่ลงกล่องเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 7 ชุดขับเคลื่อนเรือไฟฟ้าหางสั้นที่ติดตั้งบนเรือไฟเบอร์กลาส 8 ฟุต

ทั้งนี้ก่อนการนำชุดขับเคลื่อนเรือไฟฟ้าหางสั้นไปติดตั้งใช้งาน เพื่อให้มั่นใจว่ามอเตอร์และชุดขับเคลื่อนมีความเข้ากันได้ และเพื่อให้ทราบกำลังและแรงบิดว่าตรงตามข้อมูลผู้ขายหรือไม่ จึงนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ ดังรูปที่ 8 ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1 และ รูปที่ 9



รูปที่ 8 การทดสอบขับโหลดของมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน

ขณะที่ไม่มีโหลด หากบิดคัตแรงจนสุด ระบบจะสามารถทำความเร็วได้ที่ 1680 รอบต่อนาที และเมื่อทดลองขับโหลด ผลจากการวิ่งที่ 1 จะเห็นได้ว่า มอเตอร์สามารถขับโหลดได้ แต่ความเร็วจะลดลงมากเมื่อมีโหลดสูงขึ้น ดังจะเห็นได้ขณะขับโหลดที่ 2.5 Nm ก็จะมีกระแสใกล้ถึงค่าที่กีดมอเตอร์แล้ว และยังได้ทำการทดสอบฟังก์ชันการป้องกันการจ่ายกระแสเกิน โดยตั้งกระแสไว้ที่ 18 A ผลการทดสอบเป็นไปตามตารางที่ 2 โดยระบบควบคุมสามารถป้องกันกระแสเกินได้ตามที่กำหนด

บทความวิจัย

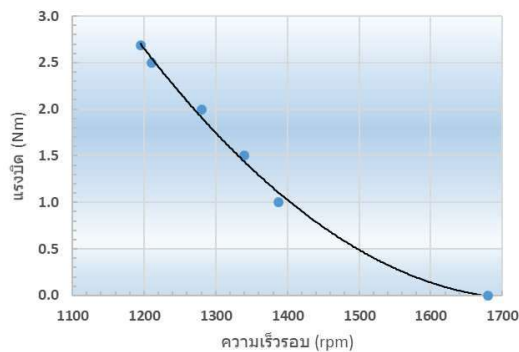
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17

17th Conference of Electrical Engineering Network 2025 (EENET 2025)



ตารางที่ 1 ผลการขับโหลดของมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน

แรงบิด (Nm)	กระแสมอเตอร์ (A)	ความเร็วรอบ (rpm)
1	4.1	644
	6.1	997
	8	1388
1.5	5.3	571
	9.6	1054
	10.8	1340
2	6.1	500
	12	1000
	13.5	1280
2.5	9.8	600
	14.2	1000
	16	1211



รูปที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ของแรงบิดกับความเร็วรอบมอเตอร์ ขณะมีโหลด และบิดกันเร่งสูงสุด

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบฟังก์ชันตัดการทำงานเมื่อเกิดกระแสเกิน

ครั้งที่	แรงบิด (Nm)	ความเร็วรอบ (rpm)	กระแสมอเตอร์ (A)	การทำงาน	
				ปกติ	ตัดการทำงาน
1	1.0	644	4.1	/	
2		997	6.1	/	
3		1388	8	/	
4	1.5	571	5.3	/	
5		1054	9.6	/	
6		1340	10.8	/	
7	2.0	500	6.1	/	
8		1000	12	/	
9		1280	13.5	/	
10	2.5	600	9.8	/	
11		1000	14.2	/	
12		1211	16	/	
13	2.7	1195	18	/	/

2.3 การทดสอบใช้งาน

ในการทดสอบใช้งาน ทำโดยการติดตั้งชุดขับเคลื่อนเรือไฟฟ้าทางสั้นบนเรือไฟเบอร์กลาส ขนาด 8 ฟุต ทดสอบวิ่งสามรอบที่น้ำหนักบรรทุก 75 กิโลกรัม เท่ากัน ซึ่งเป็นโหลดสูงสุดที่เหมาะสมกับเรือขนาดนี้ ดังรูปที่ 10 ได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 3



รูปที่ 10 ทดสอบการขับเคลื่อนเรือไฟเบอร์กลาส ขนาด 8 ฟุต

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการทำความเร็ว ในระยะทาง 100 m

รอบที่	ระยะทาง (m)	เวลา (s)	ความเร็ว	
			(m/s)	(km/h)
1	100	55.83	1.79	6.45
2	100	56.38	1.77	6.39
3	100	56.59	1.77	6.36
เฉลี่ย	100	56.27	1.78	6.40

ซึ่งจะเห็นได้ว่าชุดขับเคลื่อนเรือไฟฟ้าทางสั้นที่สร้างขึ้นนี้สามารถทำความเร็วสูงสุดได้ที่ 6.45 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเฉลี่ยประมาณ 6.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และจากการทดสอบพบว่าสามารถแล่นต่อเนื่องได้นาน 45 นาทีต่อรอบการชาร์จ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

อย่างไรก็ตามจากการสังเกตการทำงานของมอเตอร์ชนิดนี้เมื่อนำมาใช้ขับเคลื่อนเรือ อาจจะทำงานนี้ได้ไม่นาน เนื่องจากความเร็วรอบตกค่อนข้างมาก และมีแรงบิดค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับมอเตอร์ชนิดอื่น

3. สรุป

บทความนี้นำเสนอแนวคิด การออกแบบและการสร้างชุดขับเคลื่อนเรือไฟฟ้าทางสั้น ที่สามารถนำมาใช้ทดแทนเครื่องยนต์สันดาปภายใน สำหรับขับเคลื่อนเรือไฟเบอร์กลาสหรือเรือไม้ขนาดเล็ก ได้ผลเป็นไปตามที่คาดหวัง นำไปติดตั้งใช้กับเรือเพื่องานเกษตรกรรมและการเดินทางระยะสั้น ๆ ได้ และยังสามารถจะพัฒนาต่อไปบันทึกค่ากระแสแรงดัน พลังงาน และความเร็วเรือ หรือข้อมูลอื่น ๆ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าที่เหมาะสมกับเรือขนาดเล็กนี้ได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Marissa Francisco Munar, Sheryl Espiritu Diokno, Rovinna Janel Cruzate- Tayo, Lew Andrew Ravelas Tria, "Electrification of Boats for Small-Scale Rural Fishing", 2024 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific), pp.589-593, 2024.
- [2] United Nations, "Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all," 2021. [Online] . Available: sdgs.un.org/goals/goal7. [Accessed:27-Mar-2025].



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16

จัดโดย

สมาคมไฟฟ้าและพลังงานอินทรีย์เปิด (ประเทศไทย) (IEEE PES - THAILAND)

ร่วมกับเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า (EENET)

และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม

ระหว่างวันที่ 29 - 31 พฤษภาคม 2567

ณ โรงแรมอัครธรณ อ.เมือง จ.หนองคาย

นวัตกรรมและเทคโนโลยีสมัยใหม่

สำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน

Innovation and Modern Technology

for Sustainable Development



Conference Topic

- Electrical Power (PW) ไฟฟ้ากำลัง
- Electronics, Circuit and Communication (EC) อิเล็กทรอนิกส์ วงจรและสื่อสาร
- Power Electronics (PE) อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
- Computer and Information Technology (CP) คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
- Control Systems and Instrumentation (CT) ระบบควบคุมและการวัด
- Digital Signal Processing (DS) ระบบประมวลผลสัญญาณดิจิทัล
- Energy and Conservation of Energy (ES) พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน
- Innovation and Invention (IN) นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์
- General Electrical Engineering (GN) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า
- Special Session on Electrical Engineering (SS) หัวข้อพิเศษทางวิศวกรรมไฟฟ้า
 - Innovation and invention for junior research
 - นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์สำหรับนักวิจัยรุ่นเยาว์

EENET 2024



บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16

16th Conference of Electrical Engineering Network 2024 (EENET 2024)



บทความสาขานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ (IN)	หน้า
IN-864 ชุดควบคุมปั๊มลมแบบดิจิทัล คนโท ปานทองคำ อัมพร บุญราม และเฉลิมวัฒนา ศังขะภูติ	686
IN-865 การศึกษาสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อในผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรง กฤษฎา สิทธิดา ทศพล มานะศรี และ ญาณภัทร ชองทอง	690
IN-866 การพัฒนาต้นแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตากข้าวเปลือก เอกวิทย์ หายกังวล นครินทร์ ศรีปัญญา กฤตยา สมสัย และ วีระ รัชยาภิรักษ์	694
IN-867 เครื่องนับกระสอบข้าวประมวลผลโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ วีระ รัชยาภิรักษ์ เจริญ เทพวังสถัญญ์ และ นิวัฒน์ เจริญจรรยากุล	698
IN-868 การพัฒนาเครื่องบดสับหญ้าเนเปียร์ขนาดเล็ก สำหรับเกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโค เจษฎา หงษ์ณี ธราริพี ภูระหงษ์ สมยศ สีแสนสุข กนกกานต์ ลายสนธิ์ และ เจษฎา สารสุข	702
IN-869 การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วย บอร์ด KidBright 32IP ขอบคุณ ไชยวงศ์ ภูมิรินทร์ ประกอบแสง นครินทร์ ศรีปัญญา ณัฏพล ทองคุ้ม เกรียงศักดิ์ คำดี และ ปรียาภรณ์ คชาพาพันธ์	706

บทความสาขางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)	หน้า
GN-901 การทดสอบและวิเคราะห์อุณหภูมิมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เพื่อการวางแผนซ่อมบำรุง ภักวี หะยะมิน และ ชัยพล ธงชัยสุวัชต์กุล	710
GN-902 การพัฒนารูปแบบการเรียนการอบรม เรื่อง อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง โดยใช้การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน สร้างการเรียนรู้ตลอดชีวิต ชัยพล ธงชัยสุวัชต์กุล วีระพล ศรีเมือง และ ภักวี หะยะมิน	714
GN-903 เทคโนโลยีการตรวจจ็อบรอยเชื่อมประคบสำหรับเสาโลหะ โดยเลนส์เชื่อมปรับแสงอัตโนมัติ วีระพล ศรีเมือง และ ชัยพล ธงชัยสุวัชต์กุล	718
GN-904 การออกแบบวงจรจำลองเพื่อศึกษาผลกระทบของฮาร์มอนิกส์ในระบบไฟฟ้ากำลัง ณัฐพล ปันมาละ	722
GN-905 การฝึกอบรมงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลด้วยกระบวนการ MTIAP สำหรับช่างซ่อมบำรุงโรงโม่ปูน พศวัต แก้วทิพย์ วีระพล ศรีเมือง และ ภักวี หะยะมิน	726
GN-906 การออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดเสาไฟถนนอัตโนมัติ พงษ์ศักดิ์ คงชน และ ชัยพล ธงชัยสุวัชต์กุล	730
GN-909 การพัฒนาเครื่องอบแห้งลมร้อนสมุนไพร กิตติทัศน์ สุขสวัสดิ์เดชา สุรวุฒิ ยี่มฤทธิ์ ยุติ ฉัตรวรานนท์ และ เพนตร์ สุขสิงห์	734

ชุดควบคุมปั๊มลมแบบดิจิทัล

Digital air compressor controller

คนโท ปานทองคำ อัมพร บุญราม และเฉลิมวัฒนา สังขะภูติ

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย E-mail: konto.p@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดควบคุมปั๊มลมแบบดิจิทัล เพื่อใช้ทดแทนตัวควบคุมแบบสวิตช์ความดัน โดยเพิ่มการแจ้งเตือนลมรั่วไหลจากถังเก็บลม ไม่จ่ายลม ฟังก์ชันหยุดการทำงานของปั๊มลมหากตรวจพบการรั่วไหลของลมเกินกว่าที่ผู้ใช้งานกำหนด การบันทึกค่าความดันลมอัด กระแสไฟฟ้า และการใช้พลังงานไฟฟ้าไปยัง Cloud ฟังก์ชันระบายน้ำภายในถังเก็บลม และฟังก์ชันเติมลมเข้าถังเก็บอัดอัตโนมัติเมื่อความดันลดลงถึงค่าปรับตั้งด้านความดันต่ำ โดยที่ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าความดันทำงานได้ในช่วง 30 – 120 psi ผลการทดสอบใช้งานพบว่า ชุดควบคุมทำงานได้ตรงตามฟังก์ชันและข้อกำหนด สามารถใช้ทดแทนตัวควบคุมปั๊มลมแบบเดิมที่ใช้สวิตช์ความดัน ได้เป็นอย่างดี โดยมีความคลาดเคลื่อนขณะทดสอบสูงสุดเพียง 1.3 psi

คำสำคัญ: ชุดควบคุมปั๊มลมแบบดิจิทัล, ชุดควบคุมเครื่องอัดอากาศ

Abstract

This research introduces the design and implementation of a digital air pump control unit intended to replace conventional pressure switch controllers. Its primary function is to detect air leaks from the storage tank in instances where compressed air is not supplied, consequently halting the air pump's operation upon detection of air leakage exceeding the predefined limit. Additionally, the control unit records air pressure, current, and electrical energy consumption data to the Cloud, incorporates a water drainage feature within the air storage tank, and automatically refills the tank with air upon reaching the low-pressure threshold. Users have the flexibility to set the working pressure within the range of 30 to 120 psi. Test results demonstrate that the control unit fulfills all specified functions and requirements, exhibiting a maximum testing error of 1.3 psi. This substantiates its viability as a substitute for traditional pressure switch air compressor controllers.

Keywords: Digital air pump controller, Air compressor controller

1. บทนำ

ปั๊มลมหรือเครื่องอัดอากาศ (Air compressor) เป็นเครื่องจักรพื้นฐานที่มีความสำคัญยิ่งในทุกอุตสาหกรรมที่ต้องการลมอัดเพื่อใช้ในกระบวนการควบคุมอัตโนมัติ การบรรจุสินค้า การทำงานหีบจับของหุ่นยนต์ ฯลฯ รวมถึงโรงงานขนาดเล็ก อู่รถยนต์ ร้านซ่อมมอเตอร์ไซด์ ที่มักใช้ปั๊มลมสำหรับงานพ่นสี เป่าทำความสะอาด เดิมลมล้อ และอีกหลากหลายงานที่ต้องการใช้ลมอัด ปั๊มลมมีหลากหลายแบบและขนาดที่พบเห็นทั่วไปมักเป็นปั๊มลมแบบลูกสูบ (Piston Air compressor) [1] และมีตัวควบคุมการทำงานเป็นสวิตช์ความดัน (Pressure switch) ซึ่งจะเริ่มเดินมอเตอร์ปั๊มเมื่อความดันในถังเก็บลมน้อยกว่าค่าปรับตั้งด้านความดันต่ำ และจะหยุดเดินปั๊มเมื่อความดันถึงค่าปรับตั้งทางด้านความดันสูง โดยไม่สามารถทราบได้ว่า มีการรั่วของลมอัดในถังเก็บ หรือไม่ หากมีลมรั่วไหลไปมาก ก็จะทำให้ความดันในถังลดลง เมื่อถึงค่าปรับตั้งสวิตช์ด้านความดันต่ำ ก็จะต้องง้อจ่ายไฟเดินปั๊มอีกครั้ง ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการรั่วไหลของลมอัด และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาปั๊มลมเพิ่มขึ้น [2]

งานวิจัยนี้นำเสนอ การออกแบบและสร้างชุดควบคุมปั๊มลมแบบดิจิทัล ที่สามารถแจ้งเตือนและตัดการทำงานของปั๊มลมเมื่อเกิดการรั่วของลมอัดในถังเก็บ โดยใช้หลักการทำงานและ โครงสร้างที่ง่าย ไม่ซับซ้อน ราคาถูก เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษา และการเรียนการสอนวิชา PLC และระบบควบคุมอัตโนมัติ สำหรับนักศึกษาวิศกรรมไฟฟ้า ช่วยลดการพึ่งพาการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

2. การดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการสร้างชุดควบคุมปั๊มลมที่มีฟังก์ชันการทำงานและสมรรถนะทดแทนตัวควบคุมปั๊มลมที่ใช้สวิตช์ความดันได้ โดยนำปั๊มลมเก่าที่ตัวควบคุมแบบสวิตช์ความดันเสีย มาปรับปรุงใช้งานและพัฒนาเพิ่มฟังก์ชันการแจ้งเตือนลมรั่วจากถังเก็บลม ไม่จ่ายลม การตัดการเดินเครื่องเมื่อเกิดลมรั่วไหล การบันทึกข้อมูลค่าความดันลมอัด และค่ากำลังไฟฟ้าบน Cloud เพื่อให้สามารถนำข้อมูลการใช้กำลังไฟฟ้า มาวิเคราะห์ปรับปรุงวิธีการควบคุมและการใช้งานปั๊มลมแบบลูกสูบ ให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นต่อไป

บทความวิจัย

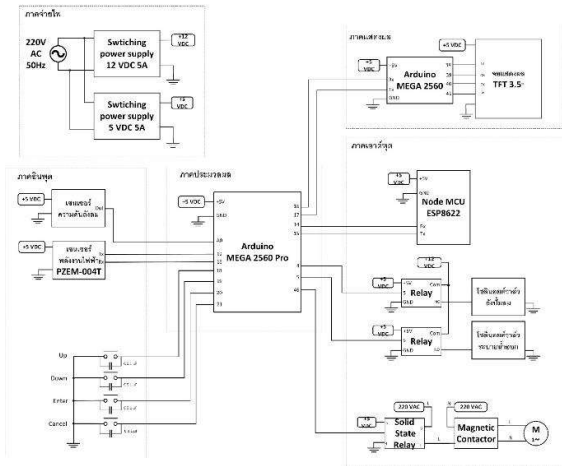
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16

16th Conference of Electrical Engineering Network 2024 (EENET 2024)



2.1 การออกแบบวงจรและหลักการทํางาน

จากความต้องการให้ได้ชิ้นงานที่ราคาถูก ใช้เทคโนโลยีไม่สูงมาก สร้างและประกอบได้ง่าย จึงได้ออกแบบวงจรแบ่งออกเป็น 5 ภาคหลัก โดยมีภาพรวมวงจรชุดควบคุมปั๊มลม ดังรูปที่ 1 และมีรายละเอียดของภาคต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 1 ภาพรวมวงจรชุดควบคุมปั๊มลม

ภาคประมวลผล เลือกใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

Arduino Mega Pro 2560 ทำหน้าที่รับค่าจากเซ็นเซอร์วัดความดันลมอัด โมดูลวัดพลังงานไฟฟ้า และสวิตช์ปุ่มกดทั้ง 4 ตัว มาประมวลผลและส่งค่าต่าง ๆ ออกไปยังฮาร์ดแวร์ ได้แก่ โซลินอยด์วาล์วจ่ายลมอัด โซลินอยด์วาล์วระบายน้ำทั้ง และ solid state relay ควบคุมการเปิดปิดมอเตอร์ปั๊ม ส่งต่อค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าความดันลมภายในถังเก็บไปจัดเก็บยังระบบคลาวด์

ภาคแสดงผล เลือกใช้โมดูล LCD TFT สี ขนาด 3.5 นิ้ว

ความละเอียด 320 x 480 พิกเซล ที่ออกแบบมาสำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino Mega 2560 โดยเฉพาะ ทำให้การแสดงผลทำได้รวดเร็วขึ้น

ภาคอินพุต ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก 3 ชุดคือ

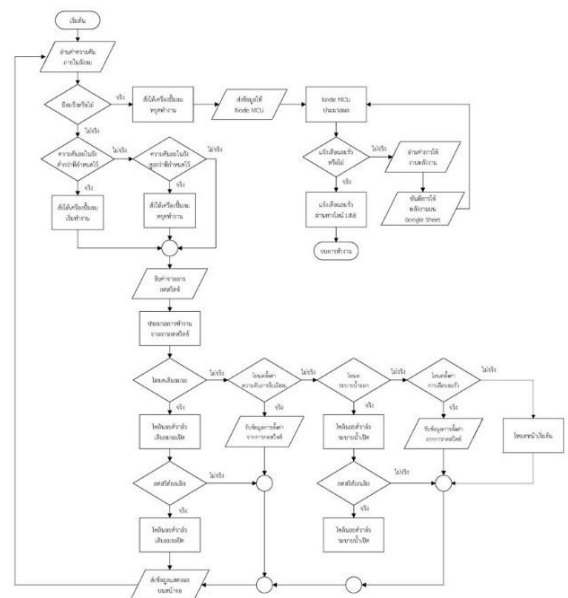
- 1) เซ็นเซอร์วัดความดันของลมอัดภายในถัง (Pressure sensor) รุ่น ELWPs20 สามารถวัดความดันได้ในช่วง 0-20 bar (0 – 290 psi) โดยมีสัญญาณออกเป็นแรงดัน 0.5-4.5 V
- 2) โมดูลวัดพลังงานไฟฟ้า PZEM-004T AC Power Energy Meter Module ทำหน้าที่วัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าของปั๊มลม ซึ่งจะส่งค่าไปเก็บไว้บนคลาวด์ต่อไป
- 3) สวิตช์ปุ่มกดเลือกฟังก์ชันการทำงานของชุดควบคุมปั๊มลม ประกอบด้วย 1. ปุ่ม Up 2. ปุ่ม Down 3. ปุ่มตกลงหรือยืนยันการทำงาน และ 4. ปุ่มเข้าสู่เมนูหรือยกเลิก

ภาคเอาต์พุต ประกอบด้วย

- 1) NodeMCU ESP8266 WiFi ทำหน้าที่รับข้อมูลจากบอร์ดควบคุมหลัก ส่งค่าการใช้พลังงาน ความดันลมอัดภายในถังไปยัง Google sheet และแจ้งเตือนผ่านทาง LINE Notify ในกรณีที่ลมอัดในถังเก็บรั่ว
- 2) Solid State Relay จำนวนหนึ่งตัว ทำหน้าที่ควบคุม Magnetic contactor เพื่อสั่งเปิด – ปิด มอเตอร์ปั๊มลม
- 3) Relay 5V SPDT จำนวน 2 ตัว ควบคุมการเปิด – ปิด โซลินอยด์ระบายน้ำจากการควบแน่นในถังเก็บลม และโซลินอยด์จ่ายลมอัดไปใช้งาน

ภาคจ่ายไฟ ได้ออกแบบใหม่ 2 ชุด ประกอบด้วย

- 1) Switching power supply 5 Vdc 5A ทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้า 220 Vac เป็นแรงดันไฟฟ้า 5 Vdc สำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับภาคประมวลผล
- 2) AC-DC Switching Power Supply 12 V 2A ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้า 220 Vac เป็นแรงดันไฟฟ้า 12 Vdc สำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ โซลินอยด์วาล์วจ่ายลมอัด และโซลินอยด์วาล์วระบายน้ำในถังเก็บลม



รูปที่ 2 flowchart การทํางานของชุดควบคุมปั๊มลม

สำหรับการทํางานของชุดควบคุม ได้ออกแบบเขียนโค้ดควบคุมให้ทํางานตามข้อกำหนดและฟังก์ชัน ดังนี้

ระบบเดิมลมเข้าถังอัด โนมติ ผู้ใช้สามารถปรับตั้งค่าความดันเริ่มปั๊ม และหยุดปั๊ม จากค่าความดันภายในถังเก็บลมได้ในช่วงความดัน 30 – 120 psi เมื่อใช้งานลมอัดจนความดันลดต่ำลงถึงค่าที่กำหนดไว้ ชุดควบคุมจะสั่งเดินปั๊มเดิมลมเข้าถังจนถึงค่าที่กำหนดด้านสูงโดยอัตโนมัติ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16

16th Conference of Electrical Engineering Network 2024 (EENET 2024)

ระบบระบายน้ำภายในถังเก็บลม เป็นการระบายน้ำที่เกิดจากการควบแน่นภายในถังเก็บลมทิ้งไป เพื่อลดการเกิดสนิมในถัง ช่วยให้ลมอัดสะอาดขึ้น ผู้ใช้งานสามารถเลือกฟังก์ชันนี้ได้จากปุ่มเมนู

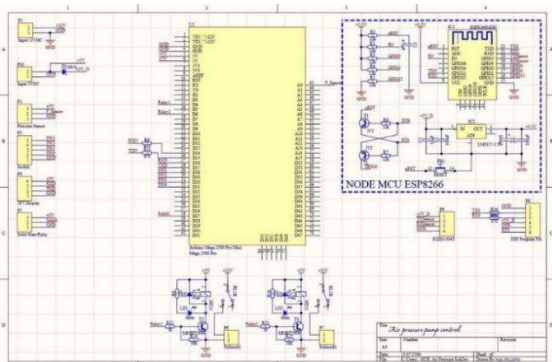
ระบบแจ้งเตือนการรั่วของลมอัดในถังเก็บ ขณะไม่มีการจ่ายลม ผ่าน Line Notify และหยุดเดินปั๊มลมเมื่อมีลมรั่วเกินกว่าที่ผู้ใช้กำหนด

ระบบบันทึกค่าความดันในถังเก็บลม ค่าแรงดัน กระแสกำลังไฟฟ้า และการใช้พลังงานไฟฟ้า ไปยัง Google Sheet ที่กำหนดได้โดยผู้ใช้ ซึ่งจะส่งค่าไปบันทึกทุก ๆ 10 วินาที

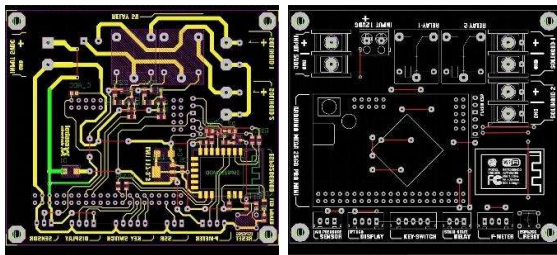
การทำงานรวมของโค้ดโปรแกรมควบคุมการทำงานเป็นไปตาม flowchart ดังในรูปที่ 2

2.2 การสร้างและการประกอบ

จากความต้องการฟังก์ชันการใช้งานต่าง ๆ และวงจรที่ได้ออกแบบไว้เบื้องต้น มีอุปกรณ์หลากหลายค่อนข้างมาก เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้งใช้งาน จึงได้เลือกออกแบบแผ่น PCB ของบอร์ดควบคุมหลักเป็นแบบ PTH และใช้อุปกรณ์ SMD บนบอร์ดควบคุมหลักให้มากที่สุด เพื่อลดขนาดของชุดควบคุมให้มีขนาดเล็ก ลดการหลุดหลวมของจุดต่อต่าง ๆ และจะได้อายุการใช้งานที่ยาวนาน ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4

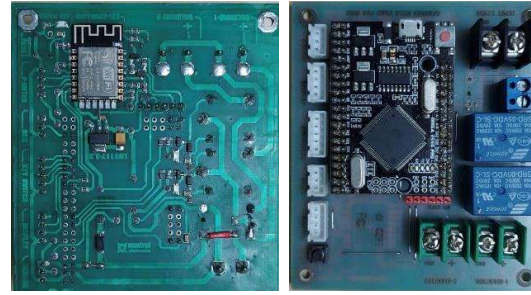


รูปที่ 3 วงจรสำหรับสร้าง PCB บอร์ดควบคุมหลัก



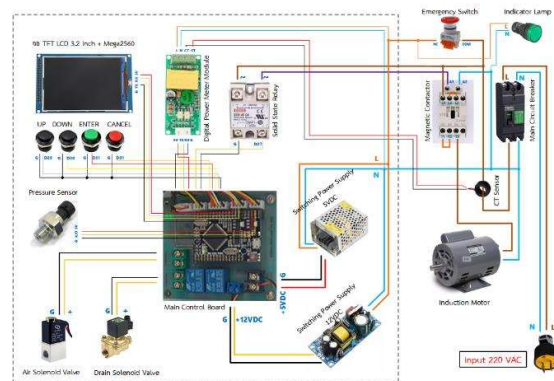
รูปที่ 4 ภาย PCB ด้านล่างและด้านบนของบอร์ดควบคุมหลัก

แผ่น PCB ที่ได้ เมื่อนำมาทำการบัดกรีลงอุปกรณ์ SMD และอุปกรณ์อื่น ๆ จะได้บอร์ดควบคุมหลักที่เสร็จแล้ว ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 PCB บอร์ดควบคุมหลักของชุดควบคุมปั๊มลมที่เสร็จแล้ว

นำอุปกรณ์ทั้งหมดประกอบเข้าตู้พลาสติกกันน้ำ และนำไปติดตั้งบนปั๊มลม ติดตั้งเซ็นเซอร์ โซลีนอยด์แล้ว และอุปกรณ์อื่น ๆ ตามวงจร ดังรูปที่ 6 จะได้ปั๊มลมที่ประกอบชุดควบคุมเรียบร้อยแล้ว ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 วงจรการต่อใช้งานจริงของระบบควบคุมปั๊มลม



รูปที่ 7 ปั๊มลมที่ประกอบชุดควบคุมเสร็จสมบูรณ์

ก่อนการนำชุดควบคุมไปใช้งาน เพื่อให้ได้ความแม่นยำตรงกัน ของเกจวัดความดันลมและเซ็นเซอร์วัดความดัน จึงได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลการวัดความดันลมอัดในถังเก็บ ภายหลังจากปรับแต่งโค้ดแล้ว ได้ผลใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 1 โดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 1.3 psi

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 16
16th Conference of Electrical Engineering Network 2024 (EENET 2024)



ตารางที่ 1 ผลเปรียบเทียบการวัดความดันภายในถังเก็บลม

ความดันลมที่กอร์วี่ (psi)	ความดันลมที่เซ็นเซอร์วัด (psi)	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (psi)
10	10.1	0.1
20	21.0	1.0
30	30.0	0.0
40	40.5	0.5
50	51.1	1.1
60	60.3	0.3
70	70.0	0.0
80	80.0	0.0
90	91.3	1.3
100	100.0	0.0
110	110.0	0.0
120	121.3	1.3

2.3 การทดสอบใช้งาน

การทดสอบการทำงานของชุดควบคุมปั๊มลม ว่าสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดและฟังก์ชันที่ออกแบบไว้หรือไม่ ได้ทำการทดสอบใน 3 กรณี คือ 1. ทดสอบการเริ่มเดินและหยุดของปั๊มลมตามความดันลมที่กำหนด 2. ทดสอบการแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify และการตัดการทำงานของปั๊มกรณีที่มีการรั่วไหลของลมอัดในถังเก็บ และ 3. ทดสอบการส่งข้อมูลค่าความดันลมภายในถังเก็บและค่าการใช้พลังงานของปั๊มลมไปเก็บไว้บน cloud ผลการทดสอบทั้ง 3 กรณี เป็นไปตามตารางที่ 2 และตารางที่ 3 และรูปที่ 8 ถึง รูปที่ 10

ตารางที่ 2 ผลการเริ่มเดินและหยุดของปั๊มลมตามความดันที่กำหนด

ครั้งที่	ค่าความดันปรับตั้ง (psi)		ค่าความดันทำงาน (psi)		ความคลาดเคลื่อน (psi)	
	เริ่มทำงาน	หยุดทำงาน	เริ่มทำงาน	หยุดทำงาน	เริ่มทำงาน	หยุดทำงาน
1	30	120	30	120	0	0
2			30	121	0	1
3			31	120	1	0
4			30	120	0	0
5			30	120	0	0
1	60	100	60	100	0	0
2			60	100	0	0
3			60	100	0	0
4			60	100	0	0
5			60	100	0	0



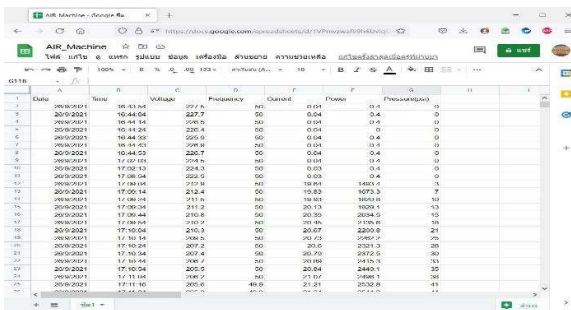
รูปที่ 8 ค่าความดันเริ่มทำงานและหยุดทำงานของปั๊มลม

ตารางที่ 3 ผลการแจ้งเตือน กรณีที่มีการรั่วไหลของลมอัดในถังเก็บ

ความดันที่ลดลงในเวลา 30 นาที (psi)	การแจ้งเตือนผ่าน LINE Notify	การตัดการทำงานของปั๊ม
10	มีข้อความแจ้งเตือน	มีการสั่งตัด
15	มีข้อความแจ้งเตือน	มีการสั่งตัด
20	มีข้อความแจ้งเตือน	มีการสั่งตัด
25	มีข้อความแจ้งเตือน	มีการสั่งตัด
30	มีข้อความแจ้งเตือน	มีการสั่งตัด



รูปที่ 9 การตั้งค่าความดันรั่วไหล การตัดการทำงานของปั๊มและการแจ้งเตือน



รูปที่ 10 การบันทึกค่าความดันและการใช้พลังงานของปั๊มลมบน cloud

จากผลการทดสอบพบว่าชุดควบคุมสามารถทำงานได้ถูกต้องตามข้อกำหนด และฟังก์ชันที่ออกแบบไว้ครบถ้วน เป็นที่น่าพอใจ ทั้งนี้ ยังไม่ได้ทดสอบเปรียบเทียบการใช้พลังงานและประสิทธิภาพของปั๊มลมที่ใช้ชุดควบคุมใหม่เป็นแบบดิจิทัล และปั๊มลมเดิมที่ใช้สวิตช์ความดันเป็นตัวควบคุมการทำงาน เนื่องจากสวิตช์ความดันเดิมเสีย ซึ่งจะได้ทำการทดสอบและสรุปผล ไปใช้ในการปรับปรุงพัฒนาในโอกาสต่อไป

3. สรุป

บทความนี้นำเสนอแนวคิด การออกแบบ และการสร้างชุดควบคุมปั๊มลมแบบดิจิทัล ที่สามารถแจ้งเตือนและตัดการทำงานของปั๊มลม เมื่อเกิดการรั่วของลมอัดในถังเก็บ ช่วยลดพลังงานสูญเสียและการสึกหรอของปั๊ม เมื่อเทียบกับการควบคุมโดยใช้สวิตช์ความดันแบบเดิม ผลการใช้งานพบว่าชุดควบคุมที่สร้างขึ้น สามารถทำงานตามฟังก์ชันและสมรรถนะตามที่ออกแบบไว้ได้เป็นอย่างดี แนวทางพัฒนาต่อไปให้สามารถวิเคราะห์การรั่วไหลหรือเกิดการฉีกขาดของท่อลม ขณะจ่ายลมใช้งานโดยใช้ Machine Learning หรือเทคนิคอื่น ก็จะได้อะไรมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] W.Yi, L. Huibin, C. Maoyong, F.Di, Design of Piston Air Compressor Unit Control System based Converter, Journal of Measurement Science and Instrumentation, 2010.

[2] L. Wenhua, ZH. Zongzhen, Energy Consumption and Energy-saving Tendency of Mine Air Compressors, Coal Mine Machinery, 2006

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๔๖

The 46th Electrical Engineering Conference (EECON-46)



จัดการประชุมโดย สมาคมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (ประเทศไทย) และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

ระหว่างวันที่ 15-17 พฤศจิกายน 2566
ณ โรงแรมดิวาน่า พลาซ่า กระบี่ อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่

(PW) ไฟฟ้ากำลัง

(PH) ไฟโตนิคส์

(CM) ไฟฟ้าสื่อสาร

(BE) วิศวกรรมชีวการแพทย์

(ETC) นวัตกรรมอัจฉริยะ

(DS) การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล

(CT) ระบบควบคุมและการวัดคุม

(CP) คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

(GN) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า

(PE) อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

(EL) อิเล็กทรอนิกส์

(RE) พลังงานหมุนเวียน

(HS) ระดับมัธยมศึกษา

สนับสนุนโดย



รหัส	ชื่อบทความ	หน้า
ST-9	รณาทางอัตโนมัติด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก	513
ST-11	เครือข่ายเซ็นเซอร์เฝ้าติดตามมลพิษทางอากาศกรณีศึกษาในวัดบางช้างเหนือ	517
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)	
GN-1	การศึกษาเบื้องต้นและการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของการอบแห้งพริกแดงจินดา ในต้นแบบโรงเรือนแบบพืชมิตและโรงเรือนแบบอุโมงค์กับพลังงานรังสีอาทิตย์	521
GN-2	อิทธิพลของโคโรนาดีสชาร์จแบบมีฉนวนกั้นต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากะหล่ำปลีแดง	524
GN-3	การพัฒนางจรคอนเวอร์เตอร์แบบเต็มบริดจ์ที่มีการสวิตช์แบบนุ่มนวล	529
GN-4	ระบบควบคุมและแสดงค่าพลังงานของมอเตอร์ปั้มน้ำด้วย IOT	533
GN-5	การออกแบบเครื่องกำเนิดแม่เหล็กถาวร เพื่อสร้างภาระงานในโมเดลของการทดสอบเครื่องปั่นจักรยาน YMCA Cycle Ergometer	537
GN-6	การปรับปรุงวิธีการตรวจรู้มะเร็งผิวหนังโดยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง	541
GN-7	การวิเคราะห์รูปแบบสวิตช์ที่เหมาะสมสำหรับฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์โดยการจำลองการทำงาน	546
GN-8	การออกแบบชุดจำลองระบบตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานอัตโนมัติ	550
GN-9	ผลกระทบของคุณภาพไฟฟ้าจากการชาร์จรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง	554
GN-10	อุปกรณ์แจ้งเตือนอัคคีภัยด้วย IoT แสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ พร้อมระบุตำแหน่งอัคคีภัยด้วยจีพีเอส	558
GN-11	การออกแบบและสร้างวงจรต้นแบบสำหรับเพิ่มสมรรถนะของเซลล์แบตเตอรี่จากดินการเกษตร	562
GN-12	การตรวจจับการหลั่งโดยเซนเซอร์ LiDAR แบบอาเรย์ภายในอาคาร	566
GN-13	การศึกษาการวัดความชื้นข้าวเปลือกหอมมะลิสุรินทร์ (กข 15) ด้วยการใช้คลื่นไมโครเวฟ	570
GN-14	ผลกระทบของแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานโดยใช้ระบบอัตโนมัติ	574
GN-15	การพัฒนารูปแบบคำสั่งเสียงสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของรถเข็นอัตโนมัติ	578
GN-16	การออกแบบและสร้างเครื่องวัดมุมเฟสแบบสี่ช่องสัญญาณ	582
GN-17	ระบบเสาไฟฟ้าอัจฉริยะเพื่อป้องกันการโจรกรรมทรัพย์สินผู้ให้บริการไฟฟ้า	586
GN-19	การพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าด้วยนิวรอลเน็ตเวิร์ค (กรณีศึกษาบริษัทพรอคเตอร์ แอนด์ แกมเบล แมนูแฟคเจอร์ (ประเทศไทย) จำกัด)	590
GN-20	ตัวแบบเกรย์หลายตัวแปรแบบปรับปรุงเพื่อการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า	594
GN-21	ระบบตู้ล้างตาฉุกเฉินอัตโนมัติแบบเคลื่อนที่ได้สำหรับสถานประกอบการ SME	598
GN-22	To Predict the Equatorial Plasma Bubbles based on K-nearest Neighbor Method at Chumphon, Thailand	602
GN-23	การประมาณค่าหน่วยเวลาสำหรับวิธีการสตาร์ทแบบสตาร์-เดลต้าของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส	606
GN-24	ระบบจัดการแบตเตอรี่ สำหรับเครื่องมือสื่อสารทางทหาร	610
GN-25	แบบจำลองระบบควบคุมเครื่องอบวัตถุด้วยเทคโนโลยี Industrial IOT	614

การออกแบบและสร้างเครื่องวัดมุมเฟสแบบสี่ช่องสัญญาณ

Design and Construction of 4-Channel Phase Angle Meter

คนโท ปานทองคำ¹ อัมพร บุญราม¹ ดำรงค์ศักดิ์ บุญเรือง² และ ชัยชนะ สุขนัย³

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย konto.p@rmuts.ac.th

²สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

³ส่วนดับเพลิงท่าอากาศยาน ฝ่ายดับเพลิงและกู้ภัย ท่าอากาศยานนานาชาติภูเก็ต บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ การออกแบบและสร้างเครื่องวัดมุมเฟสแบบ 4 ช่องสัญญาณ สำหรับวัดมุมเฟสระหว่างสัญญาณแรงดันหรือกระแสโดยใช้หลักการ Zero-crossing และประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM สามารถเลือกแสดงค่ามุมเฟสแบบตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาได้ ผลการทดสอบใช้งานกับระบบไฟฟ้าสามเฟสที่แรงดัน 100 - 500 Vrms กระแส 1 - 5 A ความถี่ 50 Hz พบว่าสามารถวัดมุมเฟสได้แม่นยำพอสมควรโดยมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดไม่เกิน $\pm 3.2^\circ$

คำสำคัญ: เครื่องวัดมุมเฟส การวัดเฟส

Abstract

This article presents the conceptualization, design, and implementation of a 4-channel phase angle meter designed for measuring phase angles between two voltage or current signals. The methodology utilizes the zero-crossing principle and signal processing by an ARM microcontroller. The display can be configured to show the phase angle in either a clockwise (CW) or counter-clockwise (CCW) direction. Experimental results, from tests conducted on three-phase electrical systems with voltages from 100 Vrms to 500 Vrms, and currents from 1 A to 5 A, at a fixed frequency of 50 Hz, demonstrated the meter's capability to measure phase angles accurately. The maximum observed measurement error was $\pm 3.2^\circ$.

Keywords: Phase angle meter, Phase Measurement

1. บทนำ

มุมเฟสแรงดันและกระแสมีความสำคัญต่องานในระบบไฟฟ้ากำลังเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะมุมเฟสแรงดันไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้ากำลัง เป็นตัวแปรสำคัญในการอธิบายสถานะของระบบ ใช้ในการตรวจสอบการทำงานของระบบ และอื่นๆ [1] เช่น ใช้ตรวจสอบทิศทางการทำงานของรีเลย์ป้องกัน ใช้ตรวจสอบกลุ่มแวลเคอร์ของหม้อแปลง ใช้การวัดมุมเฟสแรงดันเพื่อการเชื่อมต่อแรงดันไฟฟ้าสองแหล่งจ่ายเข้าด้วยกันอย่างถูกต้องและปลอดภัย ใช้เปรียบเทียบมุมเฟสของสถานีไฟฟ้าเพื่อการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ หรือใช้ในการ

พิจารณาเพื่อควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า เป็นต้น

เครื่องวัดมุมเฟสที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดในปัจจุบันมีราคาที่ยากขึ้นสูงมาก และมักจะแสดงค่ามุมที่วัดได้เพียง $0-180^\circ$ เท่านั้น โดยมีเครื่องหมาย $\pm$ หรือไฟแสดงว่าเป็นมุมนำหน้า (Leading) หรือล่าช้า (Lagging) ที่ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องวัดมุมเฟสแบบ 4 ช่องสัญญาณ ให้สามารถแสดงค่ามุมเฟส $0-360^\circ$ เพื่อนำมาใช้ในการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการระบบไฟฟ้ากำลัง ซึ่งจะช่วยให้การวัดมุมเฟสทำได้รวดเร็วและได้ผลที่แม่นยำ ง่ายต่อการเรียนรู้ใช้งาน และลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

2. เทคนิคการวัดมุมเฟส

การหาค่ามุมเฟสในเครื่องวัดทั่วไป สามารถทำได้ 2 วิธี [2] ได้แก่

2.1 การหามุมเฟสโดยใช้โวลต์มิเตอร์ความถี่ตรงสูง

วิธีนี้ใช้หลักการหามุมเฟส ด้วยการวัดแรงดัน Vrms ของทั้งสองสัญญาณ นำมาคำนวณหาค่ามุมเฟส ตามสมการที่ 1 ซึ่งมีข้อดีคือความคลาดเคลื่อนต่ำ [3] เมื่อใช้วัดสัญญาณที่มีมุมเฟสไม่เกิน 60° องศา

$$\varphi_{M1} = \frac{180}{\pi} \cdot \arccos \left(\frac{\bar{U}_1}{2 \cdot \bar{U}_2} + \frac{\bar{U}_2}{2 \cdot \bar{U}_1} - \frac{\bar{U}_{1-2}^2}{2 \cdot \bar{U}_1 \cdot \bar{U}_2} \right) \quad (1)$$

เมื่อ $\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$, $\bar{U}_{1-2}$ คือ ค่าเฉลี่ยแรงดัน RMS ที่วัดด้วยโวลต์มิเตอร์ความถี่ตรงสูง

2.2 การหามุมเฟสโดยเทียบจากเวลาที่เกิดการต่างเฟสของรูปคลื่น

วิธีนี้ใช้หลักการหามุมเฟสโดยการคำนวณเทียบจากเวลาที่เกิดการต่างเฟสของสัญญาณกับคาบเวลาของสัญญาณ ดังสมการที่ 2

$$\varphi_{M2} = 360 \cdot \frac{\Delta t}{T} \quad (2)$$

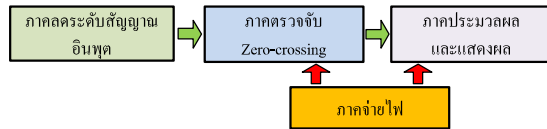
เมื่อ T คือ คาบเวลาของสัญญาณอินพุต

Δt คือ เวลาต่างเฟสของสัญญาณอินพุตกับสัญญาณอ้างอิง

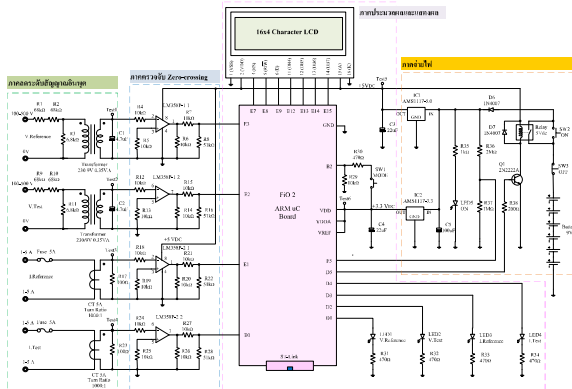
การหาคาบเวลาและเวลาต่างเฟส สามารถทำได้หลายวิธี แต่ก็มีข้อจำกัดอยู่บนหลักการของการหาจุดตัดผ่านแกนศูนย์ (Zero crossing) ของสัญญาณ อย่างไรก็ตามในกรณีที่สัญญาณรบกวนหรือฮาร์มอนิกปนเข้ามา อาจทำให้หาจุดตัดผ่านแกนศูนย์ที่แท้จริงของสัญญาณได้ยาก และก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดได้ [4] จำเป็นต้องกรองสัญญาณรบกวนนี้ด้วยวงจรกรองแบบต่าง ๆ หรือกรองด้วยเทคนิคทางซอฟต์แวร์

3. การออกแบบและสร้างเครื่องวัดมุมเฟส

จากความต้องการให้เครื่องวัดนี้มีต้นทุนต่ำ ใช้งานง่าย จึงได้ออกแบบให้เครื่องวัดมุมเฟส ประกอบด้วยโครงสร้างหลัก ๆ 4 ภาค ดังรูปที่ 1 โดยมีวงจรรวมของเครื่อง ดังในรูปที่ 2



รูปที่ 1 ภาคส่วนต่าง ๆ ของเครื่องวัดมุมเฟส



รูปที่ 2 วงจรเครื่องวัดมุมเฟส 4 ช่องสัญญาณ

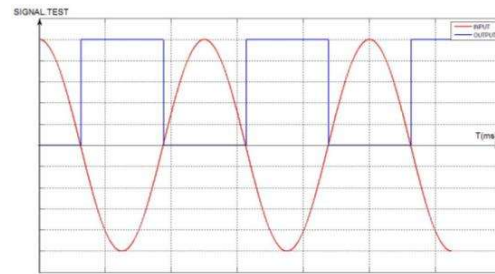
3.1 ภาคระดับสัญญาณอินพุต

ประกอบด้วยช่องรับอินพุตแบบแรงดัน จำนวน 2 ช่อง และช่องรับอินพุตแบบกระแส จำนวน 2 ช่อง โดยกำหนดให้เป็นช่องสัญญาณอินพุตอ้างอิงแรงดันและกระแสอย่างละ 1 ช่อง ภาคนี้จะทำหน้าที่แยกส่วนวงจรไฟฟ้าและลดระดับแรงดันอินพุตสูงสุดที่ 500 Vrms และกระแสอินพุตสูงสุด 5 A ให้มีขนาดต่ำลง แต่เนื่องจากหม้อแปลงแรงดันขนาดเล็กทั่วไป ไม่มีพิกัดที่สามารถรับแรงดัน 500 Vrms ได้ จึงใช้ตัวต้านทานเพื่อแบ่งแรงดันก่อนที่จะเข้าหม้อแปลง 230/9 V ส่วนช่องอินพุตกระแสจะต่อ Fuse 5 A ไว้ก่อนเข้าหม้อแปลงกระแส 10A Ratio 1000/1A เพื่อป้องกันกระแสเกินหรือลัดวงจร จุดสำคัญที่จะต้องพิจารณาของภาคนี้คือการเลือกใช้หม้อแปลงแรงดันและกระแสที่ได้มาตรฐาน มีคุณภาพดี เพื่อลดการเลื่อนมุมเฟสของเอาต์พุตที่ผิดไปจากอินพุตเดิมให้ไม่มีเลยหรือน้อยที่สุด จะได้ผลการวัดมุมเฟสที่ถูกต้องแม่นยำ และเพื่อให้ใช้กับแรงดันสูงได้อย่างปลอดภัย จึงได้เลือกใช้หม้อแปลงแรงดันฉนวนสองชั้น (Safety isolating class 2) แบบติดตั้งบน PCB พิกัด 230/9 V 0.35 VA ส่วนหม้อแปลงกระแสเลือกใช้แบบหน้าคางขนาด 10 A เพื่อแยกวงจรอินพุตให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน เช่นกัน

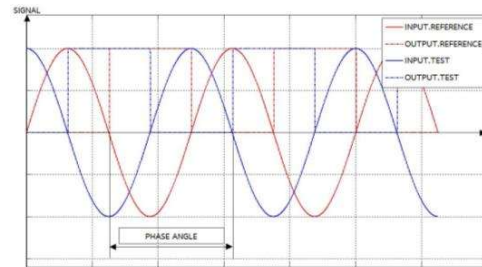
3.2 ภาคตรวจจับ Zero-crossing

วงจรในภาคนี้ใช้คุณสมบัติคอมพาราเตอร์ของออปแอมป์ LM358P เป็นตัวเปรียบเทียบสัญญาณแรงดันอินพุตรูปคลื่นไซน์ เพื่อให้ได้เอาต์พุตเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ง่ายต่อการหาคาบเวลา งานวิจัยนี้ออกแบบให้จ่ายแรงดันอ้างอิงเป็นกราวด์หรือเท่ากับ 0 V ที่ขาบวกของคอมพาราเตอร์

ดังนั้นเมื่อแรงดันอินพุตที่ขาลบ มีค่าต่ำกว่า 0 V แรงดันที่ขาเอาต์พุต จะมีขนาดเป็น +V ในทางกลับกันหากแรงดันที่ขาลบมีค่าสูงกว่าแรงดันอ้างอิงที่ขาบวก เอาต์พุตก็จะมีค่าเป็น 0 V ดังในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะอินพุตและเอาต์พุตของวงจรออปแอมป์คอมพาราเตอร์



รูปที่ 4 ตำแหน่งมุมเฟสที่ได้จากวงจร Zero Crossing Detector

พิจารณารูปที่ 4 มุมเฟสของสัญญาณใด ๆ สามารถหาได้โดยการจับเวลาตั้งแต่ขอบขาขึ้นของสัญญาณเอาต์พุตอ้างอิง (Output Reference) จนถึงขอบขาขึ้นของสัญญาณทดสอบ (Output Test) เวลาที่ได้คือ Δt ของสัญญาณทั้งสอง เมื่อนำไปคำนวณด้วยสมการที่ 2 ก็จะได้มุมเฟสตามต้องการ

3.3 ภาคประมวลผลและแสดงผล

ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก ดังนี้

1. ARM Cortex-M4 Fio2 ใช้เป็นตัวประมวลผลหลักในการคำนวณหามุมเฟส รองรับการเขียน MatLab Simulink ช่วยให้การกรองสัญญาณรบกวนด้วยซอฟต์แวร์ทำได้ง่าย และมีราคาไม่สูงมากนัก
2. จอ aMG CLCD ขนาด 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด ใช้แสดงค่ามุมเฟสแบบตามเข็มนาฬิกา (CW) และแบบทวนเข็มนาฬิกา (CCW) ระดับแบตเตอรี่ ความถี่ของสัญญาณอ้างอิง และความถี่ของสัญญาณทดสอบ
3. ไฟ LED บอกตำแหน่งการเลือกช่องสัญญาณที่ทำการวัดมุมเฟส ติดตั้งไว้ตรงบริเวณหัวต่ออินพุตแต่ละช่อง เพื่อให้ผู้ใช้สังเกตได้ง่ายว่ากำลังวัดมุมเฟสระหว่างอินพุตคู่ใด

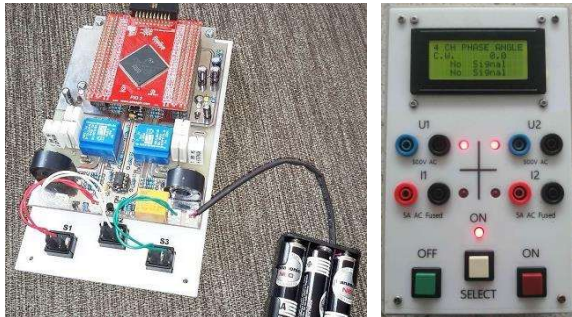
3.4 ภาคจ่ายไฟ

เครื่องวัดมุมเฟส ต้องการไฟเลี้ยงวงจร 2 ระดับแรงดัน ได้แก่ แรงดัน 3.3 V และแรงดัน 5 V โดยจะรับไฟจากถ่าน AA จำนวน 6 ก้อน ที่ต่ออนุกรมกันได้แรงดัน 9 V นำมาผ่าน IC Voltage Regulators AMS1117-5.0 และ AMS1117-3.3 เพื่อรักษาระดับแรงดันให้ได้ 5 V_{DC} และ 3.3 V_{DC} สำหรับจ่ายให้ภาคตรวจจับ Zero-crossing และภาค

ประมวลผล ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อใช้งานไปนาน ๆ แรงดันแบตเตอรี่อาจลดลงจนไฟเลี้ยงภาคต่าง ๆ ไม่เพียงพอ และอาจทำให้ได้ผลการวัดมุมเฟสที่ไม่ถูกต้อง จึงได้ออกแบบให้มีวงจรตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ โดยใช้หลักการโวลเตจดีไวเดอร์ แบ่งแรงดัน 9 V_{DC} ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน 1MΩ ส่งไปยังขา ADC ของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM เพื่อทำการประมวลผลระดับแรงดันแบตเตอรี่ และแจ้งเตือนเมื่อแบตเตอรี่อ่อน และยังออกแบบให้มีระบบปิดเครื่องอัตโนมัติ เมื่อไม่มีการใช้งานเกินกว่า 3 นาที เพื่อประหยัดพลังงานและอำนวยความสะดวกการใช้งานแบตเตอรี่อีกด้วย

3.5 การสร้างและประกอบเครื่อง

จากความต้องการให้เครื่องวัดมุมเฟส มีขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายใช้งานง่าย จึงออกแบบแผ่นวงจรเป็น PCB 2 หน้า เมื่อลงอุปกรณ์ประกอบลงกล่องเรียบร้อย จะได้เครื่องวัดมุมเฟสที่เสร็จสมบูรณ์ ดังรูปที่ 5



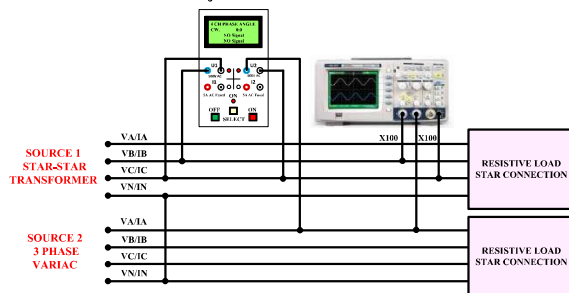
รูปที่ 5 เครื่องวัดมุมเฟส 4 ช่อง ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์

4. การทดสอบใช้งานเครื่องวัดมุมเฟสและผลการทดสอบ

การทดสอบเครื่องวัดมุมเฟส จะทำการทดลองวัดมุมเฟสระหว่างสัญญาณแรงดันกับแรงดัน แรงดันกับกระแส กระแสกับแรงดัน และกระแสกับกระแส ในช่วงแรงดัน 100 ถึง 500 Vrms และกระแส ในช่วง 1 ถึง 5 A ความถี่ 50 Hz แล้วนำผลการวัดมาเปรียบเทียบกับค่ามุมเฟสที่คำนวณได้จากดิฟเฟอเรนเชียลโวลเทจ โดยเลือกแสดงค่ามุมแบบ CW

4.1 ทดสอบการวัดมุมเฟสระหว่างแรงดันกับแรงดัน

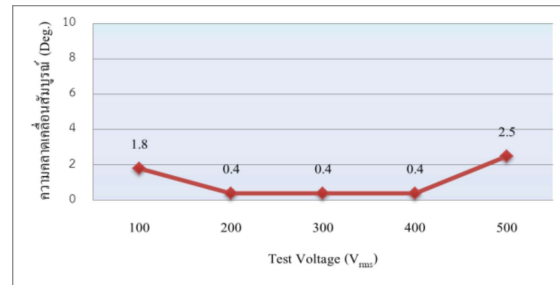
การทดสอบนี้จะใช้แรงดัน V_{BC} 100 Vrms คงที่ เป็นแรงดันอ้างอิง และใช้แรงดันทดสอบ V_{AC} ปรับค่าได้ระหว่าง 100 ถึง 500 Vrms จำลองโหลดชนิดความต้านทาน โดยมีการต่อวงจรทดสอบดังรูปที่ 6 และได้ผลทดสอบดังตารางที่ 1 และรูปที่ 7



รูปที่ 6 วงจรทดสอบการวัดมุมเฟสระหว่างแรงดัน V_{BC} กับแรงดัน V_{AC}

ตารางที่ 1 ผลการวัดมุมเฟสระหว่างแรงดัน V_{BC} เทียบกับ V_{AC} ระบบ 3 เฟส 50 Hz

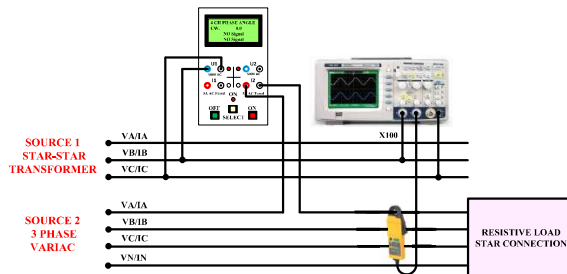
แรงดันอ้างอิง V _{BC} (V _{rms})	แรงดันทดสอบ V _{AC} (V _{rms})	ดิฟเฟอเรนเชียลโวลเทจ		เครื่องวัดมุมเฟส 4 ช่อง (CW Deg.)	ค่าความ คลาดเคลื่อนจริง (Deg.)	ค่าความคลาด เคลื่อนสัมบูรณ์ (Deg.)
		เวลาทางเฟส (ms)	มุมเฟส (CW Deg.)			
100	100	16.7	300.6	298.8	-1.8	1.8
100	200	16.1	289.8	289.4	-0.4	0.4
100	300	15.8	284.4	284.8	0.4	0.4
100	400	15.7	282.6	283.0	0.4	0.4
100	500	15.5	279.0	281.5	2.5	2.5



รูปที่ 7 ความคลาดเคลื่อนจากการวัดมุมเฟสระหว่างแรงดัน V_{BC} กับแรงดัน V_{AC}

4.2 ทดสอบการวัดมุมเฟสระหว่างแรงดันกับกระแส

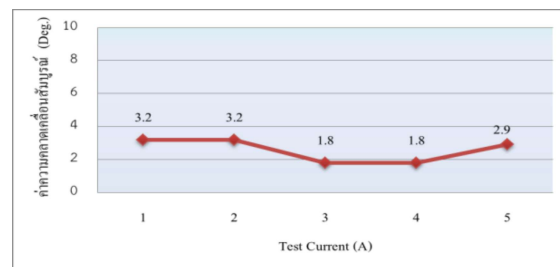
การทดสอบนี้จะใช้แรงดัน V_{BC} 100 Vrms คงที่ เป็นแรงดันอ้างอิง และใช้กระแสทดสอบ I_A ปรับค่าได้ระหว่าง 1 ถึง 5 A ที่ไหลผ่านโหลดชนิดความต้านทาน โดยมีการต่อวงจรทดสอบดังรูปที่ 8 และได้ผลทดสอบดังตารางที่ 2 และรูปที่ 9



รูปที่ 8 วงจรทดสอบการวัดมุมเฟสระหว่างแรงดัน V_{BC} กับกระแส I_A

ตารางที่ 2 ผลการวัดมุมเฟสระหว่างแรงดัน V_{BC} เทียบกับ I_A ระบบ 3 เฟส 50 Hz

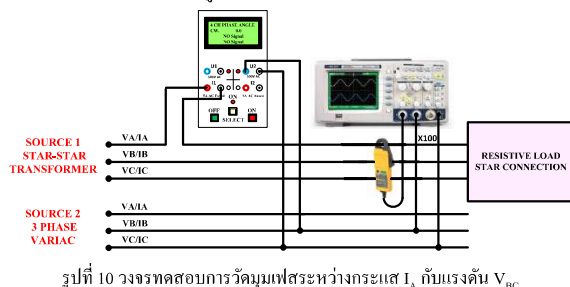
แรงดันอ้างอิง V _{BC} (V _{rms})	กระแสทดสอบ (A)	ดิฟเฟอเรนเชียลโวลเทจ		เครื่องวัดมุมเฟส 4 ช่อง (CW Deg.)	ค่าความ คลาดเคลื่อนจริง (Deg.)	ค่าความคลาด เคลื่อนสัมบูรณ์ (Deg.)
		เวลาทางเฟส (ms)	มุมเฟส (CW Deg.)			
100	1	15.1	271.8	275.0	3.2	3.2
100	2	15.1	271.8	275.0	3.2	3.2
100	3	15.1	271.8	273.6	1.8	1.8
100	4	15.1	271.8	273.6	1.8	1.8
100	5	15.0	270.0	272.9	2.9	2.9



รูปที่ 9 ความคลาดเคลื่อนจากการวัดมุมเฟสระหว่างแรงดัน V_{BC} กับกระแส I_A

4.3 ทดสอบการวัดมุมเฟสระหว่างกระแสกับแรงดัน

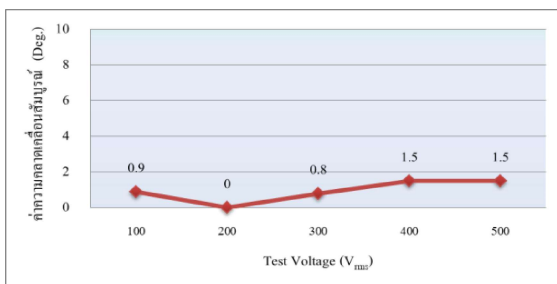
การทดสอบนี้จะใช้กระแส I_A ที่ไหลผ่านโหลดชนิดความต้านทาน 1 A คงที่ เป็นกระแสอ้างอิง และใช้แรงดันทดสอบ V_{BC} ปรับค่าได้ระหว่าง 100 - 500 Vrms โดยมีการต่อวงจรทดสอบดังรูปที่ 10 และได้ผลทดสอบดังตารางที่ 3 และรูปที่ 11



รูปที่ 10 วงจรทดสอบการวัดมุมเฟสระหว่างกระแส I_A กับแรงดัน V_{BC}

ตารางที่ 3 ผลการวัดมุมเฟสระหว่างกระแส I_A เทียบกับแรงดัน V_{BC} ระบบ 3 เฟส 50 Hz

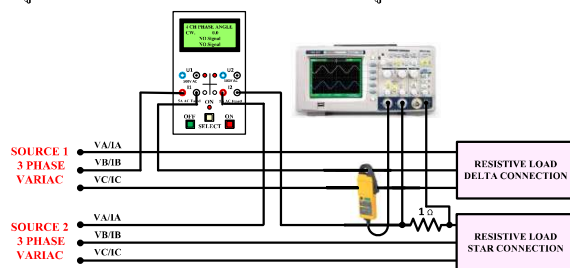
กระแสอ้างอิง (A)	แรงดันทดสอบ (V _{rms})	ดิจิตอลออสซิลอโคป		เครื่องวัดมุมเฟส 4 ช่อง (CW Deg.)	ค่าความคลาดเคลื่อนจริง (Deg.)	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Deg.)
		เวลาต่างเฟส (ms)	มุมเฟส (CW deg.)			
1	100	4.8	86.4	85.8	-0.9	0.9
1	200	4.88	87.8	87.8	0.0	0.0
1	300	4.88	87.8	88.6	0.8	0.8
1	400	4.88	87.8	89.3	1.5	1.5
1	500	4.9	87.8	89.3	1.5	1.5



รูปที่ 11 ความคลาดเคลื่อนจากการวัดมุมเฟสระหว่างกระแส I_A กับแรงดัน V_{BC}

4.4 ทดสอบการวัดมุมเฟสระหว่างกระแสกับกระแส

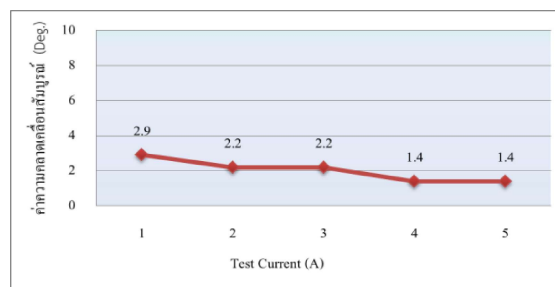
การทดสอบนี้จะใช้กระแส I_B ที่ไหลผ่านโหลดชนิดความต้านทานขนาด 1 A คงที่ เป็นกระแสอ้างอิง และใช้กระแสทดสอบ I_A ปรับค่าได้ระหว่าง 1 - 5 A ผ่านโหลดชนิดความต้านทาน โดยมีการต่อวงจรทดสอบดังรูปที่ 12 และได้ผลทดสอบดังตารางที่ 4 และรูปที่ 13



รูปที่ 12 วงจรทดสอบการวัดมุมเฟสระหว่างกระแส I_B กับกระแส I_A

ตารางที่ 4 ผลการวัดมุมเฟสระหว่างกระแส I_B เทียบกับกระแส I_A ระบบ 3 เฟส 50 Hz

กระแสอ้างอิง (A)	กระแสทดสอบ (A)	ดิจิตอลออสซิลอโคป		เครื่องวัดมุมเฟส 4 ช่อง (CW Deg.)	ค่าความคลาดเคลื่อนจริง (Deg.)	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Deg.)
		เวลาต่างเฟส (ms)	มุมเฟส (CW deg.)			
1	1	13.4	241.2	244.1	2.9	2.9
1	2	13.4	241.2	243.4	2.2	2.2
1	3	13.4	241.2	243.4	2.2	2.2
1	4	13.4	241.2	242.6	1.4	1.4
1	5	13.4	241.2	242.6	1.4	1.4



รูปที่ 13 ความคลาดเคลื่อนจากการวัดมุมเฟสระหว่างกระแส I_B กับกระแส I_A

5. สรุป

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องวัดมุมเฟส 4 ช่องสัญญาณ โดยใช้หลักการวัดเวลาต่างเฟสของสัญญาณสองสัญญาณ ซึ่งโดยทั่วไปมักจะเป็นแรงดันหรือกระแส แล้วนำมาประมวลผลหามุมต่างเฟสของสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลการทดสอบใช้งานเครื่องวัดมุมเฟสที่สร้างขึ้น พบว่าสามารถนำไปใช้กับแรงดัน ในช่วง 100 - 500 Vrms และกระแสในช่วง 1 - 5 A ได้ค่ามุมเฟสแม่นยำเป็นที่น่าพอใจ โดยมีความคลาดเคลื่อนมุมเฟสสูงสุดไม่เกิน $\pm 3.2^\circ$ และยังสามารถเลือกการแสดงค่ามุมเฟสในแบบ CW และ CCW ได้อย่างไรก็ตามจากการทดสอบพบว่าการใช้งานที่ค่ากระแสต่ำ มีแนวโน้มที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนของการวัดสูง ซึ่งจะได้นำไปพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Xia and Y. Liu, "Single-Phase Phase Angle Measurements in Electric Power System", IEEE Trans. on Power Systems, vol. 25, no. 2, May 2010.
- [2] O. Velychko, V. Isaiev, and Yu. Kulish, "Comparison of phase angle measurement results by means of two methods," Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 2018), Paris, France, July 2018.
- [3] Oleh Velychko, Valentyn Isaiev, "Comparison of Two Methods for Phase Angle Measurement", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol.68, no.6, pp.1740-1747, 2019.
- [4] R.W. Wall, "Simple methods for detecting zero crossing", in Proc. 29th Annu. Conf. IEEE Ind. Electron. Soc., vol. 3, pp. 2477-2481, Nov. 2003.



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15 The 15th Electrical Engineering Network 2023 1-3 พฤษภาคม 2566 ณ โรงแรมฟอร์จูน ริเวอร์วิว นครพนม

ยานยนต์ไฟฟ้าและรถไฟฟ้าระบบราง อนาคตการเดินทางใหม่ของประเทศไทย
Next Generation of Electric Vehicles and Railway Transit in Thailand

Abstract

Conference Topic

1. Electrical Power (PW)
ไฟฟ้ากำลัง
2. Electronics, Circuit and Communication (EC)
อิเล็กทรอนิกส์ วงจรและสื่อสาร
3. Power Electronics (PE)
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
4. Computer and Information Technology (CP)
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
5. Control Systems and Instrumentation (CT)
ระบบควบคุมและการวัด
6. Digital Signal Processing (DS)
ระบบประมวลผลสัญญาณดิจิทัล
7. Energy and Conservation of Energy (ES)
พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน
8. Innovation and Invention (IN)
นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์
9. General Electrical Engineering (GN)
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า
10. Special Session on Electric Vehicles and Railway Transit (SS)
หัวข้อพิเศษทางยานยนต์และรถไฟฟ้าระบบราง



บริษัท นีโอ ไดแดกติก จำกัด
NEO DIDACTIC CO.,LTD.



บทความสาขานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ (IN)		หน้า
IN-879	ชุดทดสอบเฟสโปรเทคชั่นรีเลย์ คณโท ปานทองคำ อัมพร บุญราม รัชชานนท์ วิเชียรวัฒนาการ และ สิทธิชัย ชานันโท	755
IN-880	ความพึงพอใจของชุมชนที่มีต่อโครงการการพัฒนาชุมชนต้นแบบเกษตรอินทรีย์ตามแนว ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงของวิสาหกิจชุมชนอำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรีสู่การพัฒนา อย่างยั่งยืนตามแนวคิดของ BCG จันทน์ กองสุข นารินจง วงศ์อุต อัญชณา คุ่มญาติ บุญผา ภิภพ และ พิริยาภรณ์ อันอาตม์งาม	759
IN-881	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้าเพื่อสนับสนุนการผลิตทางการเกษตรตามแนวคิด BCG : กรณีศึกษากลุ่มวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรอินทรีย์อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี ประหยัด กองสุข ฐาปนา นามประดิษฐ์ ชาคิต วินิจธรรม และ วุฒิไกร จันทร์ขามเรียน	763
IN-882	นวัตกรรมการออกแบบลายผ้ามัดหมี่ด้วยแอปพลิเคชันเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ภูมิปัญญา ท้องถิ่นในเขตจังหวัดสกลนคร ภายใต้ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสู่ความยั่งยืน มานิตย์ สานอก เอกวิทย์ หายัถย์ อนุชาดี ไชยทองศรี และ สมพงษ์ เวทนต์	767

บทความสาขางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)		หน้า
GN-901	การเปรียบเทียบลักษณะของการจัดวางดวงโคมไฟถนนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการมองเห็น ด้วยราคาที่เหมาะสมต่อการติดตั้ง อานนท์ อิศรมงคลรักษ์ พิสิษฐ์ เพ็งเจริญ สุณิศา นิยมพลี และ จุฬาศินี พรพุทธศรี	771
GN-903	การวิเคราะห์กำลังสูญเสียที่สวิตช์ของฟอร์เวิร์ดคอนเวอร์เตอร์เมื่อใช้ไอจีบีทีและมอสเฟต เป็นสวิตช์ สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์ ธิดาทิพย์ พรหมทา และ นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ	776
GN-904	การประยุกต์ใช้ตัวแบบเกรย์ร่วมกับเทคนิคการหาค่าเหมาะที่สุดเพื่อพยากรณ์การเติบโตของ ระบบกักเก็บพลังงานแบบแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ที่ติดตั้งทั่วโลก มันชนา แสงโสภา ดวงเงิน เพชรกำแหง และ จักรกฤษณ์ เคลือบวัง	780
GN-905	ระบบตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และความดันในห้องแยกผู้ป่วยติดเชื้อทางอากาศ (AIIR) ด้วยระบบ IOT มุฮัมมัดมูรอดี ดาเล๊ะ และ แสนศักดิ์ คีอ่อน	784
GN-906	การสร้างชุดสาธิตการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการปลูกผักผสมผสานกับการเลี้ยงปลา อมร อันกรอง สมนึก เครือสอน ณรงค์ฤทธิ์ พิมพ์คำวงศ์ และ วีรพล นวลโดนด	788
GN-908	การศึกษาเครื่องเพิ่มอากาศให้ผิวน้ำโดยใช้ระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสง กรุง ลือวัฒนา	792
GN-909	การออกแบบและพัฒนาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ เพื่อระบบแสงสว่าง ภักวี หะยะมิน พศวัต แก้วทิพย์ และ ชัยยพล ธงชัยสุริยต์กุล	796
GN-910	การควบคุมตำแหน่งของกระจกด้วยระบบควบคุมพีไอดีสำหรับระบบทดสอบแสง วีระพล ศรีเมือง และ ชัยยพล ธงชัยสุริยต์กุล	801



ชุดทดสอบเฟสโปรเทกชันรีเลย์

Phase protection relay test set

ณภัทรา ปานทองคำ อัมพร บุญรวม รัชชานนท์ วิเชียรวัฒนากร และสิทธิชัย ชานันโท

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย E-mail: konto.p@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดทดสอบเฟสโปรเทกชันรีเลย์ เพื่อใช้จำลองความผิดปกติของแรงดันไฟฟ้าที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60038 สำหรับทดสอบการทำงานของเฟสโปรเทกชันรีเลย์ โดยใช้หลักการปรับแรงดันไฟฟ้าที่ดิสทริบิวชันอินเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตจากอินเวอร์เตอร์สามเฟสที่เปลี่ยนแปลงตาม เมื่อผ่านหม้อแปลงยกแรงดันแบบเดลต้า-สตาร์ และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน จะได้แรงดันรูปคลื่นไซน์ที่มีค่า %THDv ต่ำ สามารถปรับแรงดันได้ 340 - 460 Vrms เลือกความถี่ได้ทั้ง 50 Hz และ 60 Hz ผลการทดสอบใช้งานพบว่าค่า %THDv สูงสุด 0.48% ที่แรงดัน 266 V_{LN} ใช้ทดสอบเฟสโปรเทกชันรีเลย์หรือรีเลย์ป้องกันแรงดันตามมาตรฐาน IEC 60255 ได้ 4 หัวข้อ ได้แก่ การทดสอบแรงดันเกิน การทดสอบแรงดันต่ำ การทดสอบเฟสหายและการทดสอบลำดับเฟส และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทดสอบการทำงานของดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ได้

คำสำคัญ: ชุดทดสอบรีเลย์ป้องกัน, รีเลย์ป้องกันเฟส, รีเลย์ป้องกันแรงดัน

Abstract

This research presents the design and construction of a phase protection relay test set. This test kit simulates a voltage abnormality that does not conform to IEC 60038 for testing the operation of phase protection relays. The working principle of this set is to adjust the voltage supplied to the DC bus of the inverter so that the output voltage from the three-phase inverter changes accordingly. The output voltage from the inverter passes through a delta-star step-up transformer and a low-pass filter to obtain a sinusoidal voltage with a low %THDv. The voltage can be adjusted from 340 - 460 Vrms and the frequency can be selected either 50 Hz or 60 Hz. The test results show that it a maximum %THDv of 0.48% at 266 V_{LN}. It can be used to test Phase protection relay or Voltage protection relay according to IEC 60255 in 4 topics:

over voltage, under voltage, phase loss and phase sequence test and can also be applied to test the operation of a digital voltmeter.

Keywords: protection relay test set, phase protection relay, voltage protection relay,

1. บทนำ

ในการใช้งานเฟสโปรเทกชันรีเลย์หรือรีเลย์ป้องกันแรงดันในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันต่ำ จะมีการตั้งค่าระดับแรงดันเกินหรือแรงดันต่ำกว่าที่ผู้ใช้จะยอมรับได้ เพื่อส่งปลดเซอร์กิตเบรกเกอร์ป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับโหลดเมื่อได้รับแรงดันสูงหรือต่ำกว่าปกติ ซึ่งตามมาตรฐาน IEC 60038 กำหนดให้ระบบจ่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำสามเฟสมีสายอยู่ที่ 400V/230V และคลาดเคลื่อนได้ $\pm 10\%$ [1] ดังนั้นในการทดสอบว่ารีเลย์ป้องกันจะทำงานเมื่อแรงดันถึงระดับที่ปรับตั้งไว้หรือไม่ จะต้องมียุทธทดสอบที่สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าสามเฟสที่สามารถปรับค่าแรงดันให้สูงหรือต่ำกว่าแรงดันใช้งานตามปกติได้ ซึ่งหากเป็นการทดสอบในอาคารหรือโรงงานที่มีไฟใช้แล้ว ก็อาจใช้หม้อแปลงแบบปรับแรงดัน (Variac) มาใช้เป็นแหล่งจ่ายในการทดสอบได้ แต่หากเป็นการทดสอบในอาคารซึ่งยังไม่ได้จ่ายไฟ ก็จำเป็นต้องมีชุดทดสอบที่สามารถจ่ายแรงดันสามเฟสปรับค่าได้ที่เหมาะสม ซึ่งชุดทดสอบรีเลย์ป้องกันที่มีขายโดยทั่วไปก็มักจะมีราคาค่อนข้างแพง

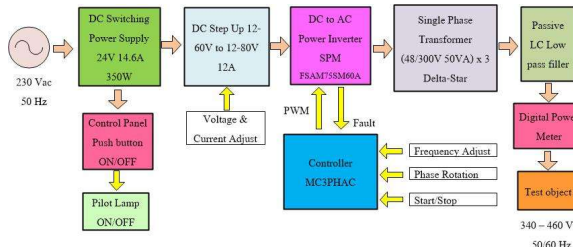
งานวิจัยนี้นำเสนอ การออกแบบและสร้างชุดทดสอบเฟสโปรเทกชันรีเลย์ ที่มีหลักการทำงานและโครงสร้างไม่ซับซ้อน สามารถหาอุปกรณ์ที่มีในประเทศได้ง่ายและราคาถูก เพื่อประโยชน์ในการศึกษาและการเรียนการสอนนักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า และลดการพึ่งพานำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

2. การดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการออกแบบและสร้างชุดทดสอบเฟสโปรเทกชันรีเลย์ ให้สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสที่ปรับค่าแรงดันระหว่างเฟสได้ 340 - 460 Vrms (400 Vrms $\pm 15\%$) ความถี่ 50 Hz โดยมี %THDv หรือความเพี้ยนรวมของฮาร์โมนิกแรงดันไม่เกิน 10% สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายและใช้กับระบบไฟฟ้า 230V 50 Hz ได้

2.1 แนวคิดในการออกแบบและหลักการทำงาน

แนวคิดในการออกแบบการทำงานของชุดทดสอบเฟสโปรเทคชั่นรีเลย์ ประกอบด้วยภาคส่วนต่าง ๆ ดังในรูปที่ 1



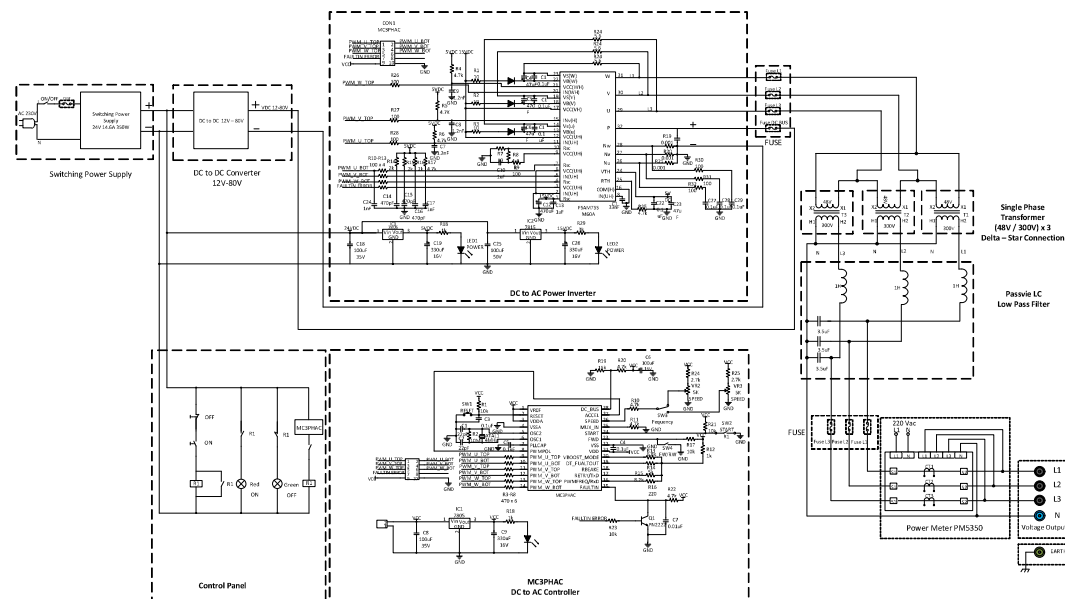
รูปที่ 1 ภาคส่วนต่างๆ ของชุดทดสอบเฟสโปรเทคชั่นรีเลย์

จากความต้องการให้ชุดทดสอบนี้มีความถูกต้องและมีเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน สามารถสร้างและประกอบได้ง่าย จึงได้ออกแบบให้ชุด

ทดสอบนี้แบ่งออกเป็น 8 ภาคหลัก โดยมีวงจรรวมของชุดทดสอบเฟสโปรเทคชั่นรีเลย์ ดังรูปที่ 2 และมีรายละเอียดของภาคต่าง ๆ ดังนี้

ภาคเพาเวอร์ซัพพลาย ใช้ DC switching power supply แบบสำเร็จที่มีขายทั่วไป แรงดันไฟเข้า 200 - 240 V_{AC} ไฟออก 24V_{DC} ขนาด 350W สำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับทุกภาค รวมถึงพัฒนาระบบความร้อน

ภาคจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ ใช้วงจรยกระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง DC Step-Up 12-60V to 12-80V 10A โดยรับไฟ 24V_{DC} จากภาคเพาเวอร์ซัพพลาย มาปรับเพิ่มแรงดันเพื่อจ่ายให้กับ DC Bus ในวงจรกำลังอินเวอร์เตอร์ การที่สามารถปรับเปลี่ยนแรงดันที่จ่ายให้ DC Bus ได้ จะส่งผลให้แรงดันที่ออกจากภาคกำลังอินเวอร์เตอร์เปลี่ยนแปลงตามแรงดันที่ปรับจากภาคนี้ โดยที่ความถี่ไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2 วงจรชุดทดสอบเฟสโปรเทคชั่นรีเลย์

ภาคควบคุมอินเวอร์เตอร์ ใช้ไอซี MC3PHAC ที่เดิมออกแบบมาสำหรับเป็นตัวควบคุมอินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วรอบของอินคักชั่นมอเตอร์สามเฟส [2] มาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งไอซีจะสร้างสัญญาณ PWM จำนวน 6 สัญญาณ เพื่อขับโมดูลอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส ได้โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมใด ๆ ใช้ความถี่สวิตช์ 5.291 kHz ซึ่งเหมาะกับโมดูลกำลัง FSAM75SM60A ที่ใช้ในภาคกำลังอินเวอร์เตอร์ ทั้งยังมีสวิตช์เลือกความถี่เอาท์พุทที่ 50 Hz หรือ 60 Hz และสวิตช์เลือกลำดับเฟสของแรงดันด้านออกที่ประยุกต์มาจากสวิตช์กลับทางหมุนมอเตอร์

ภาคกำลังอินเวอร์เตอร์ ใช้ Smart Power Module (SPM) ของบริษัท Fairchild Semiconductor เบอร์ FSAM75SM60A ภายในเป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ IGBT พักแรงแดัน 600 V กระแส 75 A [2] ที่มีวงจร Opto-Couple ความเร็วสูงเพื่อแยกสัญญาณ Input

ภาคยกระดับแรงดันด้วยหม้อแปลง เลือกใช้หม้อแปลง 48/300 V 50 VA จำนวน 3 ตัว ต่อร่วมกันแบบ เดลต้า-สตาร์ เพื่อใช้ยกระดับแรงดันที่รับมาจากภาคกำลังอินเวอร์เตอร์ ให้สูงถึง 460 V_{rms} ตามที่กำหนดไว้ และทำหน้าที่แยกวงจรด้านแรงดันต่ำและแรงดันสูงออก

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15

15th Conference of Electrical Engineering Network 2023 (EENET 2023)



จากกัน โดยจุดต่อร่วมของขดลวดหม้อแปลงฝั่งแรงดันสูงที่ต่อกันแบบ
สตาร์ ยังเป็นจุดนิวตรอลอ้างอิงของแรงดันไฟด้านออกอีกด้วย

ภาคกรองความถี่ต่ำผ่าน มีความสำคัญยิ่งในงานวิจัยนี้
เนื่องจากเอาท์พุทที่ออกจากวงจรอินเวอร์เตอร์แม้จะมีความถี่มูลฐานเป็น
50 Hz หรือ 60 Hz แต่ก็มีความถี่สูงปะปนมาจำนวนมาก จึงต้องทำการ
กรองออกไปด้วยวงจร Passive LC Low pass filter โดยใช้บาลาสแกน
เหล็กสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ ที่หาซื้อได้ทั่วไป เป็นตัว
เหนี่ยวนำ ซึ่งจะมีค่าความเหนี่ยวนำสูงถึง 1 H ส่วนตัวเก็บประจุเลือกใช้
ขนาด 3.5 uF 450 V ซึ่งหาได้ง่าย ราคาถูก และเมื่อต่อร่วมกับตัว
เหนี่ยวนำ จะได้ความถี่ที่จุดคutoff ตามสมการที่ 1

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

โดยจะได้

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{1 \times 3.5 \times 10^{-6}}} = 85 \text{ Hz}$$

ซึ่งครอบคลุมความถี่ใช้งานที่ต้องการให้ผ่านไปได้ในช่วง 50-60 Hz แล้ว

ภาคแสดงผลด้วย Power Meter เลือกใช้เครื่องวัดชี้หือ
Schneider electric รุ่น PowerLogic Power Meter PM5350 ซึ่งรองรับ
แรงดันไฟฟ้าสูงถึง 690 V_{LL} ความแม่นยำการแสดงผล Current/Phase
±0.30%, Voltage L-N ±0.30% และยังแสดงค่าได้ทั้ง %THDv, %THDi
กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความถี่ [3] ซึ่งตรงตามความต้องการของ
งานวิจัยที่ต้องการขึ้นขึ้นผลแรงดันที่ถูกต้องและแม่นยำ

ภาคควบคุมการทำงานและแสดงผลด้วย Pilot Lamp จะใช้
สวิตช์ปุ่มกด ON-OFF จากหน้าเครื่องเพื่อสั่งจ่ายไฟให้ภาคควบคุม
อินเวอร์เตอร์ โดยมี Pilot Lamp สีแดงและสีเขียวแสดงสถานะการทำงาน

2.2 การสร้างและการประกอบชุดทดสอบ

จากความต้องการให้ชุดทดสอบสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย จึง
ได้ออกแบบให้อุปกรณ์ทั้งหมดใส่ในกล่องมีฝาปิดขนาดกว้าง 29.7 ซม.
ยาว 58.1 ซม. ลึก 26.6 ซม. แล้วจึงประกอบอุปกรณ์ภาคส่วนต่าง ๆ ลงใน
โครงอลูมิเนียมที่สามารถยกทั้งชุดใส่ลงกล่องได้ ดังรูปที่ 3 และ รูปที่ 4

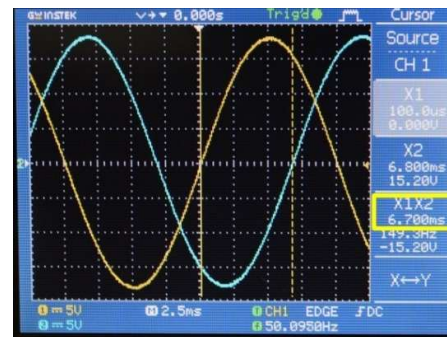


รูปที่ 3 การประกอบและเดินสายภายในโครงอลูมิเนียม



รูปที่ 4 ชุดทดสอบโปรเทคชั่นรีเลย์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์

ผลการตรวจวัดรูปคลื่นที่จ่ายแรงดันด้านออกของชุดทดสอบ
ด้วยดิจิตอลออสซิลโลสโคป ขณะปรับตั้งความถี่ที่ 50 Hz พบว่าได้
แรงดันรูปคลื่นไซน์ที่มีความสมบูรณ์ดีมาก และมีระยะห่างระหว่างเฟส
คิดเป็นมุมได้ใกล้เคียง 120 องศา ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แรงดันและคาบเวลาระหว่างขั้ว L1 และ L2 ที่ความถี่ 50 Hz

สำหรับค่า %THDv จะสามารถอ่านค่าได้โดยตรงจาก Power
Meter PM5350 ซึ่งติดตั้งอยู่กับตัวชุดทดสอบ ในการทดสอบจ่ายแรงดัน
ระหว่าง 340 – 460 V 50 Hz ได้ผลดังตารางที่ 1 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้
ด้วยมิเตอร์ Fluke 1735 Three-Phase Power Quality Logger ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การวัด %THDv ด้วยมิเตอร์ Fluke 1735

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 15

15th Conference of Electrical Engineering Network 2023 (EENET 2023)



ตารางที่ 1 ค่า %THDv ของแรงดันเอาต์พุต ที่ความถี่ 50 Hz

ระดับแรงดัน	เฟส	แรงดันที่อ่านได้ (V)	ค่า %THDv V_{LL}	ค่า %THDv V_{LN}
340V	Vab	341.91	0.082	0.43
	Vbc	340.02	0.074	0.41
	Vca	341.73	0.098	0.45
380V	Vab	383.26	0.085	0.44
	Vbc	380.77	0.073	0.45
	Vca	382.86	0.091	0.45
420V	Vab	422.6	0.082	0.45
	Vbc	420.02	0.068	0.46
	Vca	422.26	0.087	0.47
460V	Vab	463.75	0.086	0.48
	Vbc	460.96	0.067	0.48
	Vca	463.93	0.086	0.48

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบกรณีเฟสหาย

เฟสหาย	การทำงานของรีเลย์ DMK70 R1			
	สถานะทำงาน		รหัสแจ้งเตือน	
L1	☒ Trip	L1	ถูกต้อง	U.LO / U.PHL / U.ASY
L2	☒ Trip	L2	ถูกต้อง	
L3	☒ Trip	L3	ถูกต้อง	

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบกรณีแรงดันสลับเฟส

ลำดับข้อบกพร่อง	ลำดับเฟสสลับ	การทำงานของรีเลย์ DMK70 R1		
		สถานะทำงาน	รหัสแจ้งเตือน	
L1-L2-L3	L2-L1-L3	☒ Trip	ถูกต้อง	SEQ.
	L1-L3-L2	☒ Trip	ถูกต้อง	SEQ.
	L3-L2-L1	☒ Trip	ถูกต้อง	SEQ.

2.3 การใช้งานทดสอบเฟสโปรเทกชันรีเลย์

ในการทดสอบการทำงานของเฟสโปรเทกชันรีเลย์ ทำได้โดยการจ่ายแรงดันจากชุดทดสอบเพื่อจำลองความผิดปกติต่าง ๆ ให้กับรีเลย์ป้องกัน แล้วสังเกตการทำงานของรีเลย์ว่าสามารถทำงานได้ถูกต้องตามค่าที่ปรับตั้งหรือไม่ ผลการใช้งานชุดทดสอบกับ Lovato DMK70 R1 True RMS digital voltmeter & Phase protection relay กรณีแรงดันต่ำและแรงดันเกิน ดังในรูปที่ 7 ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2 สำหรับกรณีเฟสหายได้ผลดังตารางที่ 3 และกรณีสลับเฟสได้ผลทดสอบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกรณีแรงดันต่ำและแรงดันเกิน

ค่าแรงดันปรับตั้ง		แรงดันทำงาน		การทำงานของรีเลย์ DMK70 R1		
		แรงดันที่คำนวณ	แรงดันที่จ่ายจริง			
L1-L2	-10%	360V	360V	☒ Trip	L1-L2	ถูกต้อง
L2-L3	-10%	360V	359V	☒ Trip	L2-L3	ถูกต้อง
L3-L1	-10%	360V	359V	☒ Trip	L3-L1	ถูกต้อง
L1-L2	+10%	440V	440V	☒ Trip	L1-L2	ถูกต้อง
L2-L3	+10%	440V	441V	☒ Trip	L2-L3	ถูกต้อง
L3-L1	+10%	440V	440V	☒ Trip	L3-L1	ถูกต้อง



รูปที่ 7 แรงดันและสถานะแจ้งเตือนของรีเลย์ขณะเกิดแรงดันต่ำที่ L1-L2

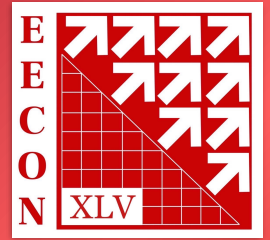
จากผลการใช้งานชุดทดสอบที่สร้างขึ้นกับเฟสโปรเทกชันรีเลย์ Lovato DMK70 R1 พบว่าชุดทดสอบสามารถจ่ายแรงดันได้อย่างแม่นยำ โดยรีเลย์สามารถทำงานได้ถูกต้องตามค่าที่ปรับตั้งไว้ในทุกกรณี

3. สรุป

บทความนี้นำเสนอแนวคิดในการออกแบบและสร้างชุดทดสอบเฟสโปรเทกชันรีเลย์ โดยการนำวงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำมาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสปรับค่าได้ ในลักษณะการใช้งานคล้ายกับ Variac ผลการใช้งานพบว่าชุดทดสอบที่สร้างขึ้น สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสปรับค่าได้ 340 – 460 Vrms รูปคลื่นไซน์มีความเพี้ยนต่ำ โดยมีค่า %THDv ของแรงดันเฟสสูงสุดเพียง 0.48% สามารถเลือกความถี่ได้ 50 หรือ 60 Hz และนำไปใช้ทดสอบการทำงานของเฟสโปรเทกชันรีเลย์ ตามมาตรฐาน IEC 60255 กรณีแรงดันต่ำ แรงดันเกิน เฟสหาย และสลับเฟสได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] IEC Standard voltage, IEC 60038, 2009.
- [2] อภิรักษ์ นามแก่่ง.(2558). อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 220/380 V สำหรับมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 3 แรงม้า. เขมิกอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 415. หน้า 65-79
- [3] PowerLogic™ PM5350 User Manual, Version : A5, Schneider Electric, Rueil Malmaison, France, 2021.



การประชุมวิชาการ ทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 45

The 45th Electrical Engineering Conference (EECON-45)

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Srinakharinwirot University



วันที่ 16-18 พฤศจิกายน 2565
ณ ศูนย์ราชการีส์อาร์ท อำเภอเมือง
จังหวัดนครนายก



คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รายชื่อบทความสาขาไฟฟ้ากำลัง (ต่อ)			
หมายเลข	ลำดับ	ชื่อบทความ	หน้าที่
บทความ	บทความ		
P02482	PW-21	การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียด้วยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวชนิดเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดร้อยละ 50 ของความต้องการโหลดในระบบไฟฟ้ากำลัง	167
P02483	PW-22	การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าด้วยการเชื่อมต่อตัวเก็บประจุไฟฟ้าและการจัดเรียงสายป้อนในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	171
P02485	PW-23	เครื่องกำเนิดพัลส์นาโนวินาทีเพื่อใช้ศึกษาผลกระทบพัลส์นาโนวินาทีของสนามไฟฟ้าต่อเซลล์มะเร็ง	175
P02502	PW-24	การออกแบบและสร้างเครื่องสอบเทียบสำหรับทดสอบดีสชาร์จบางส่วน	179
P02505	PW-25	การสร้างและทดสอบระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านสำหรับระบบสัมผัสกายภาพเสมือน	182
P02506	PW-26	การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจจับดีสชาร์จบางส่วนแบบสามช่องสัญญาณเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการลดสัญญาณรบกวนแบบโหมตร่วมในระบบการวัดและเฝ้าติดตาม	186
P02508	PW-27	เครื่องตรวจจับความผิดพ้องในระบบจำหน่ายแรงดันสูง	190
P02509	PW-28	Evaluating the Efficiency of a Combined Cycle Power Plant Using Boosting Techniques	194
P02512	PW-29	การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบไมโครกริดแบบแยกตัวอิสระโดยใช้ข้อมูลกำลังการผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์และโหลดประจำวันร่วมกับอุปกรณ์กักเก็บพลังงาน	198
P02522	PW-30	การปรับปรุงเกณฑ์การประเมินเชิงสภาพสำหรับอุปกรณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ในระบบ 115 กิโลโวลต์ : กรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	202
P02524	PW-31	การคาดการณ์การใช้พลังงานของอาคารโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกร่วมกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายวัน	206
P02526	PW-32	โปรแกรมจำลองผลประหยัดค่าไฟฟ้าจากการเปลี่ยนมาใช้ค่าไฟฟ้าแบบอัตราตามช่วงเวลาการใช้	210
P02531	PW-33	การออกแบบและวิเคราะห์ความคุ้มทุนของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาด้วยโปรแกรมพีวีซิสโดยพิจารณาดัชนีการติดตั้ง	214
P02532	PW-34	การออกแบบวงจรตรวจจับและการสังเกตการณ์สถานะหม้อแปลงไฟฟ้าผ่านระบบ IoT	218
P02535	PW-35	ระบบตรวจสอบการทำงานของสวิตช์เกียร์ไฟฟ้าแรงสูงผ่านการเชื่อมต่อโครงข่ายอินเทอร์เน็ต	222
P02537	PW-36	การศึกษาเทคนิคในการลดทอนสนามแม่เหล็กด้วยลูปตัวนำในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบใต้ดิน	226
P02546	PW-37	ชุดทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ	230
P02557	PW-38	การสังเคราะห์ข้อมูลโหลดสำหรับปัญหาการวางแผนติดตั้งตัวเก็บประจุที่เหมาะสมในระบบจำหน่ายไฟฟ้า	234
P02558	PW-39	การทดสอบและวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการนำกระบวนการซื้อขายพลังงานมาใช้งานกับข้อมูลกรณีศึกษาตัวอย่างในการใช้งานพลังงานไฟฟ้าจริงในประเทศไทย	238

ชุดทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ

Low voltage circuit breaker test set

คนโท ปานทองคำ อัมพร บุญราม รัชชัย เกตุแก้ว และสิทธิกร แก้วสด

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย konto.p@rmuts.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ เป็นแหล่งจ่ายกระแสสลับแบบปรับค่าได้จาก 0 ถึง 1000 แอมแปร์ โดยใช้หม้อแปลงหนึ่งเฟสแบบปรับค่าได้ ขนาด 3 กิโลโวลต์แอมแปร์ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ จ่ายกำลังให้กับหม้อแปลงแบบเชลล์ที่นำมาดัดแปลงขดลวดด้านทุติยภูมิให้มี 1 รอบ เพื่อใช้เป็นหม้อแปลงจ่ายกระแสสูง สำหรับใช้งานทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามบ้านและภาคอุตสาหกรรมทั้งชนิด 1 เฟส และ 3 เฟส ที่ผลิตตามมาตรฐาน IEC 60898-1 และ IEC 60947-2 ในสภาวะโหลดเกินและลัดวงจร โดยเครื่องต้นแบบมีฟังก์ชันป้องกันกระแสเกิน ป้องกันอุณหภูมิเกิน และฟังก์ชันจับเวลาการปลดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ จากการทดสอบพบว่าชุดต้นแบบนี้สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุดถึง 1200 แอมแปร์ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของกระแสไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปใช้สำหรับงานทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีค่ากระแสพิกัดไม่เกิน 200 แอมแปร์ ทั้งในช่วงโหลดเกินและลัดวงจรได้

คำสำคัญ : ชุดทดสอบ, เซอร์กิตเบรกเกอร์, หม้อแปลง, โหลดเกิน

Abstract

This research paper presents the design and construction of a prototype for testing low-voltage circuit breakers. It has a variable alternating current source from 0 to 1000 amperes by using a variable single-phase transformer of 3 kVA, 220 V, and 50 Hz. It supplies the electric power to a shell-type transformer that is converted to one turn of the secondary winding to be used as a high-current transformer for testing circuit breakers. At the same time, it is useful for testing household and industrial circuit breakers of both 1-phase and 3-phase manufactured according to IEC 60898-1 and IEC 60947-2 in overload and short-circuit conditions. This prototype has an over-current protection function, an over-temperature protection function, and a circuit breaker disconnection timer function. The test result showed that the prototype was capable of supplying up to 1200 amperes and had a current tolerance of no more than 3 percent. In concluded, it can be used for testing the operation of standard manufactured circuit breakers with

a rated current of not more than 200 amperes in both overload and short circuit.

Keywords: Test set, circuit breaker, transformer, overload

1. บทนำ

ในปัจจุบันอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้า เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ (CB) และเครื่องป้องกันกระแสเกิน มีความสำคัญเป็นอย่างมากในการป้องกันระบบไฟฟ้าขณะเกิดความผิดปกติ อุปกรณ์เหล่านี้จะต้องทำงานด้วยความถูกต้อง เที่ยงตรง และแม่นยำ ตามพิกัดที่กำหนดไว้ในตัวอุปกรณ์นั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อผ่านการติดตั้งและใช้งานไปนาน ๆ อาจจำเป็นต้องมีการทดสอบหรือตรวจเช็คว่ายังคงทำงานได้ถูกต้อง เที่ยงตรง แม่นยำ เหมือนออกมาจากโรงงานผู้ผลิตหรือไม่ อย่างไรก็ตามชุดทดสอบที่มีอยู่ในท้องตลาดทั่วไปค่อนข้างจะมีราคาสูง ดังตัวอย่างเช่น เครื่อง Primary Current Injection Test รุ่น TEST-901 ยี่ห้อ GFUVE ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 Primary Current Injection รุ่น TEST-901 ยี่ห้อ GFUVE [1]

ทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างชุดจ่ายกระแสสูง สำหรับทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ พิกัดไม่เกิน 200A Type C ที่มีใช้งานตามบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ในราคาที่ถูกลงกว่าท้องตลาด เพื่อนำมาใช้ในการเรียนการสอนและการทดสอบการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ในห้องปฏิบัติการซึ่งจะช่วยให้การทดสอบและยืนยันผลการการทำงานทำได้รวดเร็วและได้ผลที่แม่นยำ ง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งาน และลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 แนวคิดการสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสูง

การสร้างแหล่งจ่ายกระแสสลับให้มีค่าสูง ๆ ได้แนวคิดหลักมาจากการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า ที่หากเพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าด้าน

231

2.2.2 ภาควิชาการปฏิบัติงาน

วงจรควบคุม ดังรูปที่ 4 เลือกใช้บอร์ด Arduino UNO R3 เป็นตัวควบคุมหลัก เนื่องจากมีราคาถูก โดยมีเซ็นเซอร์กระแส อุณหภูมิ และสถานะหน้าสัมผัสหลักของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทดสอบ นำมาประมวลผลร่วมกับวงจรนาฬิกาจับเวลาดิจิทัลที่มีความละเอียดระดับ ms ในขณะที่ทดสอบหาก CB เกิดการทริป หรืออุณหภูมิหม้อแปลงจ่ายกระแสสูงผิดปกติ ตัวประมวลผลจะส่งสัญญาณและตัดไฟจากแหล่งจ่ายทันที

2.2.3 ภาควิชาการป้องกันเครื่อง

ออกแบบให้มี 2 ฟังก์ชันหลักคือ ป้องกันกระแสเกินและป้องกันอุณหภูมิเกิน โดยเมื่อตรวจพบการจ่ายกระแสเกินกว่า 1200A เครื่องจะตัดการจ่ายกระแสและมีสัญญาณไฟแจ้งเตือน หรือหากอุณหภูมิของหม้อแปลงจ่ายกระแสสูงเกิน 70 องศาเซลเซียส ก็จะมีสัญญาณไฟสีแดงสั่นและขึ้นข้อความ Over Heat!!!

2.2.4 ภาควิชาการแสดงผล

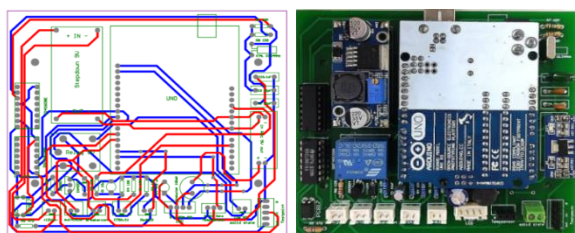
มี 2 ส่วน คือ ส่วนแสดงแรงดันและกระแสไฟฟ้าด้านเข้าของเครื่อง และส่วนแสดงเวลาและกระแสด้านออกที่ใช้ทดสอบ CB พร้อมทั้งอุณหภูมิเครื่องขณะทดสอบ ผ่านจอ LCD 20 ตัวอักษร 4 บรรทัด

2.3 การออกแบบโครงสร้างภายนอกของเครื่อง

ตัวเครื่องออกแบบเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดกะทัดรัด เหมาะสำหรับการเคลื่อนย้ายไปใช้งานได้สะดวก มีขนาดความกว้าง 0.40 ม. ยาว 0.52 ม. และสูง 0.45 ม. ใช้แผ่นเหล็กหนา 1.2 มม. พับขึ้นรูป ด้านล่างของโครงสร้างจะมีล้อเลื่อนและระบบห้ามล้อไม่ให้เคลื่อนที่ได้

2.4 การออกแบบและสร้างบอร์ดควบคุมหลัก

บอร์ดควบคุมหลักสร้างเป็น PCB 2 หน้า โดยมี Arduino UNO R3 ซ่อนอยู่ด้านบน เพื่อให้ประหยัดพื้นที่และลดการเดินสายลง ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แบบ PCB และบอร์ดวงจรควบคุมหลัก



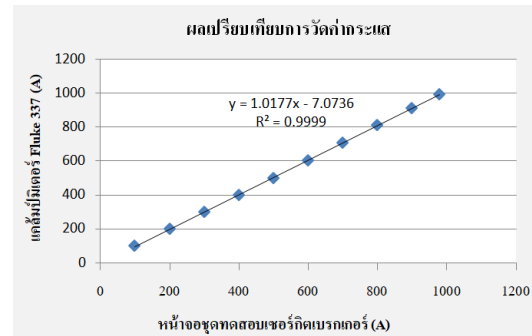
รูปที่ 6 ชุดทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์

2.5 การประกอบโครงสร้างและชุดควบคุม

ชุดทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ประกอบโครงสร้างและชุดควบคุมเสร็จสมบูรณ์ ดังรูปที่ 6 มีต้นทุนการผลิตประมาณ 20000 บาท

2.6 การปรับแต่งค่ากระแสทดสอบ

ก่อนการนำไปใช้งาน เพื่อให้มั่นใจว่า กระแสที่จ่ายออกไปและวัดได้จากเครื่องจะมีค่าถูกต้อง แม่นยำ จึงได้ทดลองจ่ายกระแสทดสอบ และวัดค่ากระแสเปรียบเทียบกับแคลมป์มิเตอร์แบบดิจิทัล Fluke 337 ได้ผลทดสอบดังรูปที่ 7

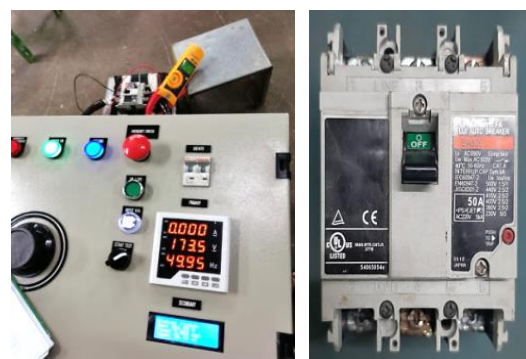


รูปที่ 7 ผลการวัดกระแสเปรียบเทียบกับแคลมป์มิเตอร์ Fluke 337

แม้ว่าผลการวัดกระแสที่ได้มีความคลาดเคลื่อนกันเล็กน้อย แต่เพื่อให้มั่นใจในความถูกต้อง จึงได้นำผลการเดินตรงที่ได้จากการเปรียบเทียบ ไปทำการแก้ไขปรับแต่งในกระบวนการวัดและแสดงค่ากระแสของชุดทดสอบ ทำให้ชุดทดสอบแสดงค่ากระแสได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3. การทดสอบและผลการทดสอบ

ชุดทดสอบที่สร้างขึ้นนี้ได้นำมาทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์มาตรฐาน IEC 60898-1 และมาตรฐาน IEC 60947-2 ขนาด 32A และ 50A ที่มี Trip curve เป็นแบบ C ดังรูปที่ 8 โดยป้อนกระแสทดสอบในสถานะโหลดเกิน (Over load) ได้ผลดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2



รูปที่ 8 การทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ MCCB 3P 50A

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ MCB 2P, 32A ยี่ห้อ SAFE-T-CUT รุ่น SBJA-E คุณลักษณะแบบ C ตามมาตรฐาน IEC 60898-1

ครั้งที่ทดสอบ	ค่ากระแสไฟฟ้าที่ทดสอบ				ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์		
	ค่าปรับตั้ง	หน้าจอบ	แค้มป์	% Error	สถานะ	เวลาทดสอบ	
	เครื่อง (แอมแปร์)	มอนิเตอร์ (แอมแปร์)	มิเตอร์ Fluke336 (แอมแปร์)		(ทริป / ไม่ทริป)	เครื่อง (วินาที)	มาตรฐาน (วินาที)
1	32	32.43	32.7	0.83	ไม่ทริป	-	-
2	64	63.47	63.4	0.11	ทริป	40.424	15 - 180
	64	64.10	64.5	0.62	ทริป	30.144	
	64	62.55	62.9	0.56	ทริป	49.528	
เฉลี่ย	64	63.37	63.60	0.36	ทริป	40.032	15 - 180
3	96	97.78	97.9	0.12	ทริป	6.807	5 - 35
	96	99.17	99.7	0.53	ทริป	6.809	
	96	92.15	93.2	1.14	ทริป	9.068	
เฉลี่ย	96	96.37	96.93	0.60	ทริป	7.561	5 - 35
4	128	109.30	109.0	0.27	ทริป	5.109	3 - 15
	128	112.56	112.3	0.23	ทริป	3.970	
	128	111.42	111.2	0.20	ทริป	3.406	
เฉลี่ย	128	111.09	110.83	0.23	ทริป	4.162	3 - 15
5	160	0.00	0.0	0.00	ทริปทันที	-	2.5 - 8
	160	0.00	0.0	0.00	ทริปทันที	-	
	160	0.00	0.0	0.00	ทริปทันที	-	
เฉลี่ย	160	0.00	0.00	0.00	ทริปทันที	-	2.5 - 8
6	192	0.00	0.0	0.00	ทริปทันที	-	0.01 - 2
	192	0.00	0.0	0.00	ทริปทันที	-	
	192	0.00	0.0	0.00	ทริปทันที	-	
เฉลี่ย	192	0.00	0.00	0.00	ทริปทันที	-	0.01 - 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์ MCCB 3P, 50A ยี่ห้อ FUJI ELECTRIC รุ่น EA53C คุณลักษณะแบบ C ตามมาตรฐาน IEC 60947-2

ครั้งที่ทดสอบ	ค่ากระแสไฟฟ้าที่ทดสอบ				ผลการทดสอบการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์		
	ค่าปรับตั้ง	หน้าจอบ	แค้มป์	% Error	สถานะ	เวลาทดสอบ	
	เครื่อง (แอมแปร์)	มอนิเตอร์ (แอมแปร์)	มิเตอร์ Fluke336 (แอมแปร์)		(ทริป / ไม่ทริป)	เครื่อง (วินาที)	มาตรฐาน (วินาที)
1	50	51.54	50.2	2.60	ไม่ทริป	-	-
2	100	106.43	103.9	2.38	ทริป	31.881	15 - 180
	100	105.52	103.2	2.20	ทริป	33.004	
	100	104.13	102.6	1.47	ทริป	36.427	
เฉลี่ย	100	105.36	103.23	2.02	ทริป	33.771	15 - 180
3	150	153.27	152.3	0.63	ทริป	12.458	5 - 35
	150	158.16	154.5	2.31	ทริป	13.030	
	150	154.80	151.4	2.20	ทริป	13.610	
เฉลี่ย	150	155.41	152.73	1.71	ทริป	13.033	5 - 35
4	200	208.24	205.6	1.27	ทริป	6.783	3 - 15
	200	206.96	204.3	1.29	ทริป	6.216	
	200	210.28	207.9	1.13	ทริป	6.208	
เฉลี่ย	200	208.49	205.93	1.23	ทริป	6.402	3 - 15
5	250	253.06	250.4	1.05	ทริป	3.953	2.5 - 8
	250	268.53	268.0	0.20	ทริป	3.944	
	250	261.53	260.1	0.55	ทริป	3.953	
เฉลี่ย	250	261.04	259.5	0.60	ทริป	3.950	2.5 - 8
6	300	314.21	309.5	1.50	ทริป	1.126	0.01 - 2
	300	315.73	310.2	1.75	ทริป	1.137	
	300	315.00	310.0	1.59	ทริป	1.126	
เฉลี่ย	300	314.98	309.9	1.61	ทริป	1.130	0.01 - 2

4. วิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากการทดสอบโดยใช้ MCB แบบ 2 ขั้ว ขนาด 32 A ตามมาตรฐาน IEC 60898-1 และ MCCB แบบ 3 ขั้ว ขนาด 50 A มาตรฐาน IEC 60947-2 ในสภาวะโหลดเกิน จะเห็นได้ว่า เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่นำมาใช้ทดสอบนั้น ยังคงมีคุณลักษณะของการทริปที่ถูกต้องอยู่ แม้จะมีค่าคลาดเคลื่อนบางเล็กน้อย ซึ่งยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ ส่วนการตัดกระแสไฟฟ้าด้วยอำนาจแม่เหล็ก (Magnetic Trip) คือการตัดกระแสไฟฟ้าทันทีที่มีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้ ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในสภาวะลัดวงจรซึ่งจะมีปริมาณกระแสไฟฟ้าที่สูงมากทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริปภายในเวลาที่รวดเร็ว โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่นำมาทดสอบทั้งสองตัวยังทำงานได้ถูกต้อง และมีเวลาทำงานตรงตามมาตรฐานการผลิต

5. สรุปผลที่ได้จากการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ ที่ปรับกระแสได้ 0 – 1,000 A ความถี่ 50 Hz แรงดันอินพุต 220V จากการทดลองพบว่าสามารถนำไปใช้จ่ายกระแสทดสอบการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ตามมาตรฐาน IEC 60898-1 แบบ 2 ขั้ว ขนาดตั้งแต่ 6 – 100 A และมาตรฐาน IEC 60947-2 แบบ 3 ขั้ว ขนาดไม่เกิน 200 A ในสภาวะโหลดเกินและลัดวงจรได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของกระแสไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ และยังสามารถใช้เป็นเครื่องจ่ายกระแสสูงสำหรับใช้พัฒนาอุปกรณ์ไฟฟ้ากำลังอื่น ๆ เช่น ตัวบ่งชี้การลัดวงจร (Fault Indicator) ได้ อย่างไรก็ตามยังมีจุดต้องพัฒนาคือเสถียรภาพของของระบบควบคุมเครื่องและเพิ่มฟังก์ชันตรวจจับการหายไปของกระแสทดสอบ จากการทริปของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อให้สามารถใช้ทดสอบเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ 1 ขั้วได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] GFUVE GROUP, "Primary Injection Test Equipment," TEST-901 catalogue, Dec. 2021 [Revised Dec. 2021].
- [2] Instrument Transformers Application Guide Ed4. ABB AB High Voltage Products Department: Marketing & Sales Text: Knut Sjvall, ABB Layout, 3D and images: Mats Findell, ABB SE-771 80 LUDVIKA, Sweden.



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14
The 14th Electrical Engineering Network 2022

EENET 2022

25-27 MAY 2022 Hilton Phuket Arcadia Resort & Spa, Phuket

CONFERENCE TOPICS

1. Electrical Power (PW)
2. Electronics, Circuit and Communication (EC)
3. Power Electronics (PE)
4. Computer and Information Technology (CP)
5. Control Systems and Instrumentation (CT)
6. Digital Signal Processing (DS)
7. Energy and Energy Saving (ES)
8. Innovation and Invention (IN)
9. General Electrical Engineering (GN)
10. Special Session on Electrical Engineering (SS)

IN-833	เครื่องอัดเม็ดกากปาล์ม พิทักษ์ บุญนุ่น จักรวาล สุวรรณรัตน์ นันทพัทธ์ อัทธารมย์ และ ก่อพงศ์ ใจเปี่ยม	520
IN-834	ระบบจำลองคลังจัดเก็บสินค้าอัตโนมัติ เอเอส/อาร์เอส แบบขับเคลื่อนด้วยเอซี เซอร์โวมอเตอร์ 2 แกน ที่โปรแกรมและควบคุมด้วยพีแอลซี กิตติพงษ์ พุ่มโกษา สถาพร เสือเทศ วุฒิไกร บัวแก้ว และ วารุณี ศรีสงคราม	524
IN-835	ต้นแบบระบบตรวจเช็คเปลือกไข่แตกร้าวอัตโนมัติ อนุสรณ์ ยอดใจเพชร และ ศุภกานต์ จันทร์เสรีวิทยา	528
IN-838	การคัดแยกความสุกของสับปะรดภูแลด้วยซอฟต์แวร์ตรวจจับสีและต้นไม้มัดคั่นใจ ปรานต์ เมฆอากาศ สุจิตรา จินะวงษ์ สิทธิชัย จินะวงษ์ และ นิวัติ นวลกัน	532
IN-840	การพัฒนาาระบบป้องกันและควบคุมการใช้งานพลังงานไฟฟ้าผ่านเครือข่ายไอโอที พงศ์พัทธ์ มังคละศิริ ธนภัทร มาลีลัย และ ชัยยพล ธงชัยสุรขัตตุล	536
IN-841	เครื่องให้อาหารปลาควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน สายณ ละอองโชค ภราดร เรืองกุล สหพงศ์ สมวงศ์ มารุต รักษา และ อธิโรจน์ มะโน	540
IN-842	เครื่องต้นแบบขนาคะทัดรัดสำหรับการบำบัดน้ำเสียด้วยการละลายฟองก๊าซโอโซนละเอียด สรวิศ แจ่มจำรูญ นิติกรณ์ ศิลปศิริวานิชย์ และ ชชาญชัย เดชธรรมรงค์	544
IN-843	รีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบราคาถูก คมโท ปานทองคำ และ ศราวุธ แซ่ลี้	548
IN-845	การประยุกต์ใช้ IoT สำหรับการตรวจวัดและบันทึกอุณหภูมิเหมืองขุดสกุลเงินที่ถูกเข้ารหัส ชนิดา พงษ์สระพัง และ ชัยวุฒ ชูรักษ์	552
IN-846	เครื่องกายภาพบำบัดข้อเข่าและสะโพก ภานุมาศ แสนพวง วีระ ธัญยาภิรักษ์ และ กฤตยา สมสัย	556
IN-847	หุ่นยนต์ฉีดพ่นสารเคมีทางการเกษตรในไร่มันสำปะหลัง เอกวิทย์ หายักวงษ์ ธนวัฒน์ มาลาทอง ธนดล คำบัง เจษฎา ศิริमानนท์ และ เจษฎา พรหมเกษ	560
IN-848	การพัฒนาาระบบคัดแยกกระป๋องโลหะอัตโนมัติ พร้อมแจ้งเตือนสถานะผ่านแอปพลิเคชันไลน์ สหพงศ์ สมวงศ์ อติศักดิ์ เลิศไกรเมธี สายณ ละอองโชค และ อธิโรจน์ มะโน	564
IN-850	การพัฒนาเครื่องวัดฝุ่นสำหรับวัดตัวบุคคล ปิยพล ยืนยงสวาว พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์ สาคร ปันตา สมศักดิ์ วรรณชัย จักรรินทร์ ถิ่นนคร และ อาทิตย์ ยาวุฒิ	568
IN-851	อุปกรณ์ชะลอการเปิดวงจรตัวสัมผัสแบบแม่เหล็ก ชูศักดิ์ กมลขันติธร เอกพล อนุสรณ์ วินัย เมธาวิฑิต กิตติ กนกฉันท และ พิเชษฐ์ บุญมีมีไชย	572
IN-853	ระบบแจ้งเตือนน้ำรั่วซึมด้วย NETPIE ณัฐพงษ์ อุทัยวงศ์ ธนดล วัฒนคงเศรษฐ์ นวพล แก้วเกษศรี และ ศักดิ์ระวี ระวีกุล	576

รีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบราคาถูก

Low cost speed relay

คนโท ปานทองคำ¹ และ ศราวุธ แซ่ลิ้ม²

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1 ตำบลบ่อยาง อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา โทรศัพท์ 089-732-5044 E-mail: konto.p@rmutsv.ac.th

²สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1 ตำบลบ่อยาง อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา โทรศัพท์ 064-315-0703 E-mail: meen43611@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างรีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบราคาถูก เพื่อนำมาใช้ในงานป้องกันอินดัคชั่นมอเตอร์ร่วมกับนิวเมอริคัลรีเลย์ MiCOM P220 โดยมี 3 ฟังก์ชันพื้นฐาน ได้แก่ ตรวจจับมอเตอร์หยุดหมุน ความเร็วรอบต่ำเกิน และความเร็วรอบสูงเกิน พร้อมการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ทั้งยังสามารถปรับตั้งเวลาหน่วงก่อนการเริ่มจับความเร็วการหมุนและเวลาหน่วงก่อนการสั่งทริปได้ 0 - 20 วินาที จากการทดสอบใช้งานพบว่าสามารถทำงานร่วมกับรีเลย์ป้องกันมอเตอร์ MiCOM P220 และแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้ผ่านแอปพลิเคชัน LINE ได้อย่างถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้

คำสำคัญ: รีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบเป็นศูนย์, รีเลย์ความเร็วรอบต่ำ, รีเลย์ป้องกันมอเตอร์

Abstract

This article presents the design and construction of an inexpensive speed relay. To be used in the protection of induction motors in conjunction with the MiCOM P220 numerical relay. It has 3 basic functions: detecting motor stops, speed is too low and speed is too high, and notification via LINE application. It is also possible to adjust the delay time before the start of the rotation and the delay time before ordering trips from 0 - 20 seconds. Tests have shown that it is compatible with the MiCOM P220 motor protection relay and outputs the alarm to the user via LINE application correctly as designed.

Keywords: zero speed relay, under speed relay, motor protection relay

1. บทนำ

รีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ มักพบการใช้งานในระบบอุตสาหกรรมทั่วไปที่ใช่มอเตอร์ขนาดใหญ่ มีหน้าที่ตรวจจับความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์และแจ้งเตือนไปยังระบบป้องกันหลัก หากมอเตอร์มีความเร็วรอบการหมุนที่ผิดปกติหรือไม่หมุน [1] โดยทั่วไปจะมีฟังก์ชันใช้งานพื้นฐาน ดังนี้

1.1 Speed Monitoring ใช้ตรวจสอบความเร็วการหมุนของมอเตอร์สำหรับการป้องกันหลัก 3 ชนิด ได้แก่

1.1.1 Zero speed Monitor (ตรวจสอบว่ามอเตอร์หมุนหรือไม่) เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้มอเตอร์ หากตรวจพบความเร็วรอบการหมุนมอเตอร์เป็น 0 (มอเตอร์ไม่หมุน) รีเลย์จะสั่งการทำงานของเอาต์พุตเพื่อปลดวงจรมอเตอร์ออกจากระบบ

1.1.2 Over speed Monitor (ตรวจสอบความเร็วเกินกว่าค่าที่กำหนด) เมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบเกินกว่าค่าที่ปรับตั้งไว้ รีเลย์จะสั่งการทำงานของเอาต์พุตเพื่อปลดวงจรมอเตอร์ออกจากระบบ

1.1.3 Under speed Monitor (ตรวจสอบความเร็วต่ำกว่าค่าที่กำหนด) เมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบต่ำกว่าค่าที่ปรับตั้งไว้ รีเลย์จะสั่งการทำงานของเอาต์พุตเพื่อปลดวงจรมอเตอร์ออกจากระบบ

1.2 Start-up delay เป็นฟังก์ชันหน่วงเวลาทำงานของรีเลย์ตรวจจับในขณะที่มอเตอร์เริ่มเดินสตาร์ท ให้อยู่นอกเงื่อนไขตรวจสอบความเร็ว

1.3 Time delay เป็นฟังก์ชันการหน่วงเวลาการทริปของรีเลย์เมื่อตรวจพบความผิดปกติในการทำงานของมอเตอร์ (Standstill, Overspeed หรือ Underspeed) สามารถตั้งเวลาการทำงานได้ โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 0 ถึง 10 วินาที

จากการสำรวจสินค้าในท้องตลาดพบว่า รีเลย์ชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูง และยังไม่สามารถแจ้งเตือนผ่านระบบเครือข่ายไร้สายได้ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้จะพัฒนารีเลย์ชนิดนี้ ให้สามารถแจ้งเตือนผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย และมีราคาต้นทุนที่ถูกกว่าราคาขายในท้องตลาด

						
Broyle Control Speed Monitoring Relay With ... B3.213.42 RS Compon...	Schneider Electric Speed Monitoring Relay With ... B6.943.48 RS Compon...	Schneider Electric 115 V Safety Relay - Dual Chan... B20.414.58 RS Compon...	Schneider Electric 24 V dc Safety Relay - Dual... B18.714.88 RS Compon...	Dold Speed Monitoring Relay With DPDT B8.799.21 RS Compon...	Turck Zero Speed Monitor Monitoring Relay With ... B31.018.84 RS Compon...	Schneider Electric Safety Contact, 230 V ac... B20.288.01 RS Compon...

รูปที่ 1 ราคาของรีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบ ในร้านค้าออนไลน์

2. วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานและการออกแบบวงจรการทำงานของรีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบราคาถูกลงดังต่อไปนี้

2.1 ขอบเขตการดำเนินการ

2.1.1 ออกแบบและสร้างรีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบที่สามารถตรวจจับความเร็วรอบการหมุนได้ 0 - 10,000 รอบต่อนาที โดยมีต้นทุนอุปกรณ์ต่อชุดสร้างไม่เกิน 2,000 บาท

2.1.2 สามารถปรับเวลาหน่วงเมื่อเริ่มต้นการทำงานไม่ให้รีเลย์ทำงาน และปรับเวลามองการทริปได้ 0 ถึง 20 วินาที

2.1.3 มีเอาต์พุตคอนแทกแบบ C-NC-NO ,ไฟ Alarm/Trip และ
จอแสดงผล

2.1.4 สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนเมื่อเกิด Alarm และ Trip ผ่าน Line Notify ได้

2.1.5 ใช้งานร่วมกับรีเลย์ป้องกันมอเตอร์ MiCOM P220 ได้

2.2 โครงสร้างภายนอกและกระบวนการทำงานหลัก

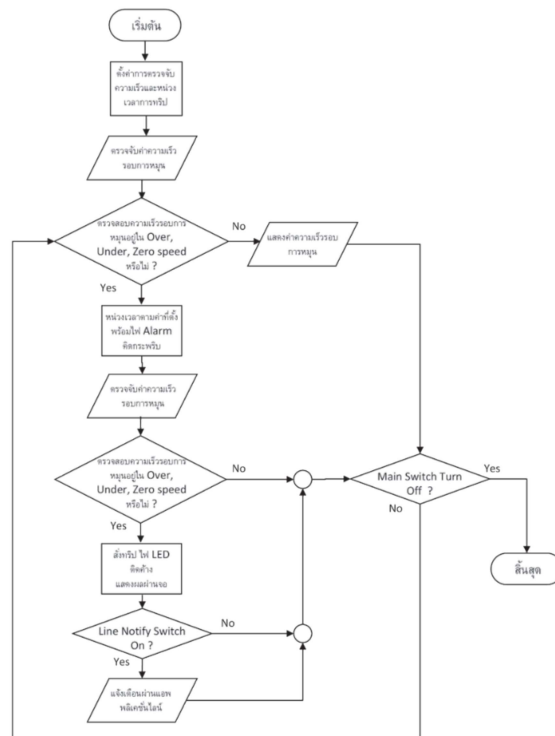
จากขอบเขต จึงทำการออกแบบโครงสร้างภายนอก ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบร่างโครงสร้างภายนอก

หลักการทางาน จะใช้การตรวจจับการหมุนของเพลมอเตอร์ใน แต่ละรอบด้วย inductive proximity sensor ร่วมกับวงจรนับความถี่ของ สัญญาณต่อเวลาหนึ่งนาทึ ซึ่งจะไ้ความเร็วการหมุนในหน่วย รอบต่อ นาทึ (rpm) นำไปประมวลผลว่ามอเตอร์ทำงานอยู่ในความเร็วปกติ หรือไม่ หากตรวจพบความเร็วที่ผิดปกติตามเงื่อนไขที่ปรับตั้ง และครบ กำหนดเวลาที่หน่วงไว้แล้ว รีเลย์จะสั่งการทางานของเอาต์พุต ไปยัง

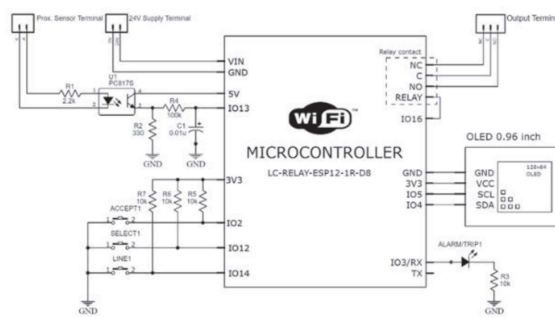
ระบบป้องกันหลักเพื่อปลดวงจรมอเตอร์ออกจากระบบ และส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ไปยังผู้ใช้งานทันที



รูปที่ 3 flowchart การทำงานของรีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบราคาถูก

2.3 ออกแบบวงจรและสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

จากหลักการทำงานและฟังก์ชันที่กำหนดไว้ในขอบเขต จึงได้
ออกแบบวงจรโดยใช้บอร์ด LC-Relay-ESP12-1R-D8 เป็นตัว
ประมวลผลหลัก ร่วมกับภาคอินพุตและภาคเอาต์พุต ดังรูปที่ 4 จากนั้นจึง
ได้นำไปสร้างเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ ดังรูปที่ 5

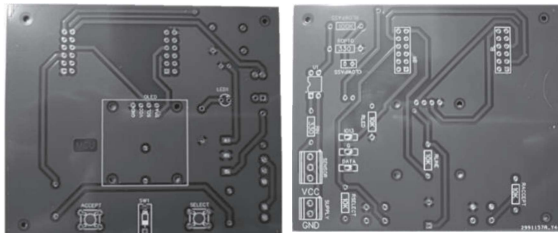


รูปที่ 4 วงจรรีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบราคาถูก

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14

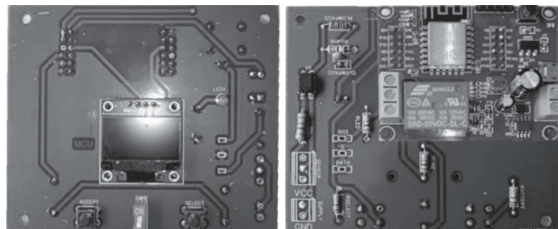
14th Conference of Electrical Engineering Network 2022 (EENET 2022)



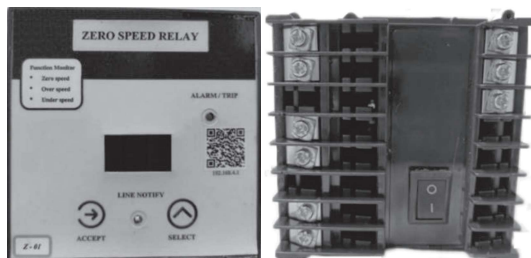
รูปที่ 5 แผ่นวงจรพิมพ์ที่พร้อมใช้งาน (ด้านหน้า – หลัง)

2.4 การประกอบรีเลย์

เมื่อได้แผ่นวงจรพิมพ์มาแล้ว จึงนำลงอุปกรณ์ภายใน ดังรูปที่ 6 และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานดัง Flowchart ในรูปที่ 3 แล้วจึงประกอบตัวรีเลย์ภายนอก ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 การลงอุปกรณ์ภายในรีเลย์ (ด้านหน้า– หลัง)



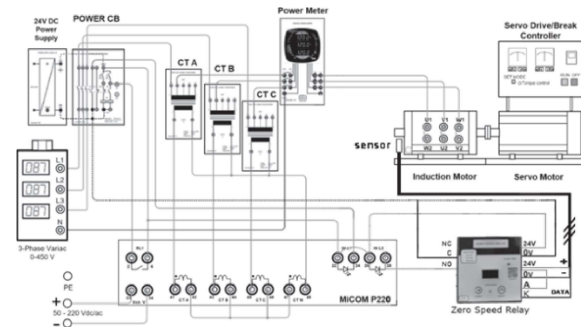
รูปที่ 7 การประกอบรีเลย์ภายนอก (ด้านหน้า– หลัง)

ในการประกอบสร้างรีเลย์ตรวจสอบความเร็วรอบนี้ มีราคารวมของวัสดุอุปกรณ์ทั้งสิ้นประมาณ 870 บาท ซึ่งต่ำกว่าที่ประมาณการไว้ และมีราคาถูกกว่าสินค้าท้องตลาดมาก

2.5 การทดสอบการทำงานร่วมกับรีเลย์ MiCOM P220

การใช้งานรีเลย์ตรวจสอบความเร็วรอบทั่วไป มักจะใช้งานร่วมกับรีเลย์ป้องกันมอเตอร์หลักตัวอื่น ๆ และต้องทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้อง เพื่อให้มั่นใจว่ารีเลย์ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานร่วมกับรีเลย์

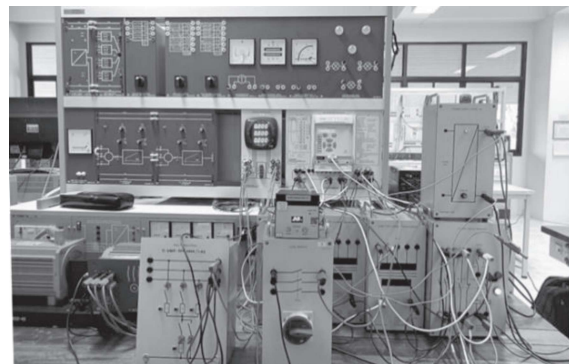
ป้องกันมอเตอร์หลักได้ถูกต้อง จึงได้ทำการทดสอบการทำงานร่วมกับรีเลย์ป้องกันมอเตอร์ MiCOM P220 ดังวงจรรูปที่ 8 โดยมีค่าปรับตั้งทั่วไปของรีเลย์ MiCOM P220 ดังตารางที่ 1



รูปที่ 8 วงจรทดสอบการทำงานร่วมกับรีเลย์ MiCOM P220

ตารางที่ 1 ค่าปรับตั้งพารามิเตอร์ทั่วไป ของรีเลย์ MiCOM P220

Parameter	Descriptions	Setting Value
CONFIGURATION : CONFIG. SELECT		
DEFAULT DISPLAY	ค่าที่จะแสดงบนจอ LCD	THERM_ST
CONFIGURATION : CT RATIO		
PRIM PH	พิกัด CT Line ด้าน Primary	1
SEC PH	พิกัด CT Line ด้าน Secondary	1 ⁽¹⁾
PRIM E	พิกัด CT E/Gnd ด้าน Primary	1
SEC E	พิกัด CT E/Gnd ด้าน Secondary	1 ⁽¹⁾
CONFIGURATION : LED 5,6,7,8		
LED 5	ติดสว่างเมื่อเกิดเหตุการณ์ตามที่เลือก	THERM OVERLOAD?, ti<, ti>>
LED 6	ติดสว่างเมื่อเกิดเหตุการณ์ตามที่เลือก	EXCES LONG START?, ti2>
LED 7	ติดสว่างเมื่อเกิดเหตุการณ์ตามที่เลือก	ti2all?, tti0>
LED 8	ติดสว่างเมื่อเกิดเหตุการณ์ตามที่เลือก	LOCKED ROTOR?
AUTOMAT. CTRL : TRIP OUTPUT RLY		
TRIP RLY SETTINGS	ให้ Output RLY เปลี่ยนสถานะเมื่อเกิดเหตุการณ์	ti>>, ti0>, ti2>, ti<, THERM OVERLOAD, EXCES LONG START, tti2loq ⁽²⁾ , LOCK ROTOR
Supervise Device : Date and Time		
Date	ตั้งค่าวัน/เดือน/ปี ให้รีเลย์	วัน/เดือน/ปี ปัจจุบัน
Time	ตั้งค่าเวลาให้รีเลย์	เวลาปัจจุบัน

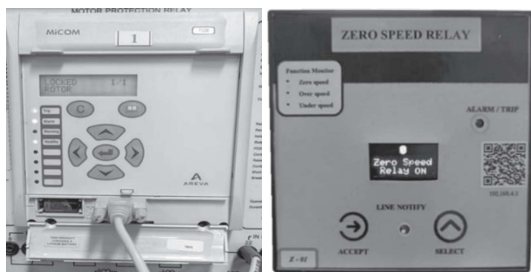


รูปที่ 9 การทดสอบทำงานร่วมกับรีเลย์ป้องกันมอเตอร์ MiCOM P220

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14

14th Conference of Electrical Engineering Network 2022 (EENET 2022)

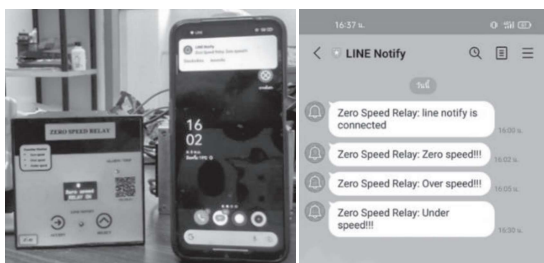


รูปที่ 10 การทำงานของรีเลย์ MiCOM P220 กรณีมอเตอร์ไม่หมุน



รูปที่ 11 การตั้งเวลาหน่วง 5 และ 20 วินาที ก่อนการสั่งทริปของรีเลย์

ผลการทดสอบทำงานร่วมกับรีเลย์ MiCOM P220 โดยการใช้งานร่วมทั้งขณะเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบปกติและสตาร์ทแบบผิดปกติจากการทดสอบพบว่ารีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบราคาถูก สามารถทำงานร่วมกับรีเลย์ MiCOM P220 ได้อย่างถูกต้อง ทั้งขณะสตาร์ทมอเตอร์ตามปกติ และเมื่อมอเตอร์เกิด Lock Rotor หรือเกิดการหมุนที่ความเร็วรอบที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าที่กำหนด รีเลย์ตรวจจับความเร็วรอบราคาถูกสามารถตรวจจับความเร็วที่ผิดปกติและหน่วงเวลาทำงานตามค่าที่ตั้งไว้ได้ และจะส่งสัญญาณไปยังรีเลย์ป้องกันมอเตอร์ MiCOM P220 เมื่อครบกำหนดเวลาที่หน่วงไว้ ทั้งนี้หากเปิดฟังก์ชันแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ไว้ก็สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนได้ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 12 การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE

สรุปผล

จากการทดสอบใช้งานในห้องปฏิบัติการป้องกันระบบไฟฟ้ากำลัง สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ได้ผลตามขอบเขตที่วางเอาไว้ครบถ้วน โดยมีความคลาดเคลื่อนของเวลาหน่วงไม่เกิน 1 วินาที และมีราคาต้นทุนที่ถูกกว่าวิธีแบบเดียวกันที่จำหน่ายในท้องตลาด อีกทั้งยังสามารถแจ้งเตือนความผิดปกติของความเร็วมอเตอร์ได้ทั้งกรณีมอเตอร์ไม่หมุน มอเตอร์หมุนต่ำกว่าความเร็วที่กำหนด และมอเตอร์หมุนความเร็วเกินกว่าที่กำหนดบนแอปพลิเคชัน LINE ได้ตามที่ออกแบบเอาไว้ สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการป้องกันระบบไฟฟ้ากำลังทดแทนการจัดซื้อสินค้าตลาด ได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Wisnu and Supak Co.,Ltd., "Zero Speed Relay," SR95: Zero Speed Relay, 2011. [Online]. Available: <https://www.wisco.co.th/main/model/sr95>
- [2] W. Ravi, P. Aakanksha, D. Mangesh and P. Rajankumar, "Induction Motor Fault Detection, Protection and Speed Control Using Arduino," Nashik, Maharashtra, India, 2017.
- [3] Z. Stare, H. Dzapal and N. Bobanac, "Digital Measuring System for Monitoring Motor Shaft Parameters on Ships," in IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Victoria, BC, Canada, 2008.
- [4] J. M, N. P, N. P. V and P. P, "IoT Assisted Motor Monitoring System for Industries," in International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, Coimbatore, India, 2021.



ดร. ปานทองคำ

อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งานวิจัยที่สนใจ : Power system protection,
PV system, EV system



ศราตุล แซ่ลิ้ม

นักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งานวิจัยที่สนใจ : Power system protection,
Embedded system