

แบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียนด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

Energy Conservation in the Classroom Model by using MCS-51 Microcontroller

ปกรณ์ สุนทรเมธ^{1*}, ขนิษฐา หอมจันทร์², ประพันธ์ ณีรัตน์³ และ พงศธร ทะภูมินทร์⁴
Pakorn Suntornmeth^{1*}, Kanitha Homjun², Prapun Neerut³ and Pongsatorn Tapumin⁴

^{1,2} สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

^{3,4} สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

^{1,2} Department of Information Technology, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna

^{3,4} Department of Computer Technology, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author e-mail: pakorns@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์และเพื่อเป็นการอนุรักษ์พลังงาน โดยควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียน ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วนักศึกษามักจะลืมตรวจสอบการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าก่อนออกจากห้องเรียน เช่น พัดลม เครื่องปรับอากาศ และไฟส่องสว่างภายในห้อง เป็นต้น จึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทแอร์หรือพัดลมอาจจะไม่สัมพันธ์กับจำนวนนักศึกษาที่อยู่ในห้อง จากสาเหตุข้างต้นผู้วิจัยจึงได้สร้างแบบจำลองเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้อง โดยใช้เซ็นเซอร์อินฟราเรด (IR Sensor) เพื่อตรวจจับการเข้าออกประตูของผู้ใช้ห้องเรียนและเปิด/ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าให้สัมพันธ์กับจำนวนคนภายในห้องร่วมกับควบคุมอุณหภูมิภายในห้องเรียน โดยใช้บอร์ด Microcontroller MCS-51 ควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องเรียน ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 98 ทั้งยังสามารถลดภาระของอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า และลดการสูญเปล่าของพลังงาน

คำสำคัญ: ไมโครคอนโทรลเลอร์, เซ็นเซอร์อินฟราเรด, การอนุรักษ์พลังงาน

Abstract

This research purpose aims to reduce energy consumption and conservative energy by control power turn on/off electrical device such as electronic fan, air conditioner and light that leave unattended in the classroom. From this problem, researcher develop energy conservation model to control electronic device in the class room by using infrared sensor to detect number of people in/out through the door and turn on/off electronic device that related to number of people and temperature in class room by using MCS-51 microcontroller board. The result show that the developing model that incorporated with MCS-51 microcontroller can turn on/off electrical device follow the assigned condition of temperature and number of student that stayed inside the classroom correctly within 98 percent.

Keywords: Microcontroller, IR sensor, Energy Conservation

บทนำ

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานในช่วงไตรมาสแรกของปี 2558 มีปริมาณ 19,721 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ

4.1 คิดเป็นมูลค่ากว่า 245,753 ล้านบาท การใช้พลังงานยังคงเพิ่มขึ้น ตามการเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยที่น้ำมันสำเร็จรูปยังคงเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48.6 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมา ประกอบด้วย ไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม พลังงานหมุนเวียนถ่านหิน/ ลิกไนต์ และก๊าซธรรมชาติคิดเป็น ร้อยละ 18.2 11.5 8.0 7.7 และ 6.0 ตามลำดับ พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญ ในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยพื้นฐานการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ในปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานภายในประเทศ ได้ขยายตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ท่ามกลางปัญหาทางเศรษฐกิจ จึงก่อให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรงที่ไม่อาจปฏิเสธได้ในหลายองค์การทั้งภาครัฐและเอกชนจึงเร่งหามาตรการ เพื่อช่วยบรรเทาผลกระทบทางด้านพลังงานที่เกิดขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ร่วมมือกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [1] เพื่อร่วมเป็นส่วนหนึ่งในองค์กรประหยัดพลังงาน โดยมุ่งเน้นไปที่ระบบแสงสว่างภายในมหาวิทยาลัยโดยเปลี่ยนเป็นหลอดประหยัดพลังงาน LED และการเปลี่ยนเป็นเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องปรับอากาศเดิมที่มีประสิทธิภาพต่ำ นอกจากการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว การอนุรักษ์พลังงานเป็นสิ่งที่ทุกคนในสังคมสามารถมีส่วนร่วมได้ แต่ต้องอาศัยการสร้างแหล่งความรู้ ช่องทางการถ่ายทอด และการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ ดังนั้น คณะผู้วิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้อนุรักษ์พลังงานในห้องเรียน เพื่อหาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียน โดยการนับจำนวนคนเข้า-ออก การวัดอุณหภูมิภายใน

ห้องเรียน เพื่อให้ทำการควบคุมการเปิด-ปิด ไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ พัดลม โดยใช้ระบบอัตโนมัติ เพื่อลดภาระของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า และลดการสูญเสียของพลังงาน เมื่อไม่มีผู้ใช้งานได้

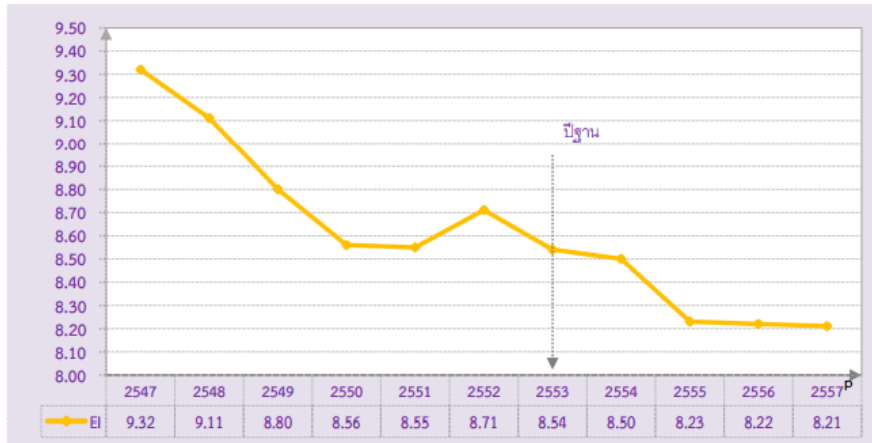
วัตถุประสงค์

1. เพื่อควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียน
2. เพื่อลดภาระของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้พลังงาน กรณีที่ไม่มีผู้ใช้

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีที่สัมพันธ์กับแบบจำลองเทคโนโลยีในการอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียน พบว่า กลุ่มสถิติข้อมูลพลังงาน ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2558)[2] ได้สรุปสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยเดือนมกราคม 2558 ว่า ประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอันดับที่สองรองจากพลังงานน้ำมันสำเร็จรูป โดยเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 0.6

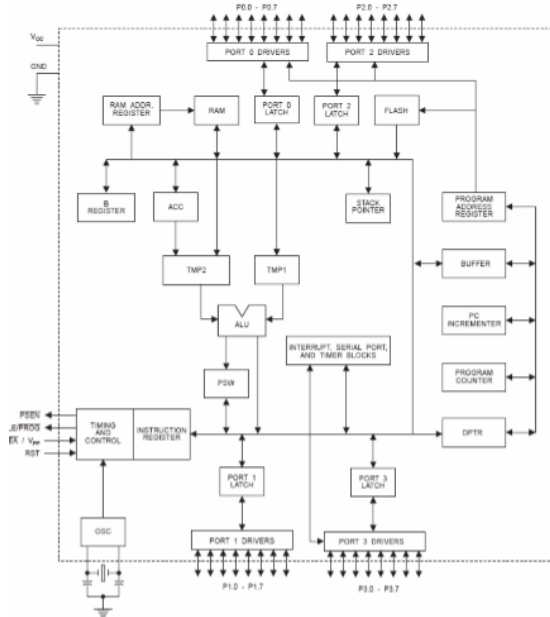
สถานการณ์การอนุรักษ์พลังงาน จากการที่ภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยได้จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573) มีเป้าหมายที่จะลดความเข้มการใช้พลังงาน (energy intensity) ลงร้อยละ 25 ในปี 2573 จากปี 2553 ซึ่งได้ให้การสนับสนุนด้านการเงินในการดำเนินโครงการด้านอนุรักษ์พลังงานทดแทนตลอดจน การศึกษา วิจัย การสร้างความรู้ ความเข้าใจ การฝึกอบรม ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน ได้ส่งผลโดยรวมต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศ โดยดัชนีประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศ (Energy Intensity) ใน ปี พ.ศ. 2557 ลดลงร้อยละ 2.4 จากปี พ.ศ. 2553 ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟแสดงสถานการณ์การอนุรักษ์พลังงาน

ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง (2550)[3] ได้กล่าวถึง ไมโครคอนโทรลเลอร์ คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เหมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความสามารถในการทำงานมากขึ้น โดยเราสามารถเปลี่ยนแปลงลำดับการทำงานได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรมภายในหน่วยความจำ ทำให้เราสามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้ารอบตัว

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุลและชัยวัฒน์ ลีมพรจิตร วิไล(2548)[4] ได้กล่าวถึงโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโครงสร้างและสถาปัตยกรรมที่มีความคล้ายกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตระกูล MCS-51 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 4 กิโลไบต์ มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ขาสัญญาณมีจำนวน 40 ขา มีโครงสร้างพื้นฐานแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51

วงจรรีเซต สำหรับการตั้งค่าเริ่มต้นให้กับ
แบบจำลองการรีเซตของวงจรมโครคอนโทรลเลอร์
จะต้องป้อนสัญญาณลอจิก “1” เข้าที่ขา Reset
นานไม่ต่ำกว่า 2 แมกซ์ซีไฮเคิล โดยที่ 1 แมกซ์ซี
ไฮเคิลจะใช้เวลา 1 คาบเวลา ดังนั้นจึงสามารถ
คำนวณหาค่าเวลาของแมกซ์ซีไฮเคิลได้จาก

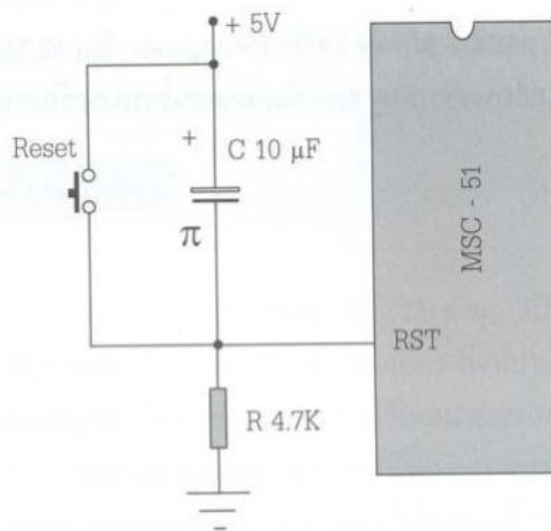
1 คาบเวลา = 1 / ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา

กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ความถี่ของ
สัญญาณนาฬิกาเท่ากับ 12 MHz

ดังนั้น 1 คาบเวลา = $1 / 12 \times 10^6 =$
 $0.08333 \mu\text{sec}$

และ 1 แมกซ์ซีไฮเคิล = $12 \times$ คาบเวลา = $12 \times$
 $0.08333 = 1 \mu\text{sec}$

ดังนั้น 2 แมกซ์ซีไฮเคิล = $2 \times 1 = 2 \mu\text{sec}$
ดังนั้น ในการออกแบบวงจรรีเซตจะต้องให้วงจรค้าง
สถานะเป็นลอจิก “ 1 ” ไม่น้อยกว่า $2 \mu\text{sec}$ ดัง
ภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วงจรรีเซต

ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820 เป็นไอซี
ตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้การติดต่อแบบระบบบัส 1 สาย
มีขาต่อใช้ งานเพียง 3 ขา คือ DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับ
ระบบบัส ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอก ขากราวด์ หัวใจ
สำคัญของ DS1820 อยู่ที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิและ
หน่วยความจำความเร็วสูง ที่เรียกว่า สแครตช์แพด
(Scratchpad) ซึ่งมีขนาด 9 ไบต์

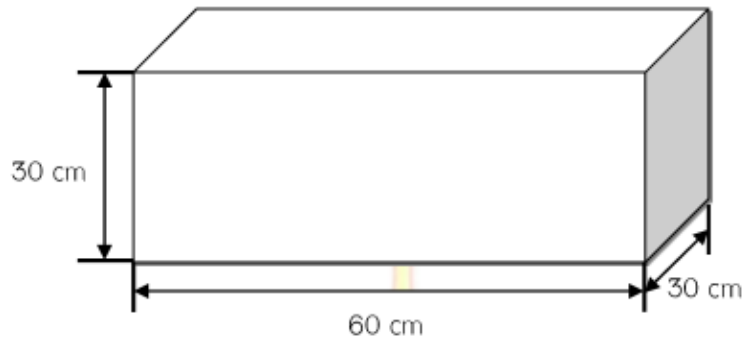
Infrared (IR) คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความ
ถี่อยู่ในช่วง 1,011 – 1,014 เฮิร์ตซ์ หรือความ
ยาวคลื่น 10⁻³-10⁻⁶ เมตร เรียกว่า รังสีอินฟราเรด
หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า คลื่นความถี่สั้น
(Millimeter waves) ซึ่งจะมีย่านความถี่คาบ

เกี่ยวกับย่านความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ วัตถุร้อนจะ
แผ่รังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 10⁻⁴
เมตร ออกมา หรือ ก็คือแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำ
มากกว่าแสงสีแดง ดังนั้นจึงไม่สามารถ มองเห็นได้
ด้วยสายตาของมนุษย์ แต่ประสาทสัมผัสทางผิวหนัง
ของมนุษย์สามารถรับรังสีอินฟราเรดได้

วีระพงศ์ จันทร์สังข์ (2556)[5] ได้ศึกษา
โครงการชุดช่วยประหยัดไฟฟ้าในบ้าน หลักการ
ทำงานของวงจรคือเมื่อมีคนเดินผ่านชุดเซนเซอร์ PIR
จะมีพัลส์ลูกเล็กๆเกิดขึ้น เนื่องมาจากตัว PIR จะทำ
การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของรังสีอินฟราเรดที่
แผ่ออกมาจากตัวของคน ในขณะที่มีการเคลื่อนไหว

โดยผลการวิจัยพบว่าชุดประหยัดไฟฟ้าในบ้านสามารถใช้งานได้จริง เมื่อสืมปิดไฟภายในบ้านทั้งยังสามารถช่วยให้ประหยัดค่าไฟฟ้าและยังนำไปประยุกต์ใช้งานด้านความปลอดภัยได้

วิธีการวิจัย



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะและรูปแบบจำลองห้องเรียน

2. วิธีการศึกษา

2.1 ติดตั้งเซนเซอร์อินฟราเรด บริเวณประตูทางเข้า-ออก โดยแบ่งเป็นประตูเข้าออกอย่างละ 1 ประตู เพื่อนับจำนวนคนเข้าออกห้องเรียน ดังรูปที่ 5 อธิบายได้ ดังนี้

ประตูเข้า

นำชุดรับส่งเซนเซอร์อินฟราเรดชุดที่ 1 ประกอบด้วยตัวส่งอินฟราเรดตัวที่ 1 (IR S1) และตัวรับ อินฟราเรดตัวที่ 1 (IR R1) ในช่องทางเข้า โดย

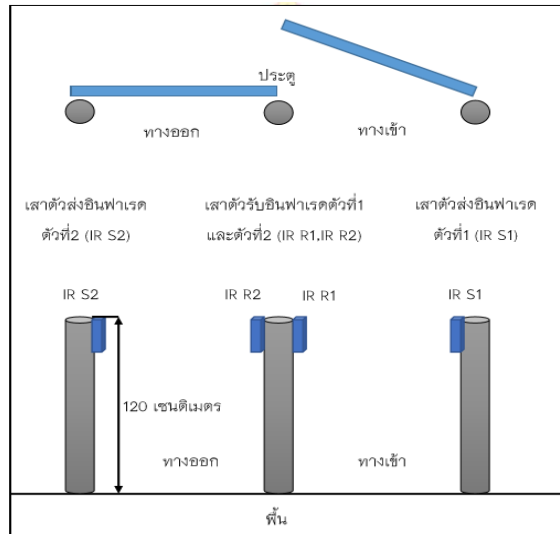
1. วัสดุอุปกรณ์

แบบจำลองห้องเรียน สร้างจากไม้อัดหนา 2 แผ่น แผ่นอะคริลิกใสหนา ภายในห้องประกอบด้วย โมเดลโต๊ะ เก้าอี้ เตินสายไฟฟ้า ติดตั้งหลอดไฟ (จำลองหลอดไฟเป็นพัดลม และเครื่องปรับอากาศ) เบรกเกอร์ และตู้เหล็กไฟฟ้า เซนเซอร์อินฟราเรด และชุดตรวจจับอุณหภูมิ ดังแสดงในภาพที่ 4

ติดตั้งสูงจากพื้น 120 เซนติเมตรและตัวรับ - ตัว ส่งห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร แต่ไม่เกิน 8 เมตร

ประตูออก

นำชุดรับส่งเซนเซอร์อินฟราเรดชุดที่ 2 ประกอบด้วยตัวส่งอินฟราเรดตัวที่ 2 (IR S2) และตัวรับ อินฟราเรดตัวที่ 2 (IR R2) ในช่องทางออก โดยติดตั้งสูงจากพื้น 120 เซนติเมตรและตัวรับ - ตัวส่งห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร แต่ไม่เกิน 8 เมตร

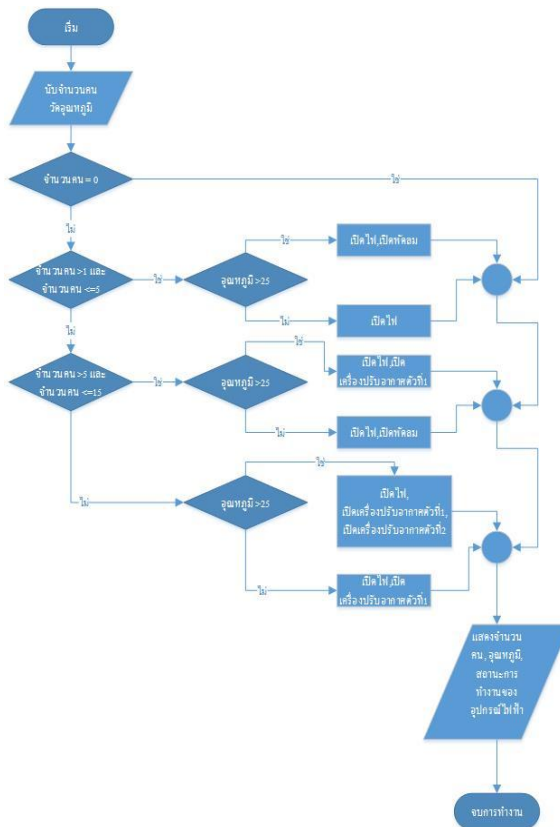


ภาพที่ 5 แสดงแบบการติดตั้งเซนเซอร์อินฟราเรด

2.2 การตรวจสอบอุณหภูมิ

มี 2 เงื่อนไข ในการทดสอบอุณหภูมิ คือ
อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูง

กว่า 25 องศาเซลเซียส ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนคนเข้า
ออกภายในห้องเรียน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภาพการทำงานของระบบ

ผลการวิจัย

จากการทดสอบการทำงานของระบบ สามารถสรุปได้จากการทดสอบการทำงานจำนวน 10 ครั้งตามตารางที่ 1 อธิบายได้ดังนี้

- จำนวนคน 1-5 คน อุณหภูมिन้อยกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟ ยกตัวอย่างดังภาพที่ 7
- จำนวนคน 1-5 คน อุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟและพัดลม
- จำนวนคน 6-15 คน อุณหภูมिन้อยกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ ไฟฟ้าที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟและพัดลม

- จำนวนคน 6-15 คน อุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ ไฟฟ้าที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟและเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1
- จำนวนคนมากกว่า 15 คน อุณหภูมिन้อยกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟและเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1
- จำนวนคนมากกว่า 15 คน อุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟ เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 และ เครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 ยกตัวอย่างดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 แสดงการทำงานของหลอดไฟและพัดลมเมื่อมีคนเข้ามาในห้อง 1-5 คน และอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส

โดยที่

L = หลอดไฟ

F = พัดลม

a = เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1

A = เครื่องปรับอากาศตัวที่ 2



ภาพที่ 8 แสดงการทำงานของหลอดไฟเครื่องปรับ อากาศตัวที่ 1 และ 2 ทำงานเมื่อมีคนเข้ามาในห้องมากกว่า 15 คน และอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบการทำงานของระบบ

ครั้งที่	จำนวนคน	อุณหภูมิ		ผลการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า	ผลสรุป
		น้อยกว่า 25°C	มากกว่า 25°C		
1	1		/	หลอดไฟติด พัดลมทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
2	3		/	หลอดไฟติด พัดลมทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
3	5	/		หลอดไฟติด	ทำงานตามเงื่อนไข
4	6	/		หลอดไฟติด พัดลมทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
5	9		/	หลอดไฟติด เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 ทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
6	12	/		หลอดไฟติด พัดลมทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
7	15		/	หลอดไฟติด เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 ทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข แต่นับ จำนวนคนเข้าผิด
8	16		/	หลอดไฟติด เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 ทำงาน เครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 ทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
9	20	/		หลอดไฟติด เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 ทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
10	25		/	หลอดไฟติด เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 ทำงาน เครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 ทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข แต่นับ จำนวนคนเข้าผิด

อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบการทำงานของระบบเทคโนโลยีอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียน ระบบสามารถทำงานตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ซึ่งในการทดสอบได้มีการตรวจพบข้อผิดพลาดในการทำงานของตัวเซ็นเซอร์นับคนเข้าออก ประการแรกคือ การเดินผ่านหรือวิ่งผ่านตัวเซ็นเซอร์นับคนเข้า-ออกอย่างรวดเร็ว นั้น เซ็นเซอร์อาจจะไม่สามารถตรวจจับและนับจำนวนได้ถูกต้องและประการที่สอง การเดินเข้า-ออกห้องเรียนต้องเดินเข้า-ออกทีละ 1 คนเท่านั้น เพราะการเดินซ้อนหรือชิดกันมากเกินไปจะทำให้เซ็นเซอร์นับจำนวนได้เพียง 1 คน ซึ่งมีสาเหตุจากลำแสงอินฟราเรดเป็นคลื่นสั้น เดินทางเป็นเส้นตรง ไม่สามารถผ่านวัตถุทึบแสงและสามารถสะท้อนแสงในวัสดุผิวเรียบได้เหมือนกับแสงทั่วไป

สรุป

แบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียน โดยประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์แสงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อหาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียน โดยการนับจำนวนคนเข้า-ออก และการวัดอุณหภูมิภายในห้องเรียน สามารถควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เครื่องปรับอากาศ พัดลม หลอดไฟฟ้าให้แสงสว่าง โดยใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อลดภาระของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า และลดการใช้พลังงานโดยไม่เกิดประโยชน์ เมื่อไม่มีผู้ใช้งานและเป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานจริง หรือประยุกต์สร้างอุปกรณ์อื่นที่มีหลักการทำงานใกล้เคียงกันในเชิงพาณิชย์ได้

ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มวงจรตรวจจับควันไฟ เพื่อส่งสัญญาณเตือนให้ผู้ที่อยู่ในอาคารทราบ

2. เปลี่ยนประตูเข้าออกห้องเรียนให้เหลือเพียง 1 ประตูเข้าออกพร้อมกัน
3. ใช้กล้องตรวจจับความเคลื่อนไหวภายในห้องด้วยการประมวลผลภาพ
4. ใช้อุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและอาจเพิ่มอุปกรณ์การวัดแสงสว่างด้วยถ้ามีแสงสว่างเพียงก็ไม่ต้องเปิดไฟ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่ให้ความอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยครั้งเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มสถิติข้อมูลพลังงาน ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงาน ทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). **สรุปสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย ไตรมาสที่ 1/2558**. สืบค้นจาก http://www4.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/frontpage_apr_58.pdf.
- ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง.(2550). **PIC Microcontroller Learning-By-Doing ด้วยภาษา C ฉบับรวมเครื่องโปรแกรม และอุปกรณ์ครบชุด**. กรุงเทพฯ : สมาร์ทเลิร์นนิ่ง.
- วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุลและชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. (2548). **ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**. กรุงเทพฯ: อินโนเวทีฟ เอ็ดจิวซิเมนต์.
- วีระพงศ์ จันทร์สังข์. (2556). **ชุดช่วยประหยัดไฟฟ้าในบ้าน**. สืบค้นจาก <http://aimagin.com/blog/โครงการชุดช่วยประหยัดไฟฟ้า/?lang=th>.
- อภิญา พูลทรัพย์. (2557). **ราชชมคลล้านนาจับมือ กฟภ.ร่วมเป็นส่วนหนึ่งในองค์กรประหยัดพลังงาน**. สืบค้นจาก <http://www.rmutl.ac.th/>

การดัดแปลงเครื่องทำนายอายุโคมไฟถนน LED

Modified Life Time Predictor for LED Street Lamp

พงศกร โสภชาติ¹, พงษ์ดนัย เจริญสุข² และ วิฑูรย์ พรหมมี^{3*}
Pongsakorn Sopatai¹, Pongdanai Jalonesuk² and Witoon Prommee^{3*}

^{1,2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

^{1,2,3} Department of Electrical, Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna, Chiang Rai.

*Corresponding author e-mail: E-mail wprommee232@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำนายอายุโคม LED สามารถวัดและบันทึกค่า เวลา อุณหภูมิ และค่าความสว่างของโคม LED แสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา อุณหภูมิ และอัตราสว่างของโคม LED นำข้อมูลที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ในการทำนายอายุการใช้งานของโคม LED โดยทำการดัดแปลงมาตรฐานของ IES TM 21-11 เพื่อคำนวณหาอายุการใช้งานของโคม LED ในช่วงเวลา 6,000 ชั่วโมง ใช้สมการการคำนวณ L70 (การคาดการณ์ความสว่างไม่ต่ำกว่า 70% ของความสว่างเริ่มต้น) ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 55 °C จากผลการคำนวณพบว่าอายุการใช้งานของโคม LED มากกว่าอายุเม็ด LED เนื่องจากโคมที่ทดสอบมีครีบน้ำพาความร้อนสามารถระบายความร้อนของเม็ด LED ทำให้อายุการใช้งานของเม็ด LED ในชุดโคมทดสอบยาวนานขึ้น

คำสำคัญ: โคมไฟถนน เอวอีดี, การดัดแปลงมาตรฐาน IES TM21-11, เครื่องทำนายอายุโคม LED

Abstract

This research aims to design and build a life time predictor of LED street lamp which measure and record time, temperature, and illumination of the LED lamp to display graph of time, temperature, and illumination of LED lamp. The recorded data is availed to predict the lift time of the LED lamp by adaptive IES TM 21-11. In 6,000 hours, the equation L70 (forecasted brightness of at least 70 % of the initial luminance) is used to calculate the life time of LED lamp at average temperature to 55 ° C. From experiment results, the lift time of the LED lamp is longer than LED pills because tested LED lamp is designed to decrease the temperature of LED pills by heat sink on the lamp back. As a result, the good LED lamp can increase the lift time of LED pills.

Keywords: LED street lamp, adaptive IES TM21-11, life time prediction of LED street lamp

บทนำ

เครื่องทำนายอายุโคม LED เป็นเครื่องที่ใช้ระบบของสมองกลฝังตัวเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งใช้บอร์ด Arduino Uno R3 ในการวัดค่า เวลา อุณหภูมิ และค่าความส่องสว่างของโคม LED โดยมี Data Logger Shield เป็นตัวบันทึกเก็บค่าข้อมูลไว้ในการ์ดหน่วยความจำ และมีตัววัดอุณหภูมิและความส่อง

สว่าง โดยการวัดอุณหภูมิจะใช้ IC DS18B20 ในการวัดค่าอุณหภูมิ และการวัดความสว่างจะใช้ Light intensity sensor ในการวัดความค่าความสว่าง โดยเครื่องทำนายอายุโคม LED จะดัดแปลงมาตรฐาน IES TM-21-11 ให้เข้ากับโครงการ การออกแบบและสร้างเครื่องทำนายอายุโคม LED ในการใช้สมการ L70 (เวลาคาดการณ์ความสว่างไม่ต่ำกว่า 70%

ของความสว่างเริ่มต้น) ในการคำนวณหาอายุการใช้งานของโคม LED ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 55 °C ทำให้ทราบถึงอายุการใช้งานของโคม LED และเป็นประโยชน์ของการเลือกใช้โคม LED ที่เหมาะสมเพื่อให้ โคมไฟถนน LED นั้นมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

ในปี ค.ศ. 1962 Nick Holonyak Jr. แห่งบริษัทเจเนรัล อิเล็กทริกผู้พัฒนาไดโอดเปล่งแสงขึ้นเป็นคนแรก [1] โดยได้พัฒนาไดโอดเปล่งแสงในช่วงแสงที่มองเห็น และสามารถใช้งานได้เชิงปฏิบัติเป็นครั้งแรก

ในปี ค.ศ. 1990 นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้ร่วมกันพัฒนาจนประสบความสำเร็จ ในฐานะเป็นผู้คิดค้นสิ่งประดิษฐ์ ที่จะทำให้เกิดการปฏิวัติวงการทั้งโลก ด้านไฟฟ้าแสงสว่างและการใช้พลังงานทางด้านหลอด LED [2]

ใน ปี ค . ศ . 2 0 0 8 The Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) ได้อนุมัติวิธี การวัดบำรุงรักษาความส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง LED โดย วิธีการกำหนดมาตรฐานไม่ได้เป็นการวัดโดยตรงจากโคมไฟฟ้าพร้อมหลอด เนื่องจากหลอด LED มีความไวต่ออุณหภูมิสูง ดังนั้นมาตรฐาน LM-80 จึงกำหนดให้ต้องทดสอบที่อุณหภูมิต่างกัน 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 55 องศาเซลเซียส 85 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ ผู้ผลิตเลือกนั่นเอง [3] แต่ก็ยังเป็นวิธีการคาดการณ์ข้อมูลการทดสอบอายุการใช้งานของเมด LED เท่านั้น

ใน ปี ค . ศ . 2 0 1 1 The Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) ได้ทำการใช้ห้องแลปวัดเพื่อเปิดใช้งานการทำงานอายุการใช้งานใหม่ของ LED คือ TM-21 หรือชื่อเต็ม TM-21-11 [4] โดยจะวัดค่ากำลังความสว่างทุกๆ 1,000 ชั่วโมง จนถึงอย่างน้อย 6,000 ชั่วโมงค่ากำลังความสว่างที่ค่อยๆลดลงจำนวน 6 ค่า จะถูกนำมาพล็อตกราฟ เพื่อคาดการณ์ค่ากำลังส่องสว่างได้จนถึง

60,000 ชั่วโมง เมื่อค่ากำลังส่องสว่างลดลง 70% ก็แสดงว่าหลอด LED ดังกล่าวหมดอายุการใช้งาน

ในปี ค.ศ. 2011 Mark Hodapp Senior Application Engineer ใช้ มาตรฐาน TM-21 กับ หลอด Philips Lumileds โดยกำหนดค่าบำรุงรักษาลูเมน โดยใช้สมการ L70 (เวลาคาดการณ์ความส่องสว่างไม่ให้ต่ำกว่า 70%) โดยสามารถหาอายุการใช้งานของหลอด LED ให้มีอายุการใช้งานที่ยาวขึ้นจาก 25,000 ชั่วโมง เป็น 35,000 ชั่วโมง [5]

ในปี ค.ศ. 2014 Hristo Ganev, Prof. Tran Quoc Khanh ได้ทำการศึกษาและพบว่าอายุการใช้งานของเมด LED ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและไดร์เวอร์ เมื่อเกิดความร้อนเมด LED สูงและใช้เป็นเวลานาน ทำให้ค่าความส่องสว่างลดลง [6] แต่การศึกษาเป็นการศึกษาที่เมด LED ที่ไม่มีโคมระบายความร้อน

ปัจจุบันโคมไฟถนน ได้เปลี่ยนมาใช้หลอด LED มากขึ้น เพราะการให้แสงสว่างที่ดีกว่า และประหยัดพลังงานมากกว่า หลอดแบบเดิม ทำให้ประเทศต่างๆ สนใจที่จะเปลี่ยน หลอดโคมไฟถนน ให้เป็นหลอด LED และเมด LED นั้นมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าหลอดทั่วไป 50,000 – 100,000 ชั่วโมง [7] และมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และลักษณะการใช้งานของหลอด LED เพราะหลอด LED บางครั้งเป็นหลอดชนิดเดียวกันแต่นำมาใช้งานที่แตกต่างกัน อายุการใช้งานก็ไม่เหมือนกัน เพราะปัจจัยต่างๆ ซึ่งส่งผลต่ออายุการใช้งาน มีส่วนเกี่ยวข้องให้หลอด LED เสื่อมประสิทธิภาพลง จึงทำให้แสงสว่างจางลง บางครั้งอาจชำรุดง่าย จนต้องเกิดการเปลี่ยนหลอดซึ่งส่งผลให้ สิ้นเปลืองงบประมาณ ทั้งที่หลอดยังไม่ครบกำหนดอายุการใช้งานของหลอด LED

การหาอายุการใช้งานของเมด LED ใช้ มาตรฐาน IES TM-21-11 เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณอายุการใช้งานของเมด LED โดยใช้วิธีการคำนวณ [8] ที่ผู้ผลิตต้องทดสอบอายุการใช้งานของ

LED โดยทั่วไปจะกล่าวถึงอายุการใช้งานของเม็ด LED เท่านั้น

อย่างไรก็ตามการทดสอบต้องใช้ เซ็นเซอร์ติดที่เม็ด LED เท่านั้น ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ผลของโคมที่มีผลต่ออายุของเม็ด LED บทความวิจัยนี้ตั้งสมมุติฐานว่าโคมที่มีการออกแบบระบายความร้อนได้ดีจะสามารถ เพิ่มอายุการใช้งานของเม็ด LED พิสูจน์สมมุติฐานดังกล่าว โดยทำการติดเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิบนครีระบายความร้อนที่โคม LED

จากเหตุข้างต้น งานวิจัยฉบับนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำนายอายุโคม LED มีประโยชน์ ในการทำนายอายุโคม LED โดยใช้ วิธีคำนวณ L70 ที่มาจากมาตรฐาน IES TM-21 สามารถคำนวณอายุของโคม LED และเป็นแนวทางใน การพัฒนาระบบระบายความร้อนของชุดโคม LED

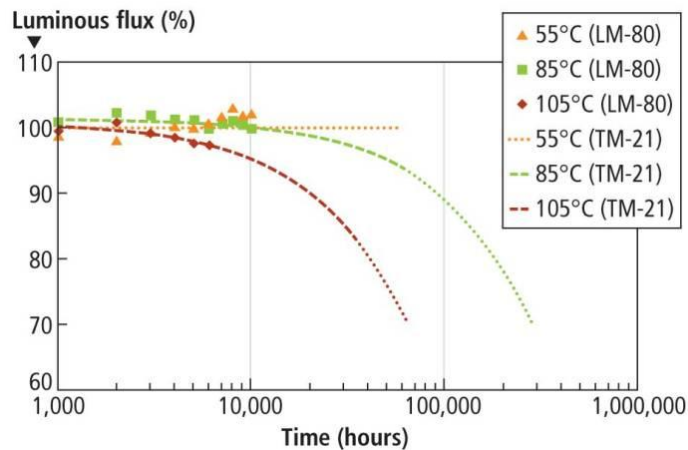
วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำนายอายุโคม LED

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. การหาอายุการใช้งานของเม็ด LED ตามมาตรฐาน LM-80 และ IES TM-21-11

มาตรฐาน IESNA LM-80: Approved Method for Measuring Lumen Depreciation of LED Light Sources ได้กำหนดขั้นตอนการทดสอบเพื่อกำหนดค่าของ Lumen Maintenance ของหลอด LED วิธีในมาตรฐานไม่ได้เป็นการวัดโดยตรงจากดวงโคมไฟฟ้าพร้อมหลอด เนื่องจากหลอด LED มีความไวต่ออุณหภูมิสูง ดังนั้นมาตรฐาน LM-80 กำหนดให้ต้องทดสอบที่อุณหภูมิที่ต่างกัน 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 55 องศาเซลเซียส, 85 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ให้ผู้ผลิตเลือกเอง [3]



ภาพที่ 1 การคำนวณอายุการใช้งานเม็ด LED ในการทดสอบอุณหภูมิที่ต่างกัน 3 อุณหภูมิ โดยใช้มาตรฐาน LM-80 และ TM-21 [3]

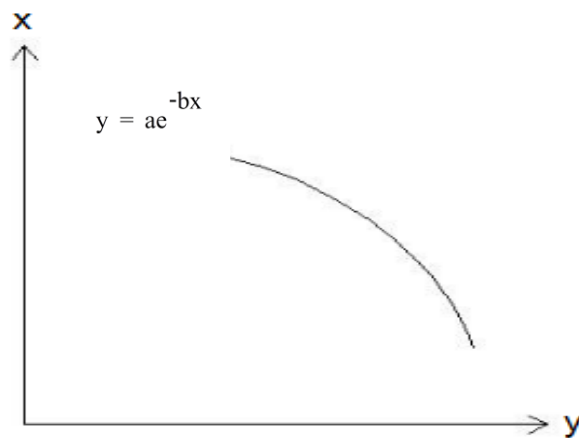
การทดสอบหาอายุการใช้งานสำหรับหลอด LED ไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ เพราะหลอด LED จะมีอายุมากกว่า 50,000 ชั่วโมง หรือเท่ากับ

5.6 ปี ดังนั้นมาตรฐาน IES TM-21-11: Lumen Depreciation Lifetime Estimation Method for LED Light Sources จึงได้ให้วิธีเทียบ

บัญญัติไตรยางศ์ จากข้อมูลในช่วงเวลาที่สั้นเพื่อ คาคการณ์ค่ากำลังส่องสว่างตลอดช่วงเวลาหลาย หนึ่งชั่วโมง

โดยการวัดค่ากำลังส่องสว่างทุก 1,000 ชั่วโมง อย่างน้อย 6,000 ชั่วโมง ค่ากำลังส่องสว่างที่ค่อย ๆ ลดลงจำนวน 6 ค่านี้ถูกนำไปพล็อตกราฟและถูก เทียบ บัญญัติไตรยางศ์ ให้กลายเป็นค่ากำลังส่อง สว่างจนถึงช่วงเวลา 36,000 ชั่วโมงได้ และถ้า ทดสอบหลอด LED ในช่วงเวลา 10,000 ชั่วโมง ก็ สามารถนำค่ากำลังส่องสว่างที่ได้ไปเทียบ บัญญัติไตรยางศ์ ให้กลายเป็นค่ากำลังส่องสว่างจนถึง ช่วงเวลา 60,000 ชั่วโมงได้ เมื่อค่ากำลังส่องสว่าง

เชิงเส้น (Linear Regression) แปลงเป็น สมการเอกซ์โพเนนเชียล ดังนี้



ภาพที่ 2 กราฟเส้นโค้งจำลองการคำนวณอายุการใช้งานของชุดโคม LED

$$y = ae^{-bx} \quad (1)$$

เมื่อ y คือ อัตราเปอร์เซ็นต์ค่าความสว่างของโคม แทน อัตราเปอร์เซ็นต์ความส่องสว่าง

X คือ จำนวนเวลาที่ใช้ในการทดสอบ (Time, hours)

a คือ สัมประสิทธิ์ตัวคูณสมการเอกซ์โพเนนเชียล

b คือ สัมประสิทธิ์ตัวเลขยกกำลังสมการเอกซ์โพเนนเชียล

ลดลงเรื่อย ๆ จนถึง 70% ของค่าเริ่มต้น ณ เวลา ดังกล่าวจะเป็นอายุการใช้งานของเม็ด LED

2. การหาค่าของสมการเส้นโค้งเอกซ์โพเนนเชียลเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน LM-80 และ TM-21

ในการปฏิบัติปัญหาการคำนวณอายุชุดโคม LED มีลักษณะของข้อมูลแบบไม่เป็นเชิงเส้น การกระจายข้อมูลอาจเบี่ยงเบนไปมาในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น ควรใช้สมการฟังก์ชันพหุนาม (Polynomial function) เช่นสมการเอกซ์โพเนนเชียล หา สัมประสิทธิ์ตัวคูณและตัวยกกำลังโดยวิธีการถดถอย

จากภาพที่ 2 กราฟเส้นโค้ง จะได้สมการเส้นโค้งดังสมการที่ 1

3. สมการการคำนวณหาอายุการใช้งานโคม LED โดยใช้ L70 จากมาตรฐาน IES TM 21

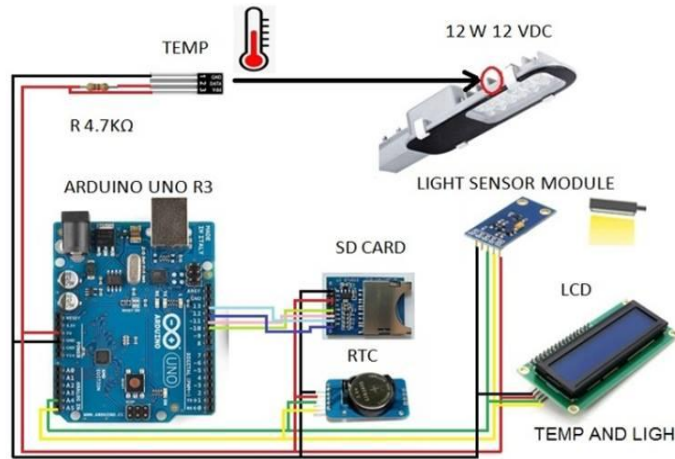
$$L70 = \frac{\ln\left(100 \times \frac{a}{70}\right)}{b} \quad (2)$$

เมื่อ a คือ สัมประสิทธิ์ตัวคูณสมการเอกซ์โพเนนเชียล

b คือ สัมประสิทธิ์ตัวเลขยกกำลังสมการเอกซ์โพเนนเชียล

L70 คือ เวลาคาดการณ์ความสว่างไม่ต่ำกว่า 70% ของความสว่างเริ่มต้น

4. วิธีการประยุกต์ IES TM-21 เพื่อหาอายุการใช้งานของโคม

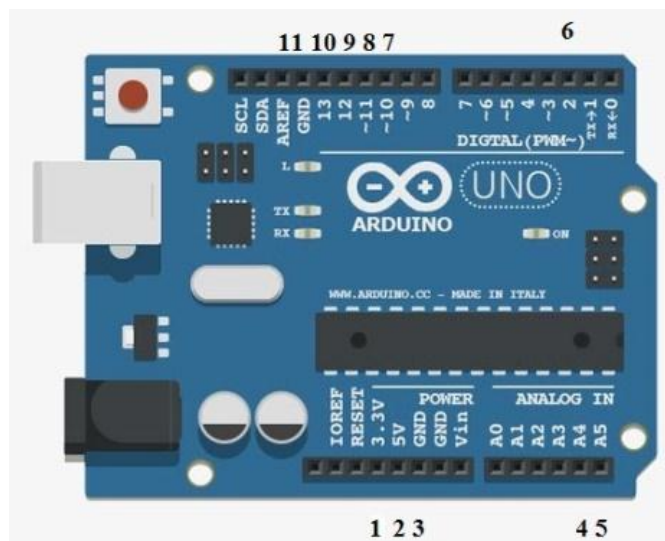


ภาพที่ 3 วงจรแบบจำลองการต่อบอร์ด Arduino Uno R3 กับอุปกรณ์อื่นๆ

จากภาพที่ 3 เป็นการต่อวงจรวัดค่าอุณหภูมิและความสว่างโดยนำเซ็นเซอร์อุณหภูมิไปติดครีปที่มีความร้อนสูงสุด ของโคมหลอด LED เพื่อวัดค่าอุณหภูมิของโคม LED และนำเซ็นเซอร์วัดความสว่างไปวัดความค่าสว่างจากโคม LED โดยวางที่จุดได้หลอดตรงที่แสงสว่างจากหลอดตกกระทบพื้น ทำการ

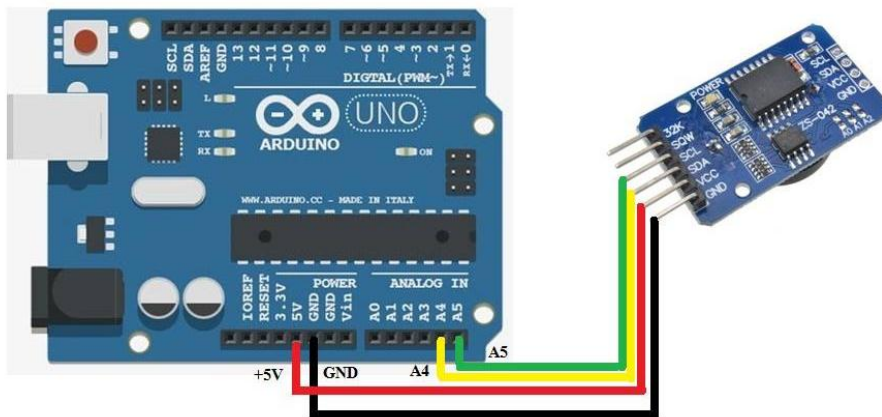
บันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความสว่างที่ได้จากโคม LED บันทึกลงใน SD CARD

การตั้งค่าวันที่และเวลาในการบันทึกค่า และนำค่าต่างๆมาแสดงบนหน้าจอ LCD เพื่อให้รู้ข้อมูล เวลาอุณหภูมิ และค่าความสว่างปัจจุบัน

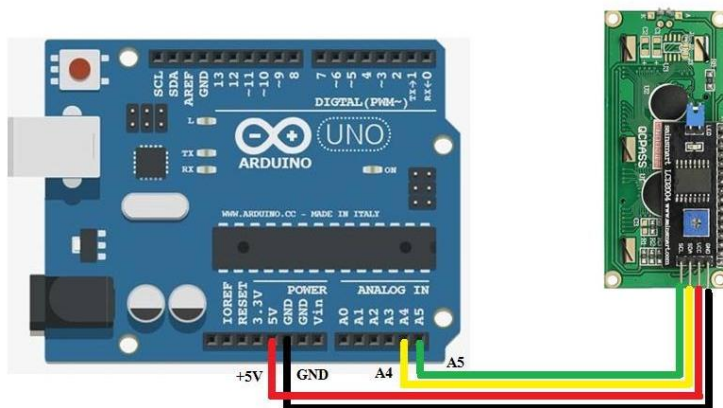


ภาพที่ 4 จุดเชื่อมต่อบนบอร์ด ARDUINO UNO R3

- | | | | |
|-----------|---|------------|---|
| หมายเลข 1 | 3.3V Pin ต่อเชื่อมกับเซ็นเซอร์ DS18B20 | หมายเลข 6 | Digital I/O Pin 2 ต่อเชื่อมกับเซ็นเซอร์ DS18B20 |
| หมายเลข 2 | 5V Pin ต่อเชื่อมกับ SD Card, LCD, RTC, Light Sensor | หมายเลข 7 | Digital I/O Pin 10 ต่อเชื่อมกับ SD Card |
| หมายเลข 3 | Ground Pin ต่อเชื่อมกับ LCD, RTC, Light Sensor | หมายเลข 8 | Digital I/O Pin 11 ต่อเชื่อมกับ SD Card |
| หมายเลข 4 | Analog Input Pin A4 ต่อเชื่อมกับ LCD, RTC, Light Sensor | หมายเลข 9 | Digital I/O Pin 12 ต่อเชื่อมกับ SD Card |
| หมายเลข 5 | Analog Input Pin A4 ต่อเชื่อมกับ LCD, RTC, Light Sensor | หมายเลข 10 | Digital I/O Pin 13 ต่อเชื่อมกับ SD Card |
| | | หมายเลข 11 | Ground Pin ต่อเชื่อมกับ SD Card |

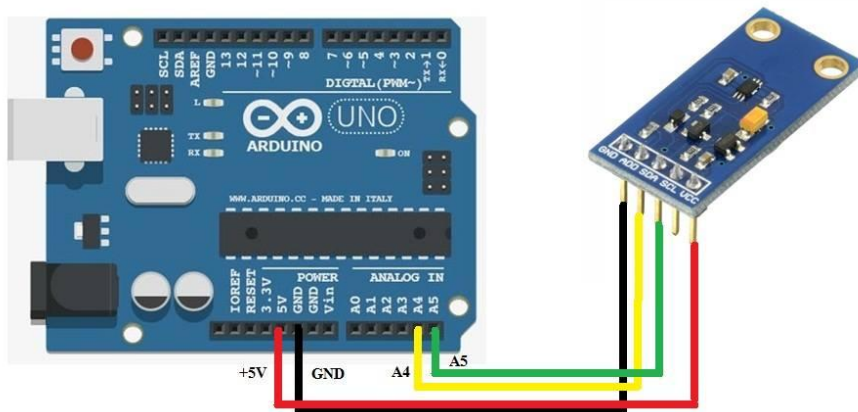


ภาพที่ 5 วงจรการต่อบอร์ด Arduino Uno R3 กับ Real time clock (RTC)



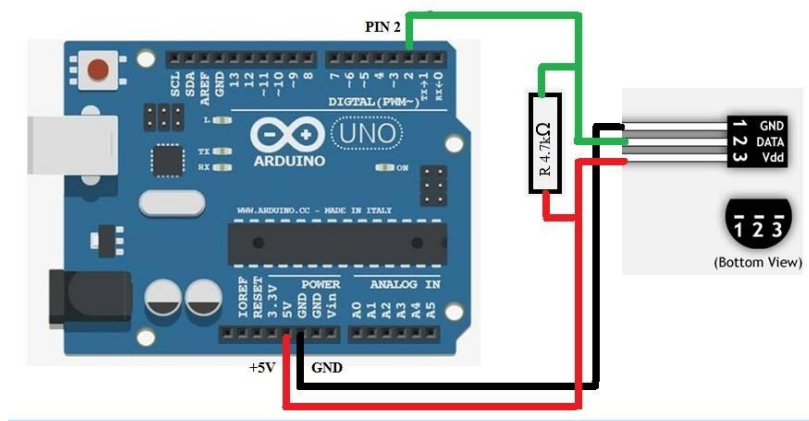
ภาพที่ 6 วงจรการต่อบอร์ด Arduino Uno R3 กับ จอแสดงผล LCD

จากภาพที่ 6 เป็นวงจรการต่อบอร์ด Arduino Uno R3 กับ จอแสดงผล LCD เพื่อแสดงค่าอุณหภูมิ ค่าความสว่าง และเวลาทดสอบ



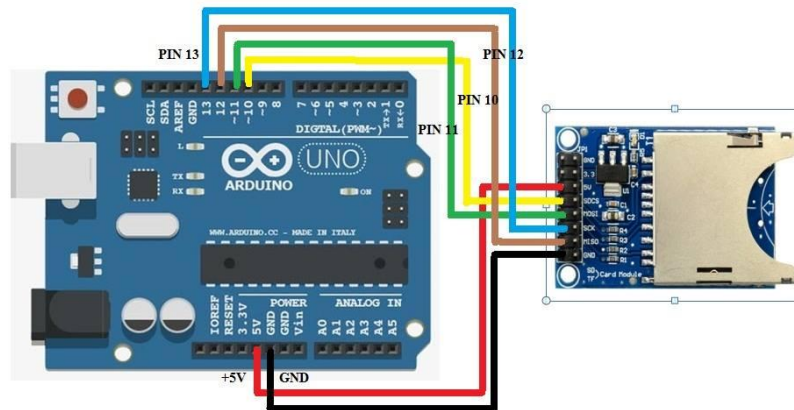
ภาพที่ 7 วงจรการต่อบอร์ด Arduino Uno R3 กับ เซ็นเซอร์วัดค่าความสว่าง (Light sensor)

จากภาพที่ 7 เป็นวงจรการต่อบอร์ด Arduino Uno R3 กับ เซ็นเซอร์วัดค่าความสว่าง (Light sensor) เพื่อวัดค่าความสว่างของโคม LED



ภาพที่ 8 วงจรการต่อบอร์ด Arduino Uno R3 กับ SD Card 8 GB

จากภาพที่ 8 เป็นวงจรการต่อบอร์ด Arduino Uno R3 กับ SD Card เพื่อเก็บบันทึกข้อมูล ค่าอุณหภูมิ ค่าความสว่าง และเวลาทดสอบ



ภาพที่ 9 วงจรการต่อบอร์ด Arduino Uno R3 กับ เซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ (DS18B20)

จากภาพที่ 9 เป็นวงจรการต่อบอร์ด Arduino Uno R3 กับ เซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ (DS18B20) เพื่อวัดค่าอุณหภูมิที่ครีบบที่ 5 ของคอม LED

5. นิยาม LED, เม็ด LED และคอม LED

LED ย่อมาจาก light-emitting diode คือ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง จัดอยู่ในจำพวก ไดโอด ที่สามารถเปล่งแสงออกมามากประกอบด้วย คลื่นความถี่และ เฟสต่อเนื่องซึ่งแตกต่างกับแสงของ ธรรมชาติของมนุษย์มองเห็น [4]

เม็ด LED ย่อมาจาก light-emitting diode chips คือ อุปกรณ์ที่เรียกว่า ไดโอดเปล่งแสง ซึ่งจะ แบ่งเป็นหลายชนิด และแบ่งได้หลายสีแตกต่างกัน ออกไป เม็ด LED มีมาตรฐาน LM-80 และ TM-21 ซึ่งกล่าวถึงอายุการใช้งานของเม็ด LED

คอม LED ย่อมาจาก light-emitting diode street lamp คือ อุปกรณ์ที่ประกอบด้วย เม็ด LED ไดรเวอร์อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะสามารถนำมาใช้ เป็นคอมไฟถนน คอมไฟติดตามบ้านและอาคาร เป็นต้น

ตารางที่ 1 การเชื่อมต่อวงจรบนบอร์ด ARDUINO UNO R3 ดังรูปที่ 3

ARUINO Pin	ขา LCD	ขา RTC	ขา Light Sensor	ขา SD Card	ขา DS18B20	ตัวต้านทาน DS18B20 4.7K Ω
GND	GND	GND	GND	-	-	-
GND	-	-	-	-	GND	-
A4	SDA	SDA	SDA	GND	-	-
A5	SCL	SCL	SCL	-	-	-
2	-	-	-	-	-	DQ
10	-	-	-	SS	-	-
11	-	-	-	MOSI	-	-
12	-	-	-	MOSO	-	-
13	-	-	-	SCK	-	-
5 V (O/P)	VCC	VCC	VCC	VCC	-	-
3.3 V (O/P)	-	-	-	-	VDD	1

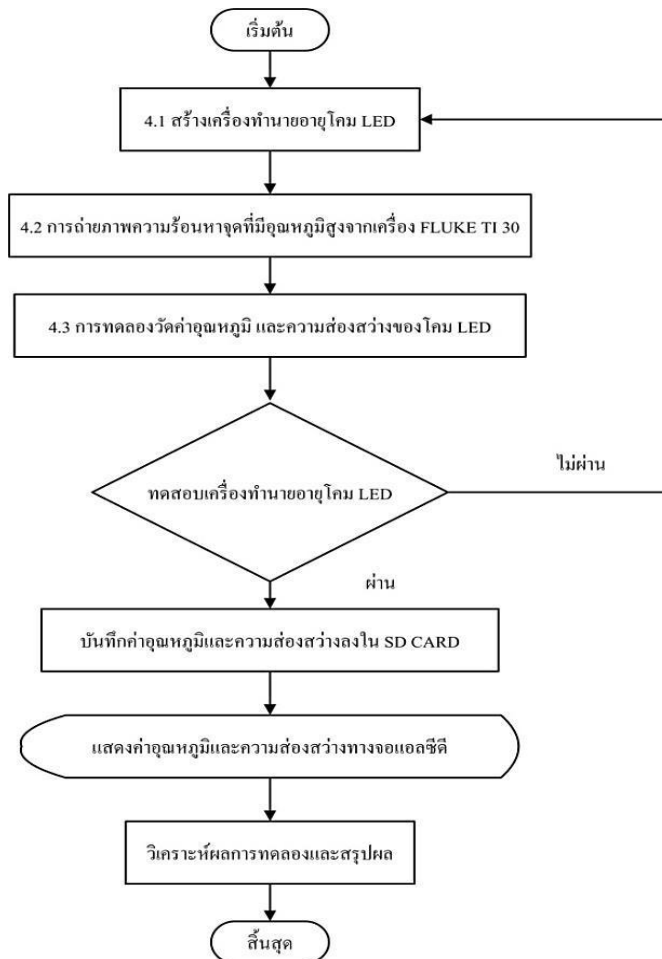
6. การทดลองกำหนดให้ Illuminous ratio (%) ใช้แทน Luminous Flux (%)

$$\text{Illuminous ratio (\%)} = \frac{\text{ค่าความสว่างของโคมตามเวลา}}{\text{ค่าความสว่างของโคมเริ่มต้น}} \times 100$$

ความสว่าง(Illumination) คือ ปริมาณแสงที่กระทบตั้งฉากบนพื้นที่หนึ่งตารางหน่วยภายใน 1 วินาที มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ ลักซ์

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานโดยการสร้างเครื่องทำนายอายุโคม LED และทำการทดลองถ่ายภาพความร้อนหาจุด ที่มีอุณหภูมิสูงสุด จากเครื่อง FLUKE Ti30 หลังจากนั้นทำการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิและความสว่างของโคม LED และมีวิธีการดำเนินงานโดยแสดงแผนผังการทำงานดังรูปที่ 10



ภาพที่ 10 แผนผังการทำงาน เครื่องทำนายอายุโคม LED

1. สร้างเครื่องทำนายอายุโคม LED

เครื่องทำนายอายุโคมซึ่งมีสามารถเก็บบันทึกค่า อุณหภูมิ ความสว่างของโคม และมีจอ LCD เพื่อโชว์ค่า เวลา ค่าอุณหภูมิและค่าความสว่างของโคม



ภาพที่ 11 แสดงเครื่องทำน่ายาโคม LED

2. การถ่ายภาพความร้อนหาจุดที่มีอุณหภูมิสูงจา
เครื่องFLUKE Ti30

ลักษณะของเครื่อง FLUKE Ti30 เป็นเครื่องวัด
อุณหภูมิที่มีความแม่นยำ +/- 2% การแสดงผลอยู่ที่

ความถี่ 20 Hz มีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม (รวมแบตเตอรี่)
มีช่วงวัดอุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ถึง 250 องศา
เซลเซียส



ภาพที่ 12 จุดวัดอุณหภูมิที่ 5

จากภาพที่ 12 ทำการถ่ายภาพความร้อนจากเครื่อง FLUKE TI30 เพื่อตรวจหาจุดที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดของตัวโคม LED [8] โดยใช้ระยะที่ 50 ซม. ในการถ่ายภาพความร้อน ทำให้พบจุดที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดคือครีบทที่ 5

3. การทดลองวัดค่าอุณหภูมิ และความสว่างของโคม

ทำการทดลองโดยนำโคม LED และชุดทดลองไปติดตั้งในกล่องขนาดใหญ่ซึ่งเป็นกล่องปิดสี่ด้ารูปที่ 13 เพื่อที่มิให้แสงเข้าไปรบกวนการวัดค่าความสว่างของเซ็นเซอร์วัดค่าความสว่าง และทำการเปิดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโคม LED และเครื่องทำนายอายุโคม LED เพื่อให้โคม LED และเครื่องทำนายอายุโคม LED ทำงาน

โดยทำการทดลองนำเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิไปติดตั้งตรงจุดครีบทที่ 5 ของตัวโคม LED และนำ

เซ็นเซอร์วัดค่าความสว่างไปวางไว้ที่จุดที่แสงตกกระทบ เครื่องทำนายอายุโคม LED ทำการเก็บข้อมูลของ อุณหภูมิ และความสว่าง ตามเวลาทดสอบ 6,000 ชั่วโมง โดยทำการเก็บบันทึกค่าทุกๆ 15 นาที

ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง

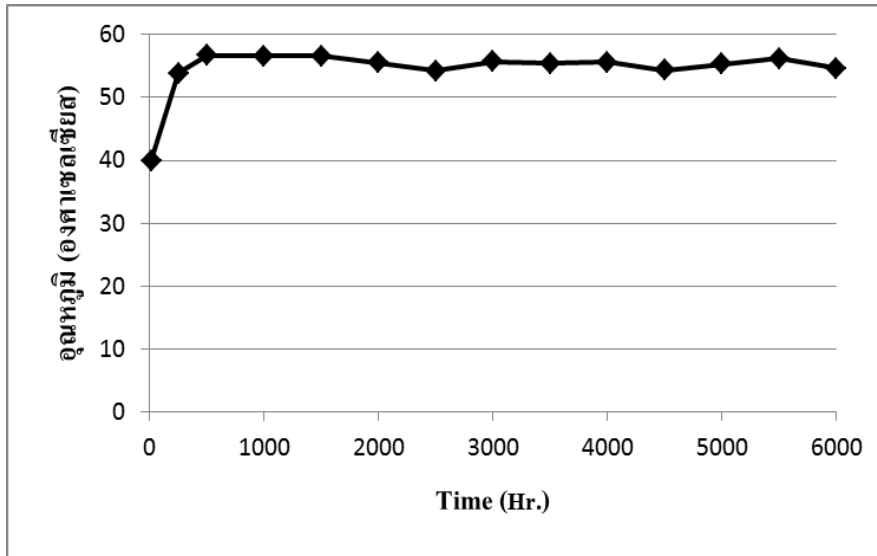
ทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บบันทึก เวลา อุณหภูมิ และค่าความสว่างของโคม LED โดยทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 6,000 ชั่วโมง เพื่อนำค่าอุณหภูมิ ขณะใช้งานของโคม LED และค่าความสว่างมาใช้ในการทำนายอายุของโคม LED โดยนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เพื่อจัดทำกราฟอายุการใช้งานของโคม LED และนำค่าที่ได้จากกราฟทำการคำนวณหาอายุการใช้งานของโคม LED



ภาพที่ 13 การทดลอง ในกล่องสี่ด้าปิดสนิท วัดและหาค่าอุณหภูมิและความส่องสว่างของแสง

1. กราฟแสดงอุณหภูมิ

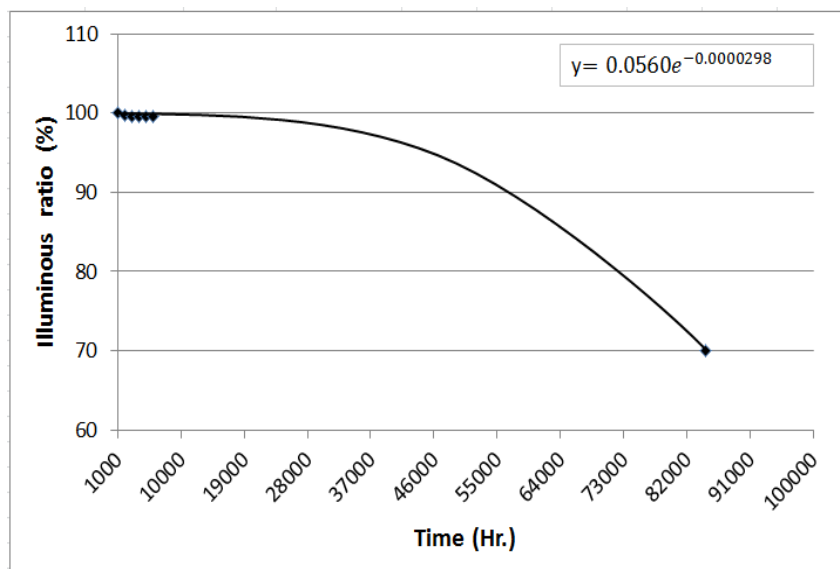


ภาพที่ 14 กราฟความสัมพันธ์ อุณหภูมิกับเวลาทุกๆ 15 นาที เป็นเวลา 6,000 ชั่วโมง เฉลี่ยที่ 55 °C

จากภาพที่ 14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง เวลา(Time) กับ อุณหภูมิ(°C) แสดงให้เห็นว่าเมื่อเริ่มใช้งานโคมไฟถนน LED อุณหภูมิเริ่มต้นมีค่าต่ำที่สุดที่อุณหภูมิห้อง และเมื่อใช้งานไปเรื่อยๆอุณหภูมิของตัวโคมจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงจุดๆหนึ่งอุณหภูมิของตัวโคมก็เริ่มคงที่ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 55 °C

2. กราฟอายุการใช้งานของโคม LED

การจำลองสมการเอ็กซ์โพเนนเชียลโดยวิธีการถดถอยเชิงเส้นกับความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Linearization of Nonlinear Relationships) ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 กราฟการทำนายอายุโคม LED

แทนค่าในสมการที่ (1) ดังนี้

$$y = 0.0560e^{-0.0000298x}$$

$$L70 = \frac{\ln\left(100 \times \frac{0.0560}{70}\right)}{0.0000298}$$

คำนวณอายุโคม

$$= 84,756 \text{ ชั่วโมง}$$

แทนค่าในสมการที่ (2) ดังนี้

$$a = 0.0560$$

$$b = 0.0000298$$

จากภาพที่ 15 แสดงให้เห็นว่าค่าที่วัดและบันทึกได้นำมาวิเคราะห์หา สมการทำนายอายุโคม สามารถคำนวณอายุการใช้งานของโคม LED เท่ากับ 84,756 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 ค่าเวลาอุณหภูมิและอัตราค่าความสว่างของโคม LED

Time (Hr.)	อุณหภูมิ (°C)	อัตราค่าความสว่าง (Lux)
500	58.7	100
1,000	57.4	99.77
1,500	56.6	99.62
2,000	55.5	99.59
2,500	54.2	99.45
3,000	55.7	99.35
3,500	55.4	99.33
4,000	55.6	99.32
4,500	54.3	98.89
5,000	55.3	98.66
5,500	56.2	98.45
6,000	54.6	98.13
84,756	55	70

จากตารางที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 55 °C

สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอ เครื่องทำนายอายุโคม LED สามารถบันทึกค่า เวลา อุณหภูมิและค่าความสว่างของโคม LED และคำนวณหาอายุของโคม LED โดยการใช้สมการ L70 ซึ่งเป็นสมการการหาอายุของเม็ด LED ตามมาตรฐาน IES TM 21-11 นำมาดัดแปลงเพื่อใช้ในการหาอายุของโคม LED จากการคำนวณทำให้ได้ทราบว่าอายุการใช้งานของโคม LED มีอายุ

การใช้งาน 84,758 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุมากกว่าเม็ด LED (50,000 ชั่วโมง) คิดเป็น 1.16 เท่าของอายุเม็ด LED โคมที่ทดสอบสามารถยืดอายุของเม็ด LED ได้ 14,758 ชั่วโมง มีประโยชน์ต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคเลือกใช้โคม LED ที่ออกแบบครบระบายความร้อนได้ดีจะทำให้อายุการใช้งานของเม็ด LED ยาวนานขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาหัวข้องานวิจัยและคณะอาจารย์ในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เชียงราย ที่ให้คำปรึกษา มาโดยตลอดการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

Damery Jonathan. (2013). **Holonyak retires after 50 years in ECE: University of Illinois.**

klcbright (2016). **ผู้คิดค้นสิ่งประดิษฐ์ LED.** สืบค้นจาก http://www.klc_bright.com

Beijing Cheng Tong Optoelectronics Co., Ltd. (2008). Jinyi street Gaoliying town Shunyi district. Beijing, 101300.

Jarika Orvichian (2013). **มาตรฐานLED.** สืบค้นจาก <http://ledstandard.blogspot.com>

Mark Hodapp. (2011). **IESNA LM-80 and TM-21:370.** West Trimble Road San Jose, CA 95131. T 408 964-2648, 2011.

Hristo Ganev, Prof. Tran Quoc Khanh. (2014). **Degradation of High-Power LEDs- Luminous Flux and TM 21 Life Time Solid State Lighting (SSLCHINA)**

Led Italian & Thai Co.,Ltd. (2013-2015). **ข้อดี กับข้อเสียของหลอดไฟ LED.** สืบค้นจาก <http://www.cbcinter.co.th/>.

Eric Richman Pacific Northwest National Laboratory (2009). **Understanding IES LM-79 & IES LM-80: Light Fair Exhibit May: 5-7.**

Fluke Corporation (2011). **FLUK Retrieved.** Available from <http://www.Fluke.com/fluke>.

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3 มิติ สถานะชั่วครู่ เพื่อทำนายอุณหภูมิที่ผนังของท่อ ความร้อนแบบวงรอบชนิดคอยล์สปริง

3-D Transient Condition Mathematical Model to Predict Temperature Profile of a Helical Coiled Heat Pipe

ยุธนา ศรีอุดม^{1*}, สัมพันธ์ ฤทธิเดช² และ อีรพัฒน์ ชมพูคำ³

Yuttana Sriudom^{1*}, Sampan Rittidech² and Teerapat Chompoochom³

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

^{2,3} หน่วยวิจัยท่อความร้อนและออกแบบเครื่องมือทางความร้อน (HTDR) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Tak

^{2,3} Heat Pipe and Thermal Tools Design Research Unit, HTDR, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University

* Corresponding author e-mail: Num_kmutt@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำผลการนำความร้อนของท่อความร้อนแบบคอยล์สปริง (Helical coiled heat pipe) มาเข้าสู่ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตามระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตค่าง เพื่อคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนสถานะชั่วครู่ที่ผนังท่อซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรม MatLab โดยท่อความร้อนแบบคอยล์สปริงมีความยาว 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกท่อ 8 และ 9 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากผลการคำนวณ พบว่า อุณหภูมิที่เคลื่อนตัวผ่านผนังท่อความร้อนในแต่ละโหนดมีแนวโน้มที่เหมือนกัน โดยโหนดที่ 4, 3, 7 และ 8 จะใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงที่ เท่ากับ 13.3, 16.8, 18.8 และ 25.5 วินาทีตามลำดับ ซึ่งโหนดที่ 4 และ 3 จะเข้าสู่สภาวะคงที่ได้เร็วกว่า โหนดที่ 7 และ 8 เนื่องจากมีระยะทางในการเคลื่อนที่ของความร้อนที่สั้นกว่า

คำสำคัญ: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3 มิติ สถานะชั่วครู่, การทำนายอุณหภูมิ, ท่อความร้อนแบบวงรอบชนิดคอยล์สปริง

Abstract

The aim of this research was to study the three-dimensional solution of temperature distributions in the wall of a helical coiled heat pipe on transient condition by numerical method. From solving heat conduction equation of Helical coiled heat pipe in orthogonal helical coordinates system by the Finite Element method with linear tetrahedral element for calculated temperature distributions in the wall of heat pipe on transient condition. The helical coiled heat pipe long 10 cm with inside and outside diameters of 8 mm and 9 mm respectively. The results of calculation found that the temperature distributions of node, 4, 3, 7, and 8 will take the time to steady state at 13.3, 16.8, 18.8 and 25.5 second respectively. The distances of node 4 and 3 will be shorter than nodes 7 and 8, so that node 4 and 3 into steady state faster.

Keywords: 3-D Transient Condition Mathematical Model, Predict Temperature profile, helical coiled Heat Pipe

บทนำ

ท่อความร้อน (Heat pipe) ซึ่งถูกคิดค้นในช่วงประมาณปี ค.ศ.1950 และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในช่วงตั้งแต่ ค.ศ. 1970 เป็นต้น มาและค้นคว้าพัฒนามาถึงปัจจุบันมีเวลานานกว่า 60 ปี โดยแรกที่เดียวเริ่มต้นในด้านเทคโนโลยีอวกาศ ดาวเทียม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ โดยในระยะหลัง 10 – 15 ปี จนถึงปัจจุบันท่อความร้อนได้ถูกนำมาใช้ในการลดความร้อนในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์หรือนำไปใช้ด้านประหยัดพลังงานและแลกเปลี่ยนความร้อนในอุตสาหกรรมทั่วไป (สัมพันธ์ ฤทธิเดช. 2554 : 1-11) ในการวิเคราะห์ท่อความร้อนแบ่งออกเป็น การวิเคราะห์การนำความร้อนที่ผนัง การวิเคราะห์การไหลของของเหลวภายในวัสดุพรุนของท่อความร้อน และการไหลของไอน้ำในแกนไอของท่อความร้อน ซึ่งในการวิเคราะห์ดังกล่าวจะสามารถบอกถึงคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนได้โดยประมาณ ในการศึกษาครั้งนี้เน้นศึกษาภายใต้สถานะชั่วคราวซึ่งเป็นช่วงที่สามารถบอกระยะเวลาของการเริ่มทำงานของท่อความร้อนได้ นั่นหมายถึงการเข้าสู่สภาวะคงตัว ซึ่งท่อความร้อนจะมีลักษณะเป็น 3 มิติ โดยไม่สามารถใช้แบบจำลอง 1 มิติและ 2 มิติมาแก้ปัญหาได้ และลักษณะ 3 มิติสามารถบอกได้ทั้งด้านความกว้าง ความสูง และความลึกของท่อความร้อนซึ่งจะทำให้ค่าที่ได้จากการทำนายนั้นมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า ลักษณะ 1 มิติและ 2 มิติ ดังนั้นในการทำนาย และออกแบบท่อความร้อนที่ต้องการนำไปประยุกต์ใช้งานในปัจจุบันนี้จึงนิยมใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการหาผลเฉลยโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรมรวมทั้งปัญหาอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณซ้ำเพื่อให้ได้ค่าผลเฉลยที่เป็นค่าประมาณใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงมากที่สุด และวิธีสมาชิกจำกัด (Finite Element Method) เป็นวิธีเชิงตัวเลขวิธีหนึ่งซึ่งใช้แก้สมการ

อนุพันธ์เป็นที่นิยมใช้วิเคราะห์ปัญหาทางด้านวิศวกรรม และด้านวิทยาศาสตร์ เนื่องจากสามารถสร้างแบบจำลองของโครงสร้าง หรือชิ้นงานที่มีรูปร่างลักษณะที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพใช้วิเคราะห์ปัญหาไม่ว่าเงื่อนไขขอบเขตจะอยู่ในลักษณะใด และสามารถเลือกขนาดของสมาชิกที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งให้มีขนาดใหญ่หรือขนาดเล็กก็ได้ตามความจำเป็น เช่น การคำนวณหาการกระจายอุณหภูมิในเครื่องยนต์ของรถยนต์ การออกแบบการไหลของอากาศผ่านเครื่องยนต์ของเครื่องบินโดยสารการใช้วิธีสมาชิกจำกัดจะควบคู่ไปกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วขึ้นจึงช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดลอง

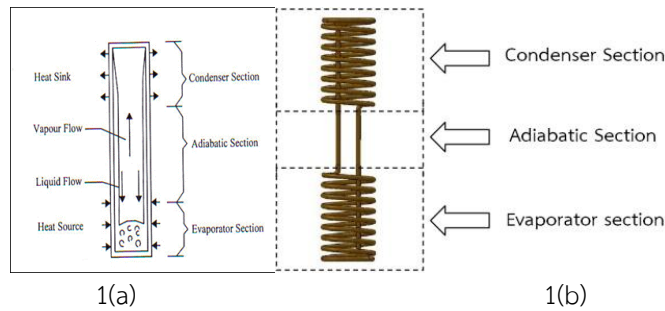
ดังนั้น งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3 มิติ สถานะชั่วคราวเพื่อทำนายอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผนังของท่อความร้อนแบบคอยล์สปริง และประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีสมาชิกจำกัดเพื่อแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3 มิติ สถานะชั่วคราว

วัตถุประสงค์

เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผนังของท่อความร้อนแบบคอยล์สปริง โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 3-มิติ สถานะชั่วคราว

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ท่อความร้อน (Heat Pipe) จัดเป็นอุปกรณ์ส่งถ่ายความร้อนชนิดหนึ่ง ที่สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอกสามารถทำงานได้โดยใช้หลักการของการส่งถ่ายความร้อน จากความร้อนแฝงของสารทำงานภายในท่อความร้อน โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนทำระเหย ส่วนกันความร้อนและส่วนควบแน่น แสดงดังรูปที่ 1(a) ส่วนท่อความร้อนแบบวงรอบชนิดคอยล์สปริง แสดงดังภาพที่ 1(b)

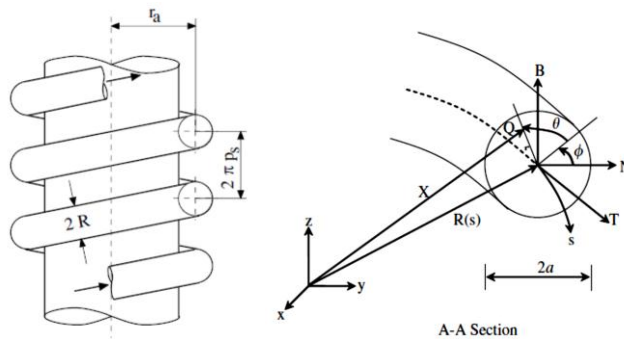


ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของท่อความร้อน ประกอบด้วย 1(a) ท่อความร้อนแบบทั่วไป และ 1(b) ท่อความร้อนแบบวงรอบชนิดคอยส์สปริง

1. รูปทรงของท่อคอยส์สปริง (Geometry of helical pipe) จะมีลักษณะขดเป็นวงรอบ ๆ ทรงกระบอก โดยมีรัศมีเท่ากับ $(a - R)$ ดังแสดงในรูปที่ 2 ร่วมกับระยะพิทช์ (pitch, p_s) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบของการขด ตามสมการ $2\pi ps$, และมีสมการสำคัญประกอบด้วย สมการความ

โค้ง (Curvature, κ) และ สมการความบิดงอ (Torsion, τ) ดังสมการที่ (1)

$$\kappa = \frac{a}{(a^2 + p_s^2)}, \tau = \frac{p_s}{(a^2 + p_s^2)} \quad (1)$$



ภาพที่ 2 แสดงรูปทรงของคอยส์สปริง

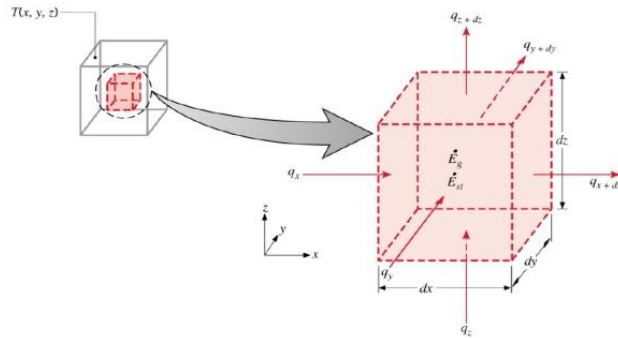
2. ระบบพิกัดของท่อคอยส์สปริง (The orthogonal helical coordinate system) ระบบพิกัดของท่อคอยส์สปริงเป็นจะถูกพิจารณาให้อยู่ในรูปของพิกัดฉาก หรือ พิกัดคาร์ทีเซียน (Master Cartesian coordinate system (x, y, z) โดยมีเวกเตอร์ที่อยู่ในระบบพิกัดคอยส์สปริง คือ เวกเตอร์ $R(s)$ ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$\vec{R}_{(s)} = a \cos(s) \vec{i} + a \sin(s) \vec{j} + b(s) \vec{k} \quad (2)$$

3. สมการการกระจายตัวทางความร้อน (The Heat Diffusion Equation)

(1) การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer) อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนจะเป็นสัดส่วนกับค่าความลาดชันของอุณหภูมิ (Temperature gradient) dT/dx คูณกับพื้นที่ A ที่ความร้อนไหลผ่าน ดังสมการที่ (3)

$$q_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (3)$$



ภาพที่ 3 ปริมาตรควบคุมในระบบพิกัดฉาก, dx dy dz, สำหรับการวิเคราะห์ในระบบ Cartesian coordinates

การวิเคราะห์เชิงอนุพันธ์สำหรับปัญหาการนำความร้อนของทรงกระบอก สมการการนำความร้อนสามารถแสดงได้จากระบบปริมาตรควบคุม (Control Volume) ในพิกัดฉาก ดังแสดงในรูปที่ 3 อัตราการนำความร้อนในแนวตั้งฉากกับแต่ละพื้นผิวควบคุมที่พิกัด x, y และ z จะถูกระบุด้วยพจน์ของ q_x , q_y และ q_z ตามลำดับ การนำความร้อนที่พื้นผิวตรงกันข้ามสามารถแสดงได้ด้วยอนุกรมเทเลอร์ (Taylor Series) โดยไม่คิดอันดับที่สูงขึ้น ประกอบด้วย สมการที่ (4) – (6)

$$q_{x+dx} = q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x} dx \quad (4)$$

$$q_{y+dy} = q_y + \frac{\partial q_y}{\partial y} dy \quad (5)$$

$$q_{z+dz} = q_z + \frac{\partial q_z}{\partial z} dz \quad (6)$$

โดยภายในปริมาตรควบคุมจะเกิดเทอมของแหล่งพลังงานที่สัมพันธ์กับอัตราการผลิตพลังงานความร้อน ดังแสดงในสมการที่ (7)

$$E_g^\circ = \dot{q} dxdydz \quad (7)$$

เมื่อ \dot{q} คืออัตราการผลิตพลังงานต่อหน่วยปริมาตร (W/m^3)

นอกจากนี้ ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณพลังงานความร้อนภายในที่ถูกละสมไว้โดยวัสดุในปริมาตรควบคุม ดังแสดงในสมการที่ (8)

$$E_{st}^\circ = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} dxdydz \quad (8)$$

เมื่อ $\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t}$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนสัมผัสต่อหน่วยปริมาตร

สมการการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้สมการ (7) และ (8) จัดให้อยู่ในรูปแบบทั่วไปของสมการอนุรักษ์แสดงดังสมการที่ (9)

$$E_{in}^\circ + E_g^\circ - E_{out}^\circ = E_{st}^\circ \quad (9)$$

โดยที่ E_{in}° คือ พลังงานที่ไหลเข้าไปในปริมาตรควบคุม และ E_{out}° พลังงานที่ไหลออกจากปริมาตรควบคุม นำสมการที่ (4 - 8) มาจัดรูปใหม่ แล้วแทนลงในสมการที่ (9) จะเกิดสมการใหม่ ดังสมการที่ (10)

$$q_x + q_y + q_z + \dot{q} dxdydz - q_{x+dx} - q_{y+dy} - q_{z+dz} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} (dxdydz) \quad (10)$$

สมการอัตราการนำความร้อนอาจจะประมาณค่าจากกฎของฟูเรียร์ (Fourier's law) แสดงดังสมการที่ (11) – (13)

$$q_x = -kdydz(\partial T/\partial x) \quad (11)$$

$$q_y = -k dx dz (\partial T / \partial y) \quad (12)$$

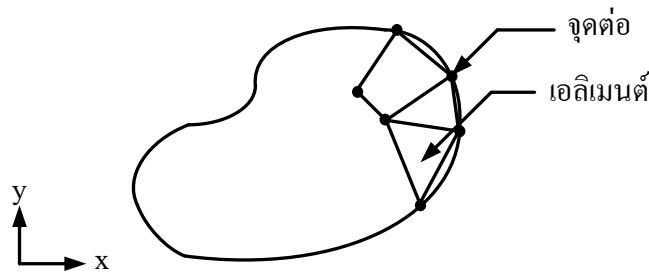
$$q_z = -k dx dy (\partial T / \partial z) \quad (13)$$

นำสมการที่ (11) – (13) แทนในสมการที่ (10) และหารด้วยตัวแปรไร้มิติของปริมาตรควบคุม ($dx dy dz$), จะได้สมการที่ (14)

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k \frac{\partial T}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k \frac{\partial T}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[k \frac{\partial T}{\partial z} \right] + \dot{q} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (14)$$

4. ระเบียบวิธีสมาชิกจำกัด (Finite Element Method) เป็นการใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อหาผลลัพธ์โดยประมาณปัญหาที่กำหนด โดยแบ่งรูปร่างลักษณะของปัญหาออกเป็นชิ้นส่วนย่อยๆ ที่เรียกว่าเอลิเมนต์ (Elements) เอลิเมนต์เหล่านี้เชื่อมต่อกันที่จุดต่อ (Nodes) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะคำนวณหาค่าตัวแปรตามที่ต้องการ ซึ่งระเบียบวิธีสมาชิกจำกัดประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก (ปราโมทย์ เดชะอำไพ, 2550)

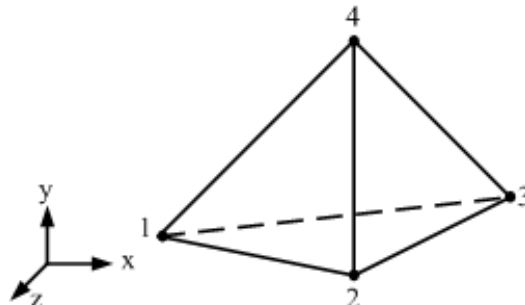
ขั้นตอนที่ 1 การแบ่งขอบเขตรูปร่างของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ย่อย ๆ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การแบ่งรูปร่างของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกฟังก์ชันประมาณภายในเอลิเมนต์ (Element Interpolation Functions) โดยเลือกใช้เอลิเมนต์ทรงสี่หน้า ดังแสดงดังรูปที่ 4

ประกอบด้วย 4 จุดต่อที่ไม่รู้ค่า แสดงดังสมการที่ (14)



ภาพที่ 4 เอลิเมนต์ทรงสี่หน้าประกอบด้วย 4 จุดต่อที่ไม่รู้ค่า

$$\varphi(x,y,z) = N_1(x,y,z)\varphi_1 + N_2(x,y,z)\varphi_2 + N_3(x,y,z)\varphi_3 + N_4(x,y,z)\varphi_4 \quad (15)$$

โดย $N_i(x,y)$, $i = 1,2,3,4$ แทนฟังก์ชันประมาณภายในเอลิเมนต์

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างสมการของเอลิเมนต์ (Element Equation) ดังสมการที่ (16)

$$[K]_e \{\varphi\}_e = \{F\}_e \quad (16)$$

ซึ่งตัวห้อย e แสดงถึงเมทริกซ์เหล่านี้เป็นเมทริกซ์ระดับเอลิเมนต์

ขั้นตอนที่ 4 รวมสมการของแต่ละเอลิเมนต์ที่ได้ (System of Simultaneous Equation) แสดงดังสมการที่ (17)

$$\sum(\text{element equations}) \rightarrow$$

$$[K]_{\text{sys}} \{\varphi\}_{\text{sys}} = \{F\}_{\text{sys}} \quad (17)$$

ขั้นตอนที่ 5 ทำการประยุกต์เงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) ลงในระบบสมการรวม (16) แล้วจึงแก้ระบบสมการรวมนี้เพื่อหา $\{\varphi\}_{\text{sys}}$ อันประกอบด้วยตัวไม่รู้ค่าที่จุดต่อ

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อคำนวณค่าต่างๆ ที่จุดต่อออกมาได้แล้วก็สามารถนำมาใช้เพื่อหาค่าอื่นๆ ที่ต้องการต่อไปได้อีก

5. วิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง (The Method of Weighted Residuals) เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการ

ประดิษฐ์สมการสมาชิกจำกัดจากสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยได้โดยตรง ซึ่งสมการเชิงอนุพันธ์สามารถเขียนให้อยู่ในรูปทั่วไปได้ (ปราโมทย์ เดชะอำไพ. 2550) ดังแสดงในสมการ(18)

$$L(\varphi) = 0 \quad (18)$$

โดย L คือตัวดำเนินการเชิงอนุพันธ์ (Differential Operator) และ $\bar{\varphi}$ คือตัวแปรแม่นยำ ในการสร้างสมการสมาชิกจำกัดจากสมการเชิงอนุพันธ์ หากแทนผลเฉลยโดยประมาณที่สมมติขึ้น ϕ ลงในสมการที่ (19) พบว่า

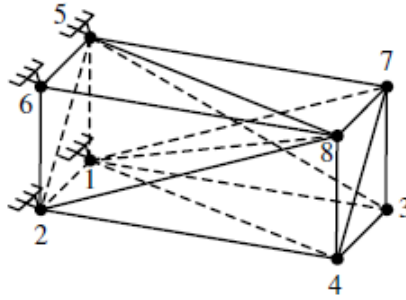
$$L(\phi) = R \neq 0 \quad (19)$$

โดย R คือค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น หรือเศษตกค้าง (Residual) จากนั้นใช้วิธีการเกอ์คิน (Galerkin) เริ่มจากคูณเศษตกค้าง R ด้วยฟังก์ชันน้ำหนัก (Weighting Function) W จากนั้นจึงอินทิเกรตตลอดทั้งโดเมนของเอลิเมนต์นั้น แล้วกำหนดผลที่ได้ให้เท่ากับศูนย์ แสดงดังสมการที่ (20)

$$\int_0^1 W_i R d\Omega = \int_{\Omega^{(e)}} W_i L \left(\sum_{i=1}^m N_i \varphi_i \right) d\Omega \quad (20)$$

$i = 1, 2, \dots, m$

6. The linear tetrahedral element การพิจารณาปัญหาแผ่นบาง ๆ ในการแก้ไของค์ประกอบ เชิงเส้นแบบ tetrahedral โดยใช้หกอองค์ประกอบเชิงเส้นของ Tetrahedral แทนหกอองค์ประกอบ ดังแสดงในรูป 5 และตารางที่ 1



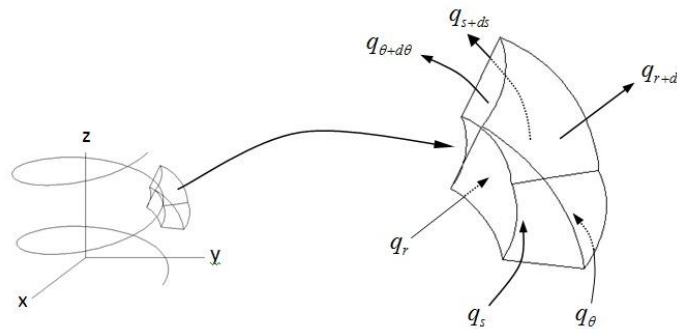
ภาพที่ 5 แสดงแบ่งวัตถุออกเป็นหกส่วนตามรูปแบบ Tetrahedral

ตารางที่ 1. การเชื่อมต่อประกอบของรูปที่ 5

Element Number	Node i	Node j	Node m	Node n
1	1	2	4	8
2	1	2	8	5
3	2	8	5	6
4	1	3	7	4
5	1	7	5	8
6	1	8	4	7

วิธีการวิจัย

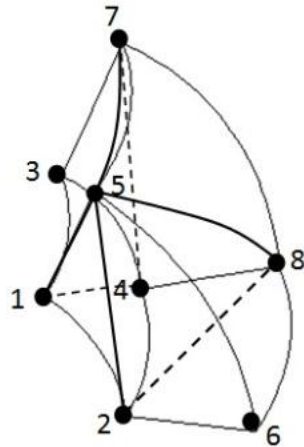
การวิเคราะห์รูปแบบการดำเนินงานของท่อ ความร้อนแบบคอยสปริงภายใต้เงื่อนไขแบบชั่วคราว แสดงดังรูปที่ 6 และ สมการที่ (19)



ภาพที่ 6 ปริมาตรควบคุมในระบบพิกัดฉาก, dr, dθ ds, สำหรับการวิเคราะห์ในระบบ Orthogonal helical coordinate.

$$\frac{\partial}{\partial r} \left[k \frac{\partial T}{\partial r} \right] + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \theta} \left[k \frac{\partial T}{\partial \theta} \right] + \frac{1}{a} \frac{\partial}{\partial s} \left[k \frac{\partial T}{\partial s} \right] + \dot{q} = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} \dots(21)$$

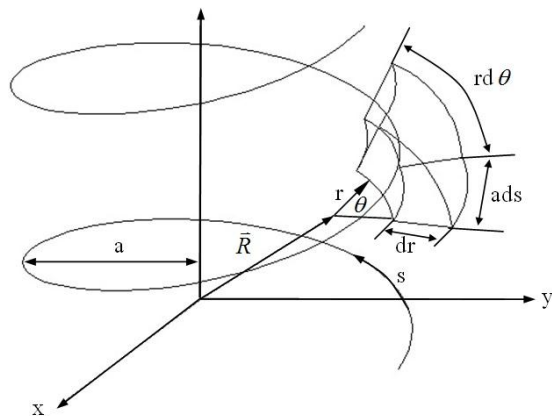
1. การพิจารณาปัญหาแผ่นบาง ๆ ในการ แก๊วของค้ประกอบ เชิงเส้นแบบ Tetrahedral โดยใช้ทงค้ประกอบเชิงเส้นของ Tetrahedral แทน ห้าองค้ประกอบ ดังแสดงในรูป 7 และ ตารางที่ 2



ภาพที่ 7 แสดงรูปแบบการแบ่งเอลิเมนต์ของท่อความร้อนแบบคอยสปริง โดยแบ่งออกเป็น 6 เอลิเมนต์ 8 โหนด

ตารางที่ 1.1 การเชื่อมต่อประกอบของภาพที่ 7

Element Number	Node i	Node j	Node m	Node n
1	1	2	4	8
2	1	2	8	5
3	2	8	5	6
4	1	3	7	4
5	1	7	5	8
6	1	8	4	7



ภาพที่ 8 แสดงพิกัดในระบบ Orthogonal Helical Coordinate System สำหรับวิเคราะห์ท่อความร้อนแบบคอยสปริง

2. สมมุติฐาน ตัวแปลและสมการควบคุม
สมมุติฐาน (Assumptions)
- วิเคราะห์แบบ 3 มิติ

- วิเคราะห์ที่สถานะชั่วครู่
- ค่าการนำความร้อนคงที่

- การกระจายตัวของอุณหภูมิเป็นแบบ
สมมาตร

- ไม่มี การสร้าง ความ ร้อน (No heat
generate)

- อุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับ 25 °C

- อุณหภูมิในตำแหน่งให้ความร้อนคงที่ที่
80 °C

- ที่เวลาเริ่มต้น $t = 0$, สมมุติให้อุณหภูมิของ
ท่อความร้อนมีค่าเท่ากับ 25 °C

ตัวแปรต้น (Independent variable)

1. เปลี่ยนแปลงตามแนวรัศมีของท่อความร้อน

(The radius variable of heat pipe.)

2. เปลี่ยนแปลงตามความยาวของท่อความร้อน

(The length variable of heat pipe.)

ตัวแปรตาม (Dependent variable)

1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผนังของท่อ
ความร้อน

ตัวแปรควบคุม (Controls variable)

1. ความยาวของท่อความร้อน 20 เซนติเมตร

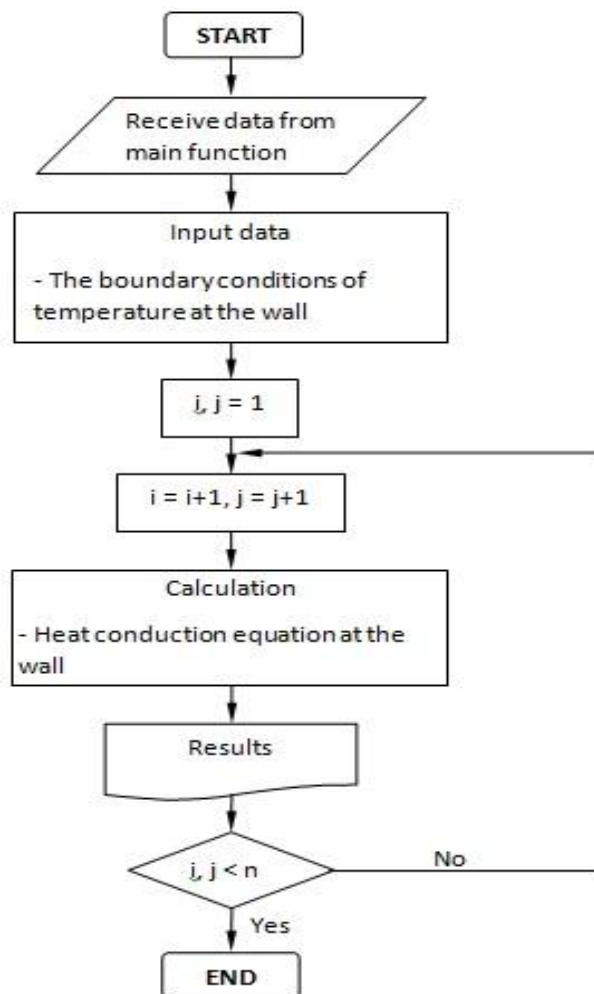
2. เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในท่อ 9
มิลลิเมตร และ 8 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3. อุณหภูมิที่ตำแหน่งเอลิเมนต์ที่ 1, 2, 5 และ
6 เท่ากับ 80 °C แสดงดังรูปที่ 7

4. อุณหภูมิเริ่มต้นที่ตำแหน่งเอลิเมนต์ที่ 3, 4,
7 และ 8 เท่ากับ 25 °C แสดงดังรูปที่ 7

5. ระยะพิทช์ 10 มิลลิเมตร

3. การวิเคราะห์รูปแบบการดำเนินงานของ
ท่อความร้อนแบบคอยสปริงภายใต้เงื่อนไขแบบชั่วคราว
ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ไดอะแกรมแสดงการคำนวณท่อความร้อนแบบคอยสปริงสถานะชั่วคราว

ผลการวิจัย

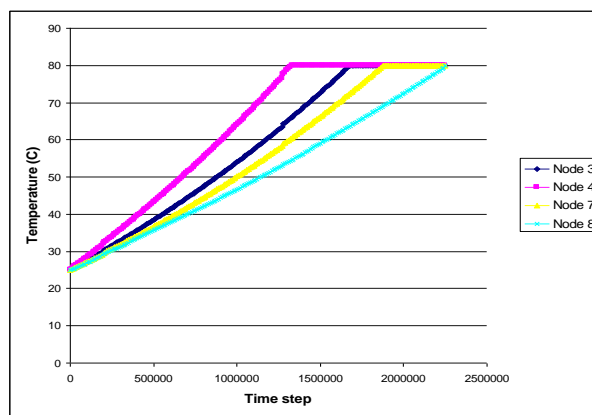
จากการนำสมการการนำความร้อนของท่อความร้อนแบบคอยสปริงส์ที่ปรับให้เข้าสู่ระบบอโทโกนอล (Orthogonal helical coordinate system) โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 3 มิติสถานะชั่วคราว แล้วนำมาใช้ในการแก้ปัญหาตามระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อทำนายการกระจายตัวทางความร้อนของท่อความร้อนแบบคอยสปริงส์ โดยผลที่ได้จากแบบจำลองและการออกแบบประกอบด้วย

ผลที่ได้จากการแก้ปัญหาในระบบพิกัดอโทโกนอล (Orthogonal helical coordinate

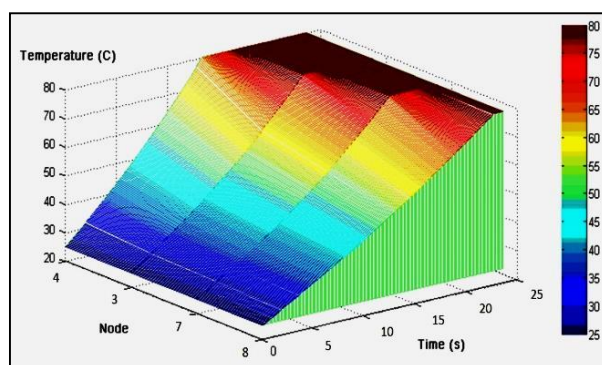
system) ของท่อความร้อนแบบคอยสปริง เพื่อวิเคราะห์หาสมการในการนำความร้อน จะได้ดังสมการ:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left[k \frac{\partial T}{\partial r} \right] + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \theta} \left[k \frac{\partial T}{\partial \theta} \right] + \frac{1}{a} \frac{\partial}{\partial s} \left[k \frac{\partial T}{\partial s} \right] + q' = \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t}$$

ผลที่ได้จากการแก้ปัญหาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ของการนำความร้อนของท่อความร้อนแบบคอยสปริง แสดงดังภาพที่ 10 และ 11



ภาพที่ 10



ภาพที่ 11

ภาพที่ 10 และ 11 แสดงผลการกระจายตัวของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงที่ของท่อความร้อนแบบคอยสปริง

ภาพที่ 10 และ ภาพที่ 11 แสดงผลของการกระจายอุณหภูมิของท่อความร้อนแบบคอยสปริงจากการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับใช้ในการแก้ปัญหาการนำความร้อนของท่อความร้อนแบบคอยสปริง จากผลที่ได้ พบว่า การกระจายตัวของอุณหภูมิในแต่ละโหนดมีแนวโน้มที่เหมือนกัน โดยโหนดที่ 3, 4, 7 และ 8 จะเข้าสู่สภาวะคงที่ 13.3, 16.8, 18.8 and 25.5 วินาที ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการแก้สมการการนำความร้อนที่ได้จากท่อความร้อนแบบคอยสปริง (Helical coiled heat pipe) ใน ระบบ พิกัด Orthogonal helical coordinates แล้วนำสมการที่ได้มาเข้าสู่ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ตามระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตค่าง เพื่อคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนสถานะชั่วครู่ ที่ผนังท่อความร้อนแบบคอยสปริง โดยแบ่งท่อความร้อนออกเป็น 8 โหนด 6 เอลิเมนต์ โดยท่อความร้อนมีความยาว 10 เซนติเมตร ให้อุณหภูมิเริ่มต้น 25 °C และป้อนความร้อนที่ 80 °C ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ MatLab พบว่า อุณหภูมิที่เคลื่อนตัวผ่านผนังท่อความร้อนในแต่ละโหนดมีแนวโน้มที่เหมือนกัน โดยโหนดที่ 4, 3, 7 และ 8 จะเข้าสู่สภาวะคงที่ในช่วงเวลา 13.3, 16.8, 18.8 และ 25.5 วินาที ตามลำดับ ซึ่งโหนดที่ 4 และ 3 จะมีระยะเวลาเคลื่อนที่ของความร้อนที่สั้นกว่าโหนดที่ 7 และ 8 ทำให้โหนดที่ 4 และ 3 เข้าสู่สภาวะคงที่ได้เร็วกว่า โหนดที่ 7 และ 8

เอกสารอ้างอิง

- ปราโมทย์ เดชะอำไพ. (2550). **ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- ยุธนา ศรีอุดม ชีรพัฒน์ ชมภูคำ และ สัมพันธ์ ฤทธิเดช. (2557). **อุณหภูมิส่วนทำระเหยระยะพิทช์ และสารทำงานที่มีต่อรูปแบบการไหลและการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั้นวงรอบชนิดเกลียวขด**. การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ. ครั้งที่ 13, 47-53
- สัมพันธ์ ฤทธิเดช. (2555). **เทคโนโลยีท่อความร้อน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย มหาสารคาม.
- B. Rashidian, M. Amidpour and M.R. Jafari Nasr. (2008). **Modeling the Transient Response of the Thermosyphon Heat Pipe**. Proceeding of the World Congress on Engineering. Vol. II WCE, London, U.K. July 2-4.
- Huajun Chen et al. (2003). Theoretical and numerical analysis of convective heat transfer in the rotating helical pipes. **International Journal of Heat and Mass Transfer**. 46, 4899–4909.
- K. Yamamoto et al. (2002). Visualization of the flow in a helical pipe. **Fluid Dynamics Research**. 30, 251–267.
- S. Mahjoub and A. Mahtabroshan. (2008). Numerical Simulation of a Conventional Heat Pipe. **World Academy of Science, Engineering and Technology**. 39, 117-122.

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่งกำลังงานสองขด

Influence Factors Study of Two Transmitter Wireless Power Transfer

ภาณุพงศ์ โวหาร¹ วัตมล แก้วถึง² และเอกชัย ชัยดี^{3*}
Phanuphong Wohan¹, Watthamon Kaeothueng² and Ekkachai Chaidee^{3*}

^{1,2,3} สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

^{1,2,3} Student, Department of Electrical Engineering, Faculty of engineering Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai

*Corresponding author e-mail: ekkachai@rmutl.ac.th, ekkachai.ch799@gmail.com

บทคัดย่อ

การเพิ่มกำลังไฟฟ้าขาออกของวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่งกำลังงานหลายขดจำเป็นต้องเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อการส่งกำลังงาน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการส่งกำลังงานไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด จากผลการวิเคราะห์วงจรสมมูลไฟฟ้าพบว่าพารามิเตอร์ที่มีผล คือ แรงดันไฟฟ้าขาเข้า ความต้านทานของโหลด ความเหนี่ยวนำร่วม และความถี่เรโซแนนซ์ ได้ออกแบบวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด ใช้วงจรขับเป็นอินเวอร์เตอร์แบบเต็มคลื่น ออกแบบการทดลองโดยให้ความสำคัญที่ความเหนี่ยวนำร่วม และความถี่เรโซแนนซ์ เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์ที่มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าพารามิเตอร์อื่น และทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย จากผลการศึกษาพบว่า 1) จำนวนขด ทิศทางการไหลของกระแส และตำแหน่งการจัดวางขดส่งกำลังงาน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเหนี่ยวนำร่วม 2) การเพิ่มขดส่งกำลังงาน 2 ขด ที่ระยะห่าง และตำแหน่งการจัดวางที่เหมาะสม สามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าขาออก และประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายได้ 3) การปรับค่าความถี่เรโซแนนซ์ ตามการเปลี่ยนแปลงของระยะห่าง ตำแหน่งการจัดวางตัวนำ ทำให้กำลังไฟฟ้าขาออก และประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาใช้เป็นแนวทางการศึกษาและพัฒนาวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายต่อไป

คำสำคัญ : การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย, กำลังไฟฟ้าขาออก, ขดส่งกำลังงานหลายขด, ความเหนี่ยวนำร่วม, ความถี่เรโซแนนซ์

Abstract

To increase output power of multiple wireless power transfer, influence parameters on performance of wireless power transfer should be known. Objectives of this study are to study and analyze the influence parameters on performance of two transmitter wireless power transfer. From equivalent circuit analysis, the influence parameters are input voltage, load resistance, mutual inductance and resonance frequency. Circuit of wireless power transfer driving by full bridge inverter was designed. Experiments of multiple wireless power transfer were designed by focusing on mutual inductance and resonance frequency that have changing opportunity more than other parameter and testing to transfer power was performed. From results of study, found that 1) number of transmitter coils, direction of current and position of transmitter coils have effect on changing of mutual inductance 2) increasing two transmitter coils with optimal distance position can increase output power and efficiency of wireless power transfer 3) adjustment of frequency resonance according to change of distance, position of transmitters can increase output power and efficiency of wireless power transfer. The study results can be used as guide to study and development of wireless power transfer.

Keywords: Wireless power transfer, output power, multiple transmitter, mutual inductance, resonance frequency

บทนำ

การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายโดยใช้สนามแม่เหล็กความถี่สูงในสภาวะรีโซแนนซ์คลื่นระหว่างขดตัวนำด้านส่งและด้านรับ รู้จักครั้งแรกจากการทดลองของนิโคลาร์ เทสเลอร์ (S.Y.R. Hui et al, 2014) นิโคลาร์ เทสเลอร์ใช้ขดตัวนำพันบนแกนอากาศต่ออนุกรมกับคาปาซิเตอร์ทำหน้าที่เป็นขดส่งและรับกำลังงาน ส่งกำลังงานผ่านตัวกลางอากาศ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้งานหลายด้าน เช่น การประจุแบตเตอรี่ให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดเล็ก รถยนต์ไฟฟ้า งานทางการแพทย์ เป็นต้น

งานวิจัยเกี่ยวกับการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายที่ผ่านมามีหลายลักษณะ เช่น การหาเทคนิคเพิ่มกำลังไฟฟ้าขาออกและประสิทธิภาพ (T.C. Beh et al, 2010) การขยายระยะทางการส่งกำลังงาน (W. Zhong et al, 2013) เป็นต้น ในปัจจุบันมีแนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีอีกด้านหนึ่ง คือ การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายโดยใช้ขดส่งกำลังงานหลายขดเพื่อเพิ่มฟลักซ์แม่เหล็กด้านส่งกำลังงาน ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า (I. J. Yoon et al, 2011) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่ง 2 ขด ขดละ 2 ขดตัวนำ อธิบายการเปลี่ยนแปลงความถี่รีโซแนนซ์เมื่อมีโลหะแทรกระหว่างด้านส่งและรับกำลังงาน (K. Lee et al, 2013) ได้วิเคราะห์ผลของปรากฏการณ์ diversity โดยใช้การเปรียบเทียบระหว่างการวิเคราะห์แบบ Coupled mode theory และการวิเคราะห์วงจรทางไฟฟ้า ซึ่งได้ผลตรงกัน (K. Hatanaka et al, 2002) พัฒนาโต๊ะส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายใช้ขดส่งกำลังงาน 7 ขดวางในแนวนอน ซึ่งไม่คำนึงถึงตำแหน่งการจัดวางตัวนำด้านส่งแต่อย่างใด งานวิจัยที่กล่าวมามีจุดเด่น แนวทางการศึกษาต่างกันออกไป

การออกแบบวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่งกำลังงานหลายขดจำเป็นต้องเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการส่งกำลังงาน ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้

ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด สำหรับเป็นแนวทางในการเพิ่มพิกัดกำลังไฟฟ้าขาออก เนื่องจากการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายพิกัดสูงนั้น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรอินเวอร์เตอร์ต้องรับภาระทำให้มีโอกาสเสียหายได้และประกอบกับการออกแบบวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายพิกัดกำลังสูงขดตัวนำต้องมีความเหนี่ยวนำสูง ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้ขนาดขดตัวนำไม่เหมาะสมแก่การประยุกต์ใช้งานบางอย่าง หรือการเพิ่มความเหนี่ยวนำโดยใช้วัสดุ เช่น แกนเฟอร์ไรต์ ที่มีขายตามท้องตลาด พบว่ามีผลตอบสนองทางความถี่ในย่านที่สูงซึ่งอาจไม่ตรงกับความถี่ของอินเวอร์เตอร์ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนขดส่งกำลังงานจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าว

วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและสร้างระบบส่งกำลังงานไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่ง 2 ขด

เพื่อศึกษาผลของความเหนี่ยวนำร่วม และความถี่ที่มีผลต่อสมรรถนะการส่งกำลังงานไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่งกำลังงานไฟฟ้า 2 ขด

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. หม้อแปลงไฟฟ้าแกนอากาศ

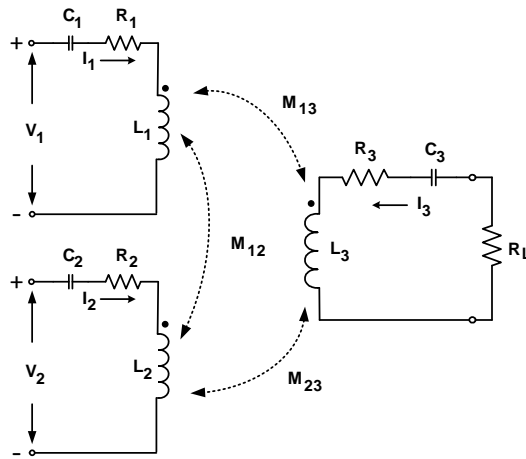
หม้อแปลงไฟฟ้าแกนอากาศ อาศัยหลักการความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเส้นแรงแม่เหล็กในการสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จึงทำให้เกิดการเหนี่ยวนำร่วม (Mutual Inductance) จึงสามารถส่งแรงดันไฟฟ้าผ่านอากาศจากตัวนำหนึ่งไปยังอีกตัวนำหนึ่ง

2. วงจรไฟฟ้าในสภาวะเรโซแนนซ์

วงจรเรโซแนนซ์สามารถต่อได้ 2 แบบคือ แบบอนุกรม และแบบขนาน โดยภายในวงจรประกอบไปด้วย ความเหนี่ยวนำ (L) ตัวเก็บประจุ (C) ความ

ต้านทาน (R) วงจรไฟฟ้าจะอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ก็ต่อเมื่อมีความถี่ที่เหมาะสม สามารถทำให้ XL และ XC มีค่าเท่ากัน ซึ่งความถี่นั้นเรียกว่า ความถี่เรโซแนนซ์ สามารถหาได้ตามสมการ ดังนี้

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



ภาพที่ 1 วงจรสมมูลทางไฟฟ้าของวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ส่งกำลังงาน 2 ขด

วิธีการวิจัย

1. การวิเคราะห์ห้วงจรสมมูลทางไฟฟ้า

ใช้สมการแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) หาสมการแรงดันในแต่ละลูปของวงจรในภาพที่ 1 จากนั้นจึงจัดสมการความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันอิมพีแดนซ์ และกระแสในแต่ละวงจร ได้ตามสมการที่ (1) ดังนี้

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1 & j\omega M_{12} & j\omega M_{13} \\ j\omega M_{12} & Z_2 & j\omega M_{23} \\ j\omega M_{13} & j\omega M_{23} & Z_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

เมื่อ

$$Z_1 = \left(R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} + j\omega L_1 \right), Z_2 = \left(R_2 + \frac{1}{j\omega C_2} + j\omega L_2 \right)$$

และ

3. วงจรอินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถใช้ในระดับความถี่ที่มีค่าสูงได้

$$Z_3 = \left(R_3 + R_L + \frac{1}{j\omega C_3} + j\omega L_3 \right) M_{12}, M_{13}, M_{23}$$

คือ ความเหนี่ยวนำร่วมระหว่างขดตัวนำ V_1, V_2 คือแรