รายงานสืบเนื่อง

การประชุมวิชาการเทคโนโลยีนวัตกรรม และอาชีวศึกษา ระดับชาติครั้งที่ 3

3rd National Conference of Innovative Technology and Vocational Education & Training T - VET

ระหว่างวันที่ 22-23 มีนาคม 2567

"การพัฒนาเทคโนโลยี ด้านนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ การจัดการเรียนการสอน และการบริหารด้านอาชีวศึกษา ด้วยกระบวนการวิจัยเพื่อเพิ่มความสามารถ ในการแข่งขันด้านอาชีวศึกษายั่งยืน"

QR:CODE
การประชุมวิชาการ ฯ

การออกแบบและพัฒนาเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า

จิรายุษ อาทะวิมล[1]

Jirayut A-thawimon[1]

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1.1 สถานะของเจ้าของหรือคณะผู้คิดค้นนวัตกรรม

. ผู้ประพันธ์อันดับแรก (First author)/เจ้าของผลงานหลัก (Main intellectual contributor)

[1] จิรายุษ อาทะวิมล

Email: jirayutpee555@gmail.com

[2] เกษตร เมืองทอง

Email: kmuang@gmail.com

[3] สมศักดิ์ หมอแสง

Email: smorsaeng@gmail.com

[4] วงศพัชญ์ พันธ์สิริโรจ

Email: wongsaphat@pjtc.ac.th

1.2 แหล่งหรือชุมชนที่มีการนำนวัตกรรมไปใช้ประโยชน์

บริษัท อาซีฟา จำกัด(มหาชน)

1.3 วัตถุประสงค์ของการพัฒนานวัตกรรม

1. เพื่อพัฒนาเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า

2. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นกับเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าเดิม

1.4 แนวทางการถ่ายทอดความรู้สู่ผู้ใช้ประโยชน์

เมื่อผู้ประดิษฐ์ได้จัดทำชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ขอมอบผลงานนวัตกรรมนี้ให้กับบริษัทเพื่อใช้ประโยชน์ในการทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่ทางบริษัทประกอบขึ้น และจะอธิบายวิธีการใช้งานให้กับพนักงานที่รับผิดชอบ

ส่วนที่ 2 สาระสำคัญของผลงานนวัตกรรม

2.1 ที่มาและความสำคัญของการสร้างนวัตกรรม

เครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญในการใช้ในงานทดสอบต่างๆ เป็นปัจจัยพื้นฐานประการหนึ่งที่ช่วยให้การพัฒนางานทดสอบต่างๆมีคุณภาพ ด้วยมาตรฐานการ

ตรวจสอบ IEC 61439-1/2 และเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าสำหรับใช้ในงานทดสอบมีหลายรูปแบบและหลากหลายการทำงานซึ่งในเครื่องหนึ่งอาจมีฟังก์ชันไม่ครบตามที่ต้องการ จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าขึ้นสำหรับในการทดสอบอย่างมีคุณภาพ

จากที่ผู้ประดิษฐ์ได้ฝึกประสบการณ์ในสถานประกอบการณ์ที่ประกอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า พบว่าปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้เป็นเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าเดิม นั้นมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากเนื่องจากใช้หม้อแปลงแรงดัน 3 เฟส (Variable Voltage Transformer 3 Phase) ในการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าซึ่งตัวหม้อแปลงแรงดัน 3 เฟส นั้นมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก จึงทำให้เครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้ามีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากตามไปด้วย ทำให้ไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายซึ่งในการทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าในบางสถานที่นั้นอาจเป็น ตึกสูง ตึกที่กำลังก่อสร้างและอาคารที่มีความซับซ้อน ทำให้การเคลื่อนย้ายลำบากและอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ อีกทั้งในส่วนคำสั่งสำหรับทดสอบตู้สวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติ (Automatic Transfer Switch : ATS) ในเครื่องทดสอบก่อนหน้ามีฟังก์ชันการทดสอบที่ไม่ครบถ้วนและครอบคลุม

