

การพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพา

แสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์

Development of Portable Electric Power Supply

Projecting by Web Browser

ปิ่นพงษ์ ทังทอง¹, รัตนสุดา สุกตัญญู^{2*} และ อีรณวัลย์ ปานกลาง³

Pinpong Thangthong¹, Rattanasuda Supadanaisorn^{2*} and Theerathawan Panklang³

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา^{1,2*}

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา³

Department of Technology Computer Electronics, Faculty of Science and Technology,
Bansomdejchaopraya Rajabhat University^{1,2} Department of Physics, Faculty of Science and
Technology Bansomdejchaopraya Rajabhat University³

E-Mail: rattanasuda@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงใช้งานง่าย พกพาสะดวก สามารถเลือกแรงดันไฟฟ้าได้จากตัวเครื่องและเว็บเบราว์เซอร์ 2) พัฒนาโปรแกรมแสดงผลและควบคุมแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเว็บเบราว์เซอร์ และ 3) พัฒนาระบบแจ้งเตือนแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านแอปพลิเคชันไลน์ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ อาจารย์ผู้สอนหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ และสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU V.2 โมดูลรีเลย์ 4 ช่อง โมดูลชาร์ตแบตเตอรี่ไร้สาย ซอฟต์แวร์ Arduino IDE และแบบประเมินประสิทธิภาพแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพา แสดงผลผ่านเว็บ เบราว์เซอร์ ซึ่งสถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ มาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงใช้งานง่าย พกพาสะดวกพบว่า สามารถเลือกแรงดันไฟฟ้าได้จากตัวเครื่อง เลือกแรงดันไฟฟ้าได้ 4 ย่านได้แก่ 3V 5V 8V และ 12V จ่ายกระแสไฟฟ้าสูงสุด 1.00 A 2) ผลการพัฒนาโปรแกรมแสดงผลและควบคุมแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเว็บเบราว์เซอร์ พบว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง สามารถควบคุม และแสดงผลแรงดันไฟฟ้าได้จากเว็บเบราว์เซอร์ ได้ 4 ย่านได้แก่ 3V 5V 8V มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 4.92% เมื่อเปรียบเทียบกับ อนุาล็อกมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ SUNWA รุ่น YX360TRF และ 3) ผลการพัฒนาาระบบแจ้งเตือนแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านแอปพลิเคชันไลน์พบว่าระบบสามารถแจ้งเตือนแบตเตอรี่เต็มและแบตเตอรี่หมดผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้

คำสำคัญ: แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง, ไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU, เว็บเบราว์เซอร์

ABSTRACT

The purpose of this research is 1) develop in DC power supply, easy to use, portable, able to select the voltage from both the device and the web browser. 2) develop a program, display and control your DC power supply through a web browser. and 3) develop a battery alarm system for DC power supply via the line application. The sample group was course teachers, Bachelor of Science Department of Electronic Computer Technology and physics faculty of science and Technology Bansomdejchaopraya Rajabhat University, 10 people. Research instruments is Node MCU V.2 microcontroller, relay 4 channel, wireless battery charging module , arduino IDE software and Portable Digital Adjustable DC Power Supply Efficiency Evaluation Form The results are displayed through a web browser as a 5-level rating scale with a confidence value of 0.90.

The results of the research were as follows 1) able to develop a DC power supply, easy to use, easy to carry, choose from 4 voltage ranges is 3V, 5V, 8V and 12V, providing a maximum current of 1.00 A. 2) The results of develop a program for displaying and controlling DC power supply through a web browser were found that the DC power supply can be controlled and display the voltage from a web browser in 4 voltage ranges is 3V, 5V, 8V, with an average error value of 4.92. % Compared to Analog Multimeter Brand SUNWA Model YX360TRF. 3) The results of the construction of a battery alarm system of the DC power supply through LINE application finds that the system can alert the battery to full and the battery is exhausted through the LINE application.

Keywords: DC power supply, Microcontroller Node MCU, Web browser.

บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องมีการทดลองตลอดจนถึงการทำวิจัยต่าง ๆ ที่ห้องปฏิบัติการทางอิเล็กทรอนิกส์นั้น เครื่องจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้ามีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากอุปกรณ์และวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ทุกวงจรต้องการไฟเลี้ยงในการทำงาน เครื่องจ่ายกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่นิยมใช้ในห้องทดลอง หรือห้องวิจัยโดยส่วนมากจะเป็นเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบเชิงเส้น โดยจะใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้เพื่อปรับเปลี่ยนค่าแรงดันอ้างอิงที่ใช้สร้างแรงดันเอาต์พุต โดยในการปรับแรงดันในแต่ละครั้ง แรงดันเอาต์พุตจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ยิ่งถ้าต้องการความละเอียดระดับมิลลิโวลต์แล้ว จะทำการปรับได้ยาก ในการทดลองหรือการวิจัยที่ต้องการความถูกต้องของค่าแรงดันเอาต์พุตสูง เพื่อจะทำให้ได้ค่าที่ต้องการตรวจสอบถูกต้องที่สุด หากเป็นการปรับที่ต้องการค่าที่เฉพาะเจาะจง จะปรับได้ยากและเสียเวลานาน อีกทั้งโวลต์มิเตอร์ที่ติดตั้งมากับตัวเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าจะเป็นแบบอนาล็อกและมีสเกลที่หยาบ ทำให้ไม่สามารถอ่านค่าได้อย่างละเอียด จำเป็นจะต้องนำมัลติมิเตอร์มาต่อวัดแรงดันเอาต์พุตก่อนทำการทดลอง ทำให้เกิดความล่าช้า และเสียเวลาในการทดลอง [1]

เนื่องจากปัจจุบันวิทยาการด้านการออกแบบวงจรสำหรับงานควบคุมมีความเจริญก้าวหน้าไปมาก ซึ่งได้เปลี่ยนจากการออกแบบด้วยการสร้างวงจรขนาดใหญ่ มาเป็นการโปรแกรมคำสั่งการทำงานลงในตัวไอซีเพื่อให้เกิดการทำงานแบบอัตโนมัติ และควบคุมได้ง่ายขึ้น ทำให้ปัจจุบันวงจรมีขนาดเล็กลงมาก ในขณะที่เดียวกันได้มีการใช้งานไอซีสำหรับงานควบคุมขนาดเล็กที่สามารถโปรแกรมคำสั่งตามความต้องการได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะใช้ในงานควบคุมต่างๆ เช่น ระบบควบคุมที่อยู่ในเครื่องซักผ้า หรือในจักรเย็บผ้าสมัยใหม่ การควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ การรับค่าเซนเซอร์ต่างๆ ระบบควบคุมการผลิตในโรงงานผลิตรถยนต์ และระบบควบคุมการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ [1] ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า หัวใจของระบบควบคุมจะต้องมีไมโครคอนโทรลเลอร์รวมอยู่เป็นองค์ประกอบ ดังนั้น ผู้วิจัยมีความสนใจพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพา แสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ตัวเครื่องมีขนาดเล็ก สะดวกต่อการใช้งาน แก้ปัญหาแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักมาก สามารถควบคุมแรงดันเอาต์พุตด้วยเว็บเบราว์เซอร์ มีระบบชาร์จไฟแบบไร้สาย แจ้งเตือนแบตเตอรี่หมดและแบตเตอรี่เต็มผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้สำหรับปฏิบัติการทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในห้องปฏิบัติการของหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ และสาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงใช้งานง่าย พกพาสะดวก สามารถเลือกแรงดันไฟฟ้าได้ทั้งจากตัวเครื่องและเว็บเบราว์เซอร์
- 1.2 เพื่อพัฒนาโปรแกรมแสดงผลและควบคุมแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเว็บเบราว์เซอร์
- 1.3 เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านแอปพลิเคชันไลน์

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้งานระบบควบคุมอัตโนมัติ คือการควบคุมอุปกรณ์ที่มีความต้องการกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าสูง [2] เช่น หลอดไฟ มอเตอร์ ขดลวดเคลื่อนที่ หรือโซลินอยด์ ในขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถขับ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าทางเอาต์พุตไม่สูง คือประมาณ +3 หรือ +5V 20mA ดังนั้นจึงต้องมีการเรียนรู้ถึงแนวทางในการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปขับอุปกรณ์ที่ต้องการพลังงานไฟฟ้าสูง อุปกรณ์ที่นิยมนำมาใช้ในการขับโหลดกระแสไฟฟ้าสูงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์คือรีเลย์ (Relay)

รีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์แรงดันและกระแสไฟฟ้าสูง [2] ใช้งานได้ทั้งกับโหลดไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าแบบหนึ่ง ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อหนึ่งชุดหรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับจำนวนหน้าสัมผัสที่ รีเลย์ตัวหนึ่งๆ บรรจุอยู่ รีเลย์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ และหน้าสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการ จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย จุดต่อ NC ย่อมาจาก Normal Close หมายความว่า หากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน จุดต่อ NO ย่อมาจาก Normal Open หมายความว่าปกติเปิดหรือหากยังไม่

จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิด-ปิด เช่น โคมไฟสนามหน้าบ้าน จุดต่อ C ย่อมาจากจาก Common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟบอร์ด Arduino NodeMCU V2 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดหนึ่งที่ใช้ชิปESP8266 [3] ในการประมวลผลโปรแกรมมีขนาดเล็กสามารถ เขียนโปรแกรมลงในหน่วยความจำ และเชื่อมต่อกับไวไฟ ได้การเขียนโปรแกรมใช้ โปรแกรม Arduino IDE ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ มีการเลือกรุ่น Arduino ที่ต่อ อยู่เพื่อ ตรวจสอบว่าขนาดของโปรแกรมที่เขียน หรือไลบรารี ต่างๆ ชับพอร์ตกับArduinoรุ่นนั้นๆ อีกทั้งยังมีโปรแกรมติดต่อผ่านซีเรียลโดยตรงสำหรับคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชันไลน์ที่มี ความสามารถในการสนทนา เช่น การส่งข้อความ การแชร์ไฟล์การสร้างกลุ่มพูดคุย หรือการแจ้งเตือนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้

ปัจจุบัน ระบบการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย (Wireless power transfer) [4] ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการศึกษาเพื่อที่จะนำมาประยุกต์ใช้งาน อาศัยหลักการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าด้วยสนามแม่เหล็กดังแสดงในเป็นหลักการดั้งเดิมที่ใช้ในหม้อแปลง ไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้หลักการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กกระยะใกล้ (Magnetic near field induction) [5] ซึ่งมี ขยายในปัจจุบัน (Qi standard) มีชื่อว่า Wireless Charging และมีชื่ออย่างเป็นทางการทางวิทยาศาสตร์ว่า Inductive Charging หลักการพื้นฐานของ Inductive Charging มีพื้นฐานเรื่อง แม่เหล็กไฟฟ้า [6] โดยสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าออกมา มีทิศเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์ (Faraday's law) หมายถึงขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวนำเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็ก กล่าวคือถ้าจ่ายไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดจะได้เป็นสนามแม่เหล็กออกมา ในทางตรงข้ามถ้าจ่ายสนามแม่เหล็กเข้าไปในพื้นที่ตรงกลาง ก็จะได้กระแสไฟฟ้าออกมา ดังนั้นในฝั่งของตัวรับที่ติดอยู่ที่ฝาหลังก็จะมีลักษณะเป็นขดลวดพันอยู่โดยรอบ โดยจำนวนรอบจะพันให้พอเหมาะเท่ากับอุปกรณ์ที่ต้องการ จากนั้นกระแสไฟฟ้าก็จะถูกส่งไปแปลงแรงดันให้คงที่ก่อนจะส่งเข้าไปชาร์จแบตเตอรี่โดยตรง

LINE Notify เป็นบริการของทาง LINE เป็นบริการและช่องทางที่สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนต่างๆ ไปยังบัญชีของผู้ใช้งานได้ [7] ผ่านการใช้ API ซึ่งเรียกผ่าน HTTP POST โดย LINE Notify สามารถส่งแจ้งเตือนได้เฉพาะผู้ที่ขอใช้ หรือกลุ่มที่ผู้ขอใช้เป็นสมาชิกเท่านั้น ไม่สามารถส่งข้อความเข้าห้องสนทนาของเพื่อนๆ ได้ หากต้องการให้สามารถส่งข้อความหาใครก็ได้ ต้องใช้ LINE Bot API แทน การใช้งานเริ่มจากการเพิ่ม LINE Notify เป็นเพื่อนก่อนที่จะใช้งาน API และส่งการแจ้งเตือนต้องเพิ่ม LINE Notify เป็นเพื่อนก่อนโดยสแกน QR Code

วิริยะ เรื่องชัยชาญ และ นันทิยา ชัยบุตร [8] ได้พัฒนาอุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติสำหรับระบบไฟฟ้าซึ่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับพื้นที่ที่ห่างไกลที่ไฟฟ้าเข้าถึงได้ยากหรือมีกำลังไฟฟ้าไม่เพียงพอความต้องการ โดยอุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัตินี้ ทำหน้าที่เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนหรือการไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้กับโหลดในระบบ โดยอุปกรณ์นี้ถูกพัฒนาขึ้นจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เรียกว่าอาร์ดูโน้ อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟอัตโนมัติที่น่าสนใจ ซึ่งการทำงานของอุปกรณ์อยู่บนสมมติฐานที่ว่ากำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนเป็นกำลังไฟฟ้าอันดับแรกที่ได้รับการพิจารณาก่อนในการจ่าย กำลังไฟฟ้าให้กับพื้นที่ และพิจารณาเลือกกำลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในกรณีที่กำลังไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนไม่เพียงพอ ต่อความต้องการของโหลดโดยเงื่อนไขของการเลือกใช้กำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าใดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดันไฟฟ้าของแต่ละแหล่งจ่ายไฟฟ้า กองพันอารีรักษ์ [9] ได้สร้างแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพกพาที่สามารถพกพาได้ไปใช้ในฟาร์ม เกษตร ทดแทนการใช้น้ำมัน

เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งชุดแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพวกนี้ก็จะประกอบไปด้วย เครื่องควบคุมการประจุ แบตเตอรี่ และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า นำมาสร้างเป็นชุดกล่องสำเร็จรูปที่ สามารถพกพาได้อย่างสะดวก โดยถ้าวันที่มีแดดจัดผู้ใช้สามารถประจุไฟให้กับแบตเตอรี่โดยใช้แหล่ง พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เครื่องควบคุมการประจุกล่องควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์ ประสิทธิภาพสูงสำหรับแปลงเกษตรกรรม

ชะห้ลัน เหมสามี้ และ รุสลัน หะมะ[10] ได้พัฒนาระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยในห้องเซิร์ฟเวอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อแจ้งเตือนความปลอดภัยต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายใน ห้องเซิร์ฟเวอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์เพื่ออำนวยความสะดวก ในการแจ้งเตือนสิ่งผิดปกติต่าง ๆ อาทิ เช่น เมื่อมีเหตุการณ์ไฟดับภายในห้องเซิร์ฟเวอร์หรืออุณหภูมิภายในห้องมีความผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนให้กับผู้ดูแลผ่านแอปพลิเคชันไลน์ให้ทราบทันทีโดยจะทำงานบนสมาร์ตโฟนที่สั่งการผ่าน บอร์ดอาดูโน่ ใช้ภาษา C++ ในการพัฒนาโดยเขียนผ่านซอฟต์แวร์ที่มีชื่อว่า Arduino IDE1.6.12 และ เซนเซอร์ต่าง ๆ ได้แก่ DHT-22 เพื่อรับค่าของอุณหภูมิและความชื้น MQ-2 เพื่อรับค่าของควัน และ Adapter เพื่อวัดสถานะของไฟฟ้า เพื่อที่จะได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

1.1 ชุดประกอบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU V.2 ทำงานร่วมกับรีเลย์ในการรับสัญญาณควบคุมการใช้งานจ่ายแรงดันเอาต์พุตย่านต่างๆ จากแบตเตอรี่ด้วยวงจรเรียงกระแส ผ่านปุ่มกด ซึ่งแบตเตอรี่เชื่อมต่อกับโมดูลชาร์จ์ไร้สาย จอ OLED แสดงปริมาณแรงดันเอาต์พุตที่ตัวเครื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้า มีเซนเซอร์ที่วัดปริมาณกระแส และแรงดันไฟฟ้า

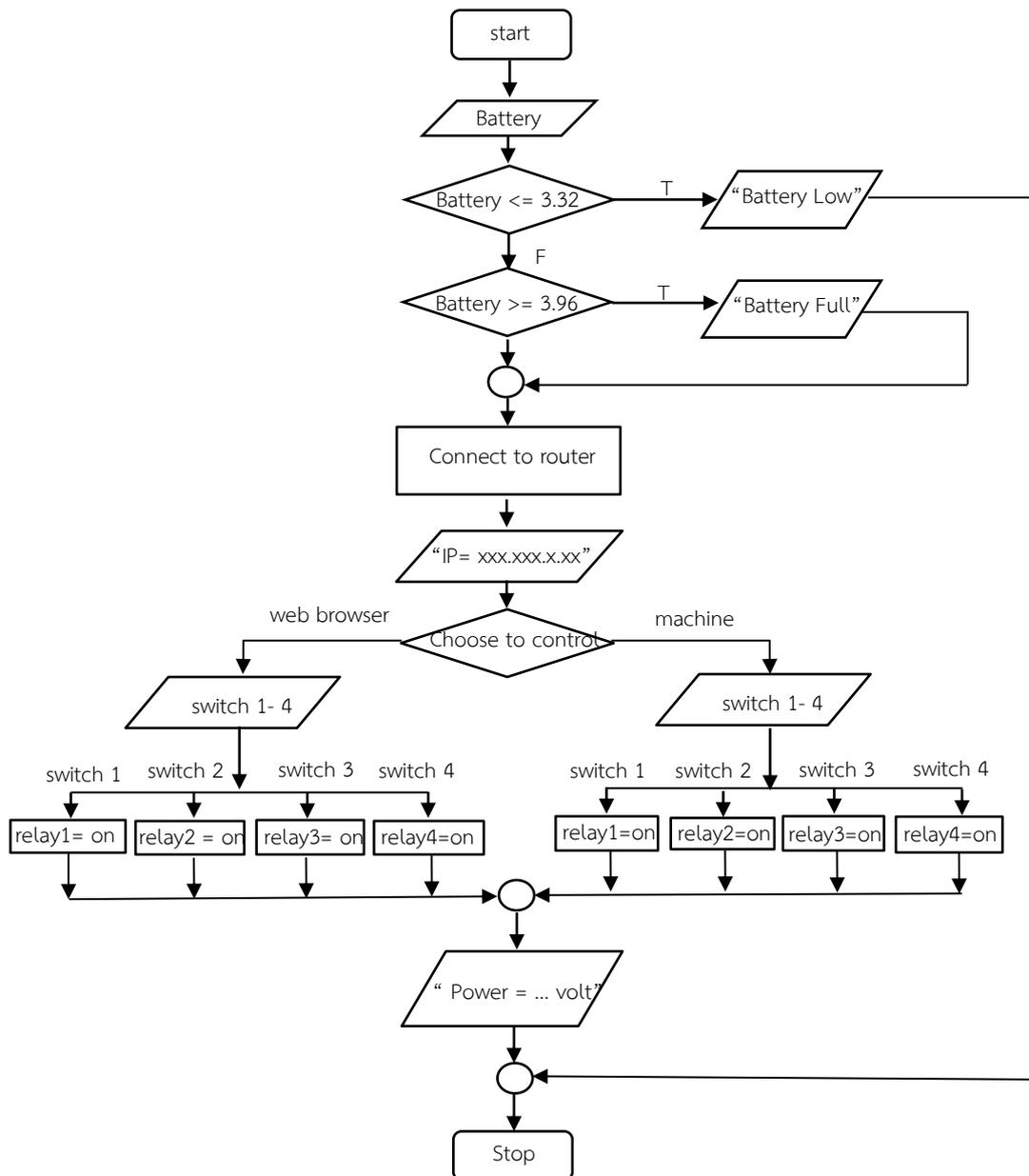
1.2 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างชุดประกอบแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงกับเว็บเบราว์เซอร์และแอปพลิเคชันไลน์ได้แก่ โปรแกรม Arduino IDE ภาษาซี (C/C++) ร่วมกับภาษา HTML ในการพัฒนาโค้ดโปรแกรมฝังลงในบอร์ด Node MCU V.2 เพื่อควบคุมการทำงานของรีเลย์และแบตเตอรี่ในการส่งแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจากปุ่มกดภายในตัวเครื่องและเว็บเบราว์เซอร์โดยใช้ Node MCU V.2 ตั้งค่าเป็น web server และส่งสัญญาณ Wi-Fi เชื่อมต่อระหว่างเราท์เตอร์กับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชันไลน์ในการส่งข้อความแจ้งเตือนแบตเตอรี่เต็มและแบตเตอรี่หมด

1.3 แบบประเมินประสิทธิภาพแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพา แสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.90

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ประเมินความเหมาะสมของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพา แสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ คือ อาจารย์ผู้สอน หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ และสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

3.3 ออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพา แสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ดังนี้



ภาพที่ 2 การออกแบบโปรแกรมควบคุมและแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้า

3.4 ทดสอบการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพา แสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการควบคุมแรงดันเอาต์พุตจากย่านตามกำหนดทั้งสวิตซ์จากตัวเครื่องและการควบคุมผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ว่าได้ผลการทำงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้หรือไม่

3.5 ทดสอบการใช้งานจริงแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพา แสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยอาจารย์ผู้สอนหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ และ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 10 คน

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าสถิติ (Dependent t-test) โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมินดังนี้ [11]

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

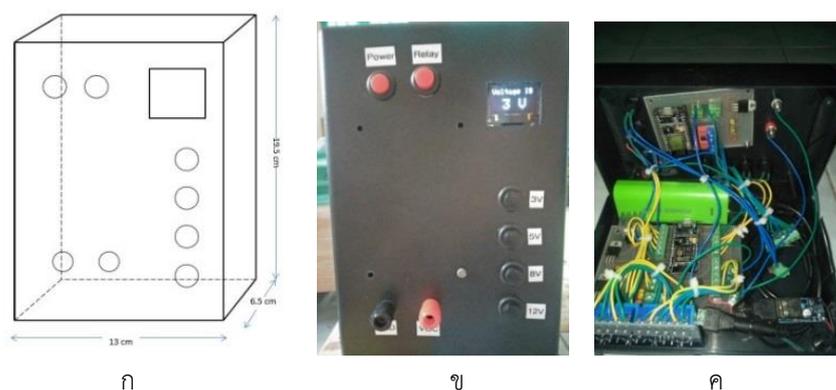
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. การสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงใช้งานง่าย พกพาสะดวก สามารถเลือกแรงดันไฟฟ้าได้ทั้งจากตัวเครื่องและเว็บเบราว์เซอร์ พบว่า แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพาสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าจากตัวเครื่องด้วยปุ่มกดและบนเว็บเบราว์เซอร์ เลือกย่านแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตซึ่งเชื่อมต่อกับวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า (Regulator) ได้ 4 ย่านได้แก่ 3V 5V 8V และ 12V ต่อกับแบตเตอรี่เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าตามย่านที่เลือก ซึ่งมีวงจรเรียงกระแสทำหน้าที่ควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้ออกเพียง 1 ช่องสัญญาณ แสดงดังภาพที่

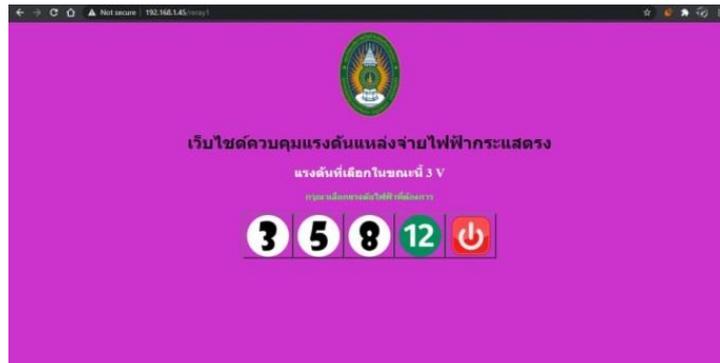


ภาพที่ 3 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพา

จากภาพที่ 3 ก โครงร่างขนาดกล่องจัดเก็บวงจร ข.กล่องจัดเก็บอุปกรณ์ และ ค.การเชื่อมต่อวงจรภายในกล่อง ในส่วนของตัวกล่องบรรจุวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าและวงจรควบคุมการแจ้งเตือนแบตเตอรี่แจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ผู้วิจัยใช้กล่องพลาสติกขนาด 6.5 x 13 x 19.5 cm พร้อมช่องสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมและแสดงผลแรงดันเอาต์พุต ประกอบด้วยจอ OLED แสดงหมายเลข IP เพื่อเข้าใช้งานเว็บเบราว์เซอร์ เมื่อมีการเลือกย่าน

แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต จอ OLED จะแสดงค่าแรงดันเอาต์พุตตามย่านที่เลือก ปุ่มกดจำนวน 6 ปุ่มได้แก่ ปุ่มกด 4 ปุ่ม สำหรับเลือกย่านแรงดันเอาต์พุต ปุ่มกด เปิด-ปิดเครื่อง และปุ่ม reset

2. การสร้างโปรแกรมแสดงผลและควบคุมแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเว็บเบราว์เซอร์ พบว่า สามารถควบคุมและแสดงผลแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจากเว็บเบราว์เซอร์ 4 ย่านแรงดัน ได้แก่ 3V 5V 8V และ 12V



ภาพที่ 4 หน้าเว็บเบราว์เซอร์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต

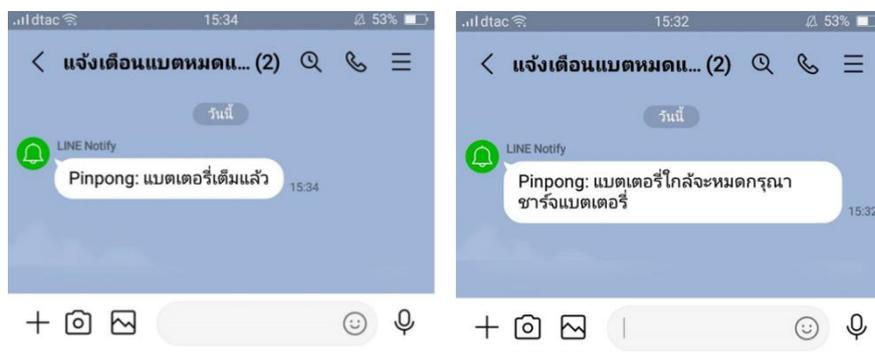
จากภาพที่ 4 การออกแบบโปรแกรมควบคุมและแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้า ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยผู้ใช้สามารถเข้าเว็บเบราว์เซอร์เพื่อควบคุมและดูผลแรงดันเอาต์พุตได้จากหมายเลข IP ที่หน้าจอ OLED ที่ติดตั้งไว้ในตัวเครื่อง จากนั้นผู้ใช้งานสามารถเลือกการควบคุมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตบนเว็บเบราว์เซอร์ ด้วยสวิตช์ 4 ค่า ได้แก่ 3V 5V 8V และ 12V ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เลือกแสดงผลบนหน้าจอ OLED และเว็บเบราว์เซอร์เพื่อใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือโหลด

ตารางที่ 1 ผลควบคุมและแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ผ่านจอ OLED และเว็บเบราว์เซอร์เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดจากอนาล็อกมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ SUNWA รุ่น YX360TRF ทดสอบการใช้งาน โดยอาจารย์ผู้สอนหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ และสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 10 ท่าน โดยแต่ท่านทดสอบท่านละ 10 ครั้ง ได้ผลแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเฉลี่ย ดังตาราง

ปุ่มปรับเลือกแรงดันไฟฟ้าที่ระบุในตัวเครื่องและเว็บเบราว์เซอร์	แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้จากอนาล็อกมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ SUNWA รุ่น YX360TRF (V)			
	เว็บเบราว์เซอร์	% ความแตกต่าง	ตัวเครื่องแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า	% ความแตกต่าง
3 V	3.04	1.3	3.04	1.3
5 V	4.72	5.6	4.72	5.6
8 V	7.74	3.3	7.74	3.3
12 V	10.86	9.5	10.86	9.5

จากตารางที่ 1 ผลการควบคุมและแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ผ่านจอ OLED และเว็บเบราว์เซอร์เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดจากอนาล็อกมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ SUNWA รุ่น YX360TRF พบว่า การควบคุมแรงดันไฟฟ้าจากเว็บเบราว์เซอร์และปุ่มกดที่ตัวเครื่องจะให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตมีค่าเท่ากัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับแรงดันเอาต์พุตจริงที่วัดได้จากอนาล็อกมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ SUNWA รุ่น YX360TRF (V) มีความแตกต่างเฉลี่ย 4.92%

3.การสร้างระบบแจ้งเตือนแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านแอปพลิเคชันไลน์ สามารถสร้างระบบแจ้งเตือน พบว่า ระบบสามารถการแจ้งเตือนข้อความสถานะแบตเตอรี่ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ดังภาพ



ภาพที่ 5 การแจ้งเตือนข้อความสถานะแบตเตอรี่ผ่านแอปพลิเคชันไลน์

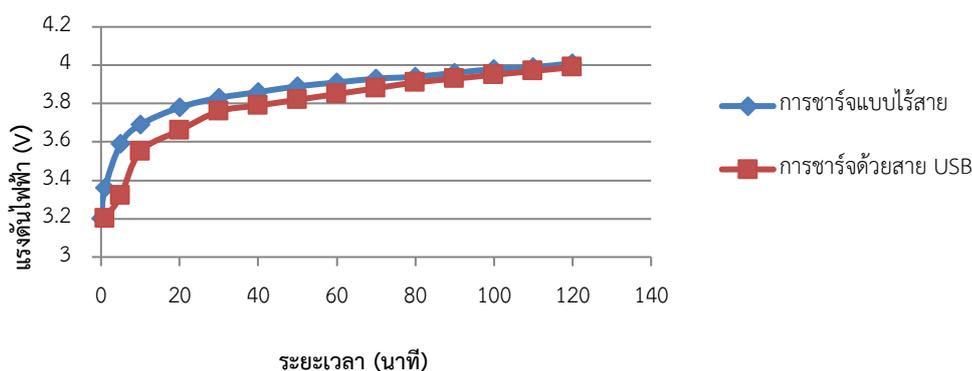
จากภาพที่ 5 การแจ้งเตือนข้อความสถานะแบตเตอรี่ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ พบว่า ระบบจะทำการตรวจสอบปริมาณแบตเตอรี่อัตโนมัติด้วยเซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ติดตั้งในระบบ ซึ่งจะส่งข้อความแจ้งเตือนแบตเตอรี่ใกล้หมดเมื่อระบบตรวจสอบปริมาณแบตเตอรี่คงเหลือเท่ากับ 3.32 โวลต์ และจะส่งข้อความแจ้งเตือนแบตเตอรี่เต็มเมื่อตรวจสอบพบปริมาณแบตเตอรี่ที่แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 3.96 โวลต์

ตารางที่ 2 ระดับแรงดันไฟฟ้าการทำงานของเครื่องแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า และการแจ้งเตือนปริมาณแบตเตอรี่เต็มแบตเตอรี่หมดผ่านแอปพลิเคชัน LINE

ระดับแรงดันไฟฟ้า (V)	การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE		สถานะการทำงานของ เครื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้า
	แจ้งเตือนแบตเตอรี่หมด	แจ้งเตือนแบตเตอรี่เต็ม	
4.01	✘	✓	ทำงาน
3.96	✘	✓	ทำงาน
3.92	✘	✘	ทำงาน
3.58	✘	✘	ทำงาน
3.35	✓	✘	ทำงาน
3.32	✓	✘	ทำงาน
3.20	✘	✘	ไม่ทำงาน

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า และการแจ้งเตือนปริมาณแบตเตอรี่เต็ม แบตเตอรี่หมดผ่านแอปพลิเคชัน LINE พบว่า สามารถแจ้งเตือนแบตเตอรี่เต็มเมื่อมีระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 3.96V , 4.01 V และสามารถแจ้งเตือนแบตเตอรี่หมดเมื่อมีระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 3.32V, 3.35 V โดย ระดับแรงดันไฟฟ้าที่เครื่องแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าสามารถทำงานได้อยู่ในช่วงระหว่าง 3.32 - 4.01 V

นอกจากนี้ ระยะเวลาการประจุแบตเตอรี่ผ่านสาย USB เปรียบเทียบกับระยะเวลาการประจุแบตเตอรี่จากแท่นประจุแบตเตอรี่แบบไร้สาย โดยใช้แบตเตอรี่ ขนาด 4 V 1 A 3000 mAh



ภาพที่ 6 ระยะเวลาการประจุแบตเตอรี่ผ่านสาย USB เปรียบเทียบกับระยะเวลาการประจุแบตเตอรี่จากแท่นประจุแบตเตอรี่แบบไร้สาย โดยใช้แบตเตอรี่ ขนาด 4 V 1 A 3000 mAh

จากภาพที่ 6 ผลการทดสอบระยะเวลาการประจุแบตเตอรี่ผ่านสาย USB เปรียบเทียบกับระยะเวลาการประจุแบตเตอรี่จากแท่นประจุแบตเตอรี่แบบไร้สาย โดยใช้แบตเตอรี่ ขนาด 4 V 1 A 3000 mAh พบว่าการประจุแบตเตอรี่จากแท่นประจุแบบไร้สายใช้เวลาในการประจุแบตเตอรี่น้อยกว่าการประจุแบตเตอรี่ผ่านสาย USB โดยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเฉลี่ย 0.58

4.ผลประเมินความเหมาะสมของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพา แสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ผู้วิจัยได้ทดสอบใช้งานจริงและประเมินผลกับกลุ่มเป้าหมายได้แก่ อาจารย์ผู้สอนหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ และสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา จำนวน 10 คน เพื่อประเมินความเหมาะสม แบ่งเป็น 4 ด้าน คือ 1) การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 2) การออกแบบเว็บเบราว์เซอร์ในการควบคุมและแสดงผลแรงดันเอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 3) ประสิทธิภาพการใช้งานของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 4) ประสิทธิภาพการใช้งานของระบบชาร์จแบตเตอรี่ จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผลดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการประเมินการทดสอบใช้งานและประเมินผลกับกลุ่มเป้าหมาย

รายการ	\bar{x}	SD	ระดับความคิดเห็น
1.การออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	4.52	0.34	มาก
2.การออกแบบเว็บเบราว์เซอร์ในการควบคุมและแสดงผลแรงดันเอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	3.70	0.22	มาก
3.ประสิทธิภาพการใช้งานของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	4.41	0.13	มาก
4.ประสิทธิภาพการใช้งานของระบบชาร์จแบตเตอรี่	4.23	0.11	มาก

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินการทดสอบใช้งานและประเมินผลกับกลุ่มเป้าหมาย พบว่า ความเหมาะสมการใช้งานทั้ง 4 ด้าน มีผลการประเมินอยู่ในระดับมาก ผลการประเมินด้านการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($X = 4.50$, $SD = 0.34$) รองลงมาคือ ประสิทธิภาพการใช้งานของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ($X = 4.40$, $SD = 0.13$) ผลการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของระบบชาร์จแบตเตอรี่อยู่ในระดับมาก ($X = 4.20$, $SD = 0.11$) และด้านการออกแบบเว็บเบราว์เซอร์ในการควบคุมและแสดงผลแรงดันเอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ($X = 3.70$, $SD = 0.22$)

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการการพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพาแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ พบว่าสามารถปรับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตได้ 4 ย่านได้แก่ 3V , 5V, 8V ,12V มี 2 รูปแบบ ด้วยปุ่มกดจากตัวเครื่องแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ซึ่งแรงดันเอาต์พุตจริง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากอนาล็อกมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ SUNWA รุ่น YX360TRF มีค่าความแตกต่างเฉลี่ย 4.92% โดยปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าของวงจรภายในเครื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดเท่ากับ 0.2 A จำนวน 4 ช่องสัญญาณ สอดคล้องกับงานวิจัยของวีริยะ เรื่องชัชชาญ และ นันทิยา ชัยบุตร [8] ที่สามารถสร้างอุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติจากไมโครคอนโทรลเลอร์ได้

2. ผลการพัฒนาโปรแกรมแสดงผลและควบคุมแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านเว็บเบราว์เซอร์ พบว่าโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ที่สร้างในครั้งนี้อาจควบคุมการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพาโดยทำงานร่วมกับตัวเครื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามารถควบคุมปรับแรงดันไฟฟ้าจากเว็บเบราว์เซอร์ได้ 4 ย่านได้แก่ 3V , 5V, 8V ,12V โดยแรงดันเอาต์พุตจริงเมื่อเปรียบเทียบกับแรงดันเอาต์พุตที่กดจากตัวเครื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีขนาดเท่ากัน และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากอนาล็อกมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ SUNWA รุ่น YX360TRF มีค่าความแตกต่างเฉลี่ย 4.92% สอดคล้องกับ [8] ที่สามารถสร้างอุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยโครงการวิจัยในครั้งนี้นำผู้วิจัยได้เพิ่มเขียนโปรแกรมควบคุมและการแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการที่มีผู้ใช้หลายคน

3. ผลการพัฒนาระบบแจ้งเตือนแบตเตอรี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านแอปพลิเคชันไลน์ พบว่า ระบบประจุแบตเตอรี่แบบไร้สายใช้เวลาน้อยกว่าการประจุแบตเตอรี่ผ่านสาย USB โดยใช้เวลาประจุแบตเตอรี่เต็มเท่ากับ 2 ชั่วโมง สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนปริมาณแบตเตอรี่ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้ สอดคล้องกับ งานวิจัยของ ชะห์ ลัน เทสามี และ รุสลัน หะมะ [10] ได้พัฒนาระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยในห้องเวิร์กผ่านแอปพลิเคชันไลน์

ข้อเสนอแนะ

1. แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตในงานวิจัยนี้ มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากมีวงจรเรียงกระแสที่ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตให้ออกเพียง 1 ช่องสัญญาณ ซึ่งควรออกแบบขนาดแรงดันไฟฟ้าอินพุตหรือแบตเตอรี่ให้มีแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 12 V เพื่อให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าตามกำหนด

2. ระบบประจุแบตเตอรี่ในงานวิจัยนี้เป็นโมดูลชาร์จ และแท่นชาร์จแบบไร้สายสำเร็จรูปซึ่งมีอัตราการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าขนาด 5V 1A ควรพัฒนาระบบชาร์จแบตเตอรี่ให้มีขนาดการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงดิจิทัลปรับค่าได้แบบพกพาแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] จิราวัฒน์ ทานูชิต และ ณัฐพล วงศ์จันทร์. (2554). *การพัฒนาเครื่องจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบ 2 ช่องสัญญาณที่ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์*. ปรียญานิพนธ์สาขาวิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [2] ทันทพงษ์ ภูริรักษ์. *การขับโหลดไฟฟ้ากระแสสูงและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกด้วย Arduino*. เอกสารประกอบการสอนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น.
- [3] Pradeep, S.(2016).NodeMCU Pinout. Retrieved 15 December 2018. from <https://iotbytes.wordpress.com/nodemcu-pinout/>
- [4] อธิพงษ์ เลิศวิริยะประภา กิตติศักดิ์แพบัว และ ตฤพล รัตนรุ่งงาม. (2559). *ระบบชาร์จแบตเตอรี่ไร้สายสำหรับอุปกรณ์พกพาขนาดเล็กทางด้านการทหาร*. โครงการวิจัยทุนพัฒนาศักยภาพนักวิจัยด้านยุทธโปกรณ์เพื่อเพิ่มศักยภาพของกองทัพ และการป้องกันประเทศ
- [5] C.-G. Kim, D.-H. Seo, J.-S. You, J.-H. Park, and B. H. Cho.(2001).*Design of a contactless battery charger for cellular phone*. IEEE Transactions on Industrial Electronics., vol. 48, no. 6, pp. 1238–1247.
- [6] อิชชัย ตระกูลเลิศยศ (2559) .*Wireless Charging : ไม่มีสาย แล้วจะชาร์จได้อย่างไร* .สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2563 จาก <https://www.scimath.org/article-physics/item/4838-wireless-charging>
- [7] www.ioxhop.com.(2560). *ESP8266 / ESP8285 กับการส่งการแจ้งเตือนเข้า LINE*.สืบค้นเมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2563. จาก <http://www.ioxhop.com/article/47/esp8266-esp8285-กับการส่งการแจ้งเตือนเข้า-line>
- [8] วิริยะ เรืองชัยชาญ และ นันทิยา ชัยบุตร.(2558).*อุปกรณ์เลือกแหล่งจ่ายไฟฟ้าอัตโนมัติโดยบอร์ดอาร์ดูโน*. สภาคณสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี.4(2):33-41.
- [9] กองพัน อารีรักษ์.(2560).*แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าพกพา*.รายงานการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2560.
- [10] ชะห์สัน เหมสามี และ รุสลัน หะมะ.(2560).*ระบบแจ้งเตือนความปลอดภัยในห้องเซิร์ฟเวอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์*.โครงการงานหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ โปรแกรมวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- [11] นพพร ธนะชัยขันธ.(2555).*สถิติเบื้องต้นสำหรับการวิจัย(พิมพ์ครั้งที่ 3)*.กรุงเทพฯ : วิทยพัฒนา.
- [12] ปรีชา รักษาพล.(2558).*ระบบตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้าผ่านระบบเครือข่าย*.สารนิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครือข่าย คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.