ดังนั้นผู้ประดิษฐ์จึงคิดที่จะสร้างเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าสำหรับทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่สะดวกต่อการขนย้าย โดยไม่จำเป็นที่จะต้องขนย้ายเครื่องทดสอบที่มีน้ำหนักมาก ไม่ลำบากต่อการขนย้ายเพื่อไปทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้ามีชุดคำสั่งทดสอบตู้สวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติครบถ้วนครอบคลุมและเพิ่มแหล่งจ่ายไฟฟ้า 24 VDC สำหรับตู้ที่ต้องใช้ในส่วนของวงจรควบคุม ในตู้สวิตช์บอร์ด เพื่อการทดสอบที่มีคุณภาพ

2.2 แนวทางและกระบวนการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม

ตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้านั้นประกอบด้วยอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าที่ช่วยลดความเสียหายหากมีเหตุผิดปกติทางไฟฟ้าและมีการทำงานที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบซึ่งก่อนที่จะส่งตู้ออกนั้นทางผู้ทดสอบต้องมีการทดสอบเพื่อเป็นการยืนยันว่าตู้ที่ผลิตนั้นมีการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันหรือฟังก์ชันการทำงานที่ถูกต้องหรือไม่ผิดปกติโดยการทดสอบหลักๆกับตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้ามีดังนี้

2.2.1 การทดสอบอุปกรณ์ป้องกันเฟส (Phase Protection Relay)

เป็นอุปกรณ์ประเภทหนึ่งที่ใช้สำหรับป้องกันความผิดปกติที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ป้องกันไฟตก-ไฟเกิน (Under-Over Voltage), เฟสขาดหาย (Phase Loss), เฟสไม่สมดุล (Phase Unbalance), สลับเฟส (Phase Sequence) เป็นต้น เพื่อทำการตัดวงจร

ในระบบไม่ให้อุปกรณ์เกิดความเสียหาย ในการใช้งานอุปกรณ์จะเริ่มทำงานเมื่อมีความผิดปกติของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยมีเงื่อนไขในการเช็คความผิดปกติอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้า ดังนี้

2.2.1.1 เช็คไฟตก-ไฟเกิน (Under-Over Voltage) แรงดันในขณะที่ใช้งานมีค่าเกินหรือต่ำกว่าที่กำหนด

2.2.1.2 เช็คเฟสขาดหาย (Phase Loss) แรงดันของเฟสใดเฟสหนึ่งขาดหายไป

2.2.1.3 เช็คเฟสไม่สมดุล (Phase Unbalance) แรงดันไฟฟ้าของแต่ละเฟสที่ต่างกัน

2.2.1.4 เช็คลำดับเฟส (Phase Sequence) แรงดันไฟฟ้าของแต่ละเฟสสลับกันหรือการเรียงลำดับเฟสไม่ถูกต้องของระบบไฟ 3 เฟส 3 สาย และ 3 เฟส 4 สาย

2.4.2 การทดสอบสวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติ

ในการทดสอบจะจ่ายไฟฟ้าหลักให้กับตู้สวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติ โดยการทดสอบจะจำลองว่าไฟฟ้าหลักเกิดความผิดปกติแล้วสวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติ จะต้องเลือกใช้ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายสำรอง จนเมื่อไฟฟ้าหลักกลับมาเป็นปกติแล้วสวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติจะต้องกลับไปเลือกใช้ไฟฟ้าหลักเหมือนเดิม

2.3 ขอบเขตและวิธีการประดิษฐ์ คิดค้นนวัตกรรม

2.3.1 ขอบเขตสิ่งประดิษฐ์

2.3.1.1 สามารถไปทดสอบกับตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่บริษัท อาซีฟา จำกัด (มหาชน) ประกอบขึ้น

2.3.1.2 ใช้กับแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย แรงดันต่ำ ไม่เกิน 400/230 VAC

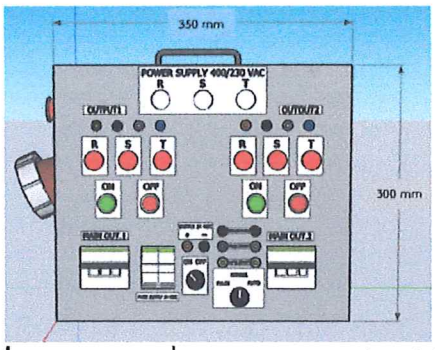
2.3.1.3 ใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 24 VDC สำหรับการทดสอบ ATS

2.3.2 วิธีดำเนินการ

2.3.2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า

2.3.2.2 ทดสอบการทำงานของเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า

2.3.2.3 เปรียบเทียบการใช้งานระหว่างเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าเดิมกับเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่สร้างขึ้น

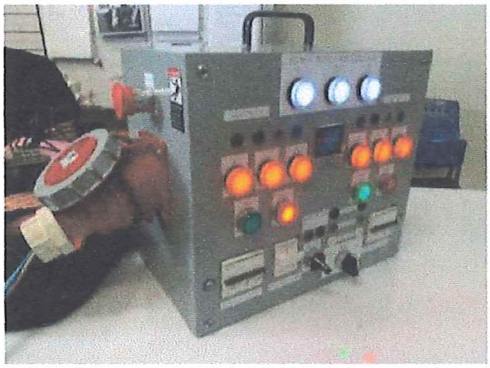


ภาพที่ 1 แบบร่างเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า

2.4 ผลการสร้างนวัตกรรม

การประดิษฐ์ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า ซึ่งผลการจัดทำโครงงาน ผู้จัดทำได้เสนอเรียงตามวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

2.4.1 ผลการพัฒนาเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า



ภาพที่ 2 ผลการพัฒนาเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า

เครื่องที่ใช้สำหรับทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า รับแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 400/230 VAC 50 Hz และจ่ายแรงดันออกเป็น 3 เอาต์พุต ได้แก่

เอาต์พุตที่ 1 เป็นการเลือกจ่ายแรงดัน 3 เฟส 4 สาย 400/230 VAC 50 Hz จากผู้ใช้งานโดยตรงอย่างเดียว

เอาต์พุตที่ 2 เป็นการเลือกจ่ายแรงดัน 3 เฟส 4 สาย 400/230 VAC 50 Hz จากผู้ใช้งานโดยตรงและอัตโนมัติ ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน ในส่วนการทำงานแบบอัตโนมัติ มีไว้สำหรับทดสอบตู้สวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติ โดยจะต้องมีคำสั่งจากตู้สวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติ มาสั่งการจ่ายแรงดันของเอาต์พุต 2 เท่านั้น ซึ่งเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้ามีคำสั่งรองรับการจ่ายแรงดัน 2 แบบ คือ 1) ค้างสภาวะ และ 2) ไม่ค้างสภาวะเอาต์พุตที่ 3 เป็นการเลือกจ่ายแรงดัน 24 VDC

2.4.2 ผลเปรียบเทียบและวิเคราะห์สมรรถะการทำงานของเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า

รายการ	เครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าเดิม	เครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่สร้างขึ้น
1. มีน้ำหนักเบา	✗	✓
2. ใช้คนขนย้ายน้อย	✗	✓
3. ขนาดเล็กพกพาสะดวก	✗	✓
4. ฟังก์ชันเริ่มการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าครอบคลุม	✗	✓
5. จ่ายแรงดัน 3 เฟส 4 สาย 230/400 VAC	✓	✓
6. จ่ายแรงดัน 24 VDC	✓	✓
7. สามารถจ่ายกระแสเพื่อทดสอบ CT	✗	✗
8. ปรับแรงดันเพื่อทดสอบ Phase Protection	✗	✗
9. มีสวิตช์ฉุกเฉินเพื่อความปลอดภัย	✓	✓
10. มีไฟบ่งชี้ขณะจ่ายแรงดันไฟฟ้า	✓	✓
11. มีมินิเอเจอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ควบคุมวงจรควบคุม	✓	✓
12. มีมินิเอเจอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ควบคุมวงจรกำลังของแต่ละเอาต์พุต	✗	✓

จากตาราง พบว่า เครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมีการพัฒนาในส่วนของน้ำหนัก ขนาดที่ลดลงจากเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าเดิมและเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่สร้างขึ้น นั้นมีการพัฒนาในเรื่องฟังก์ชันเริ่มการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ครอบคลุมกว่าอีกทั้งมีมินิเอเจอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ควบคุมวงจรกำลังของแต่ละเอาต์พุต เพื่อเสถียรต่อการทำงาน

2.5 การนำไปใช้ประโยชน์กับกลุ่มเป้าหมาย

ภาพที่ 3 การนำตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าไปทดสอบจริง

2.6 สรุปและอภิปรายผลการพัฒนานวัตกรรม

โครงสร้างของเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า สร้างมาจากเหล็กแผ่นขนาด 1 mm. นำมาพับขึ้นรูปโดยมีขนาดความสูงเท่ากับ 300 mm. ความลึกเท่ากับ 200 mm. ความกว้างเท่ากับ 350 mm. เครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่สร้างขึ้น รับแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 400/230VAC 50 Hz และจ่ายแรงดันออกเป็น 3 เอาต์พุต ได้แก่

เอาต์พุตที่ 1 เป็นการเลือกจ่ายแรงดัน 3 เฟส 4 สาย 400/230 VAC 50 Hz จากผู้ใช้งานโดยตรงอย่างเดียว

เอาต์พุตที่ 2 เป็นการเลือกจ่ายแรงดัน 3 เฟส 4 สาย 400/230 VAC 50 Hz จากผู้ใช้งานโดยตรงและอัตโนมัติ ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน ในส่วนการทำงานแบบอัตโนมัติ มีไว้สำหรับทดสอบตู้สวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติโดยจะต้องมีคำสั่งจากตู้สวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติ มาสั่งการจ่ายแรงดันของเอาต์พุต 2 เท่านั้น ซึ่งเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้ามีคำสั่งรองรับการจ่ายแรงดัน 2 แบบ คือ 1) ค้างสภาวะ และ 2) ไม่ค้างสภาวะเอาต์พุตที่ 3 เป็นการเลือกจ่ายแรงดัน 24 VDC

ผลการเปรียบเทียบและวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า

เครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมีการพัฒนาในส่วนของน้ำหนักขนาดที่ลดลงจากเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าเดิมและเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นนั้นมีการพัฒนาในเรื่องฟังก์ชันเริ่มการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ครอบคลุมกว่าอีกทั้งมีมินิเอเจอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ควบคุมวงจรกำลังของแต่ละเอาต์พุต เพื่อเสถียรต่อการทำงาน

ผลการทดสอบสมรรถนะในการทำงานของเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่การจ่ายแรงดันเอาต์พุตที่ 1 3 เฟส 4 สาย 230/400 VAC 50 Hz เพื่อทดสอบฟังก์ชันปิดวงจรของ

แอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอัตโนมัติ พบว่าแรงดันที่เครื่องทดสอบกับตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าต่างกันเล็กน้อย ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อการทำงานในฟังก์ชันปิดวงจรของแอร์เซอร์กิตเบรกแบบอัตโนมัติการทดสอบเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้านั้นพบว่าแอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถทำงานได้อย่างปกติทุกครั้ง

ผลการทดสอบสมรรถนะในการท างานของเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่การจ่ายแรงดันเอาต์พุตที่ 2 ในคำสั่งด้วยมือ 3 เฟส 4 สาย 230/400 VAC เพื่อทดสอบฟังก์ชันปิดวงจรของแอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอัตโนมัติ พบว่าแรงดันที่เครื่องทดสอบกับตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าต่างกันเล็กน้อยซึ่งไม่มีผลกระทบต่อการท างานในฟังก์ชันปิดวงจรของแอร์เซอร์กิตเบรกแบบอัตโนมัติการทดสอบเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้านั้นพบว่าแอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์สามารถทำงานได้อย่างปกติทุกครั้ง

ผลการทดสอบสมรรถนะในการทำงานของเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าที่การจ่ายแรงดันเอาต์พุตที่ 2
3 เฟส 4 สาย 230/400 Vac 50 Hz เพื่อทดสอบการทำงานของตู้สวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติด้วยฟังก์ชันเริ่มการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในคำสั่งค้างสภาวะ หรือ ไม่ค้างสภาวะ พบว่าแรงดันที่เครื่องทดสอบกับแรงดันที่ตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าต่างกันเล็กน้อง ซึ่งไม่มีผลต่อการทำงานในฟังก์ชันเริ่มการทำงานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในคำสั่งค้างสภาวะ หรือ ไม่ค้างสภาวะ นั้นสามารถทำงานได้อย่างปกติ จากการตรวจสอบการทำงานที่ตู้สวิตช์โอนย้ายอัตโนมัติพบว่าสามารถทำงานได้อย่างปกติในทั้ง 2 คำสั่ง

ผลทดสอบการจ่ายแรงดันเอาต์พุตที่ 3 แรงดัน 24 VDC เพื่อทดสอบการทำงานของหน้าจอทริปยูนิต จากการทดสอบแรงดันไฟฟ้าที่ตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า ตรวจสอบการทำงานของหน้าจอทริปยูนิต พบว่าการทำงานของหน้าจอทริปยูนิต สามารถทำงานได้

2.7 ข้อเสนอแนะ

2.7.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลไปใช้

2.7.1.1 การใช้งานเครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า ควรศึกษาคู่มือการใช้งานให้เข้าใจชัดเจนและหรือปฏิบัติด้วยความปลอดภัยตามมาตรฐานทางไฟฟ้า

2.7.1.2 หากขณะปฏิบัติงานเกิดความผิดปกติที่เครื่องทดสอบตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าควรรีบกดปุ่มฉุกเฉินทันทีและรีบแก้ไข

2.7.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาโครงงานครั้งต่อไป

2.7.2.1 ควรพัฒนาโครงสร้างให้เป็นอลูมิเนียมประกอบกับเหล็กเพื่อทำให้น้ำหนักเบาและให้มีชุดรถลากเพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกยิ่งขึ้น

2.7.2.2 ควรพัฒนาในเรื่องของการปรับปริมาณแรงดันด้านเอาต์พุต 3 เฟส เพื่อให้สามารถทดสอบในเรื่องการป้องกันแรงดันไม่สมดุลได้

2.8 เอกสารอ้างอิง

กิตติวัฒน์ จีบแก้ว. (2563). **ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบไฮบริดจ์ อาศัยการควบคุมด้วย ATS.**สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

ปณต ศรีภครัชต์จีระศักดิ์ บุญโชตินุชทิตา สุทธิสินทองและบัญชา ศรีวิโรจน์. (2560). **อุปกรณ์ทดสอบโหลดสำหรับตู้สวิทช์บอร์ด.** สำนักพิมพ์วิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี.

ปทุมพร วงค์ใหญ่. (2560). **แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพกพา.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ปิ่นพงศ์ ทั่งทอง รัตนสุดา สุภดนัยสร และ ธีรถวัลย์ ปานกลาง. (2564). **การพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพาแสดงผลผ่านเว็บเบราเซอร์.** สำนักพิมพ์การจัดการเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ต.วิชุกรณ์. (2561). **ตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้า**https://www.torwitchukorn.com/th/articles/(วันที่สืบค้นข้อมูล 20 เมษายน 2566).

ธมนณัฏฐ ดวงมณีวิวัฒน์. (2561). **ทดสอบความปั่นฉนวน.** https://www.changfi.com/ fix/2022(วันที่สืบค้นข้อมูล 16 มีนาคม 2566).

สราวุฒิ สิงห์ธนะ. (2561). **วงจรไฟฟ้า.** https://www.electric108.com/article/(วันที่สืบค้นข้อมูล 16 มีนาคม 2566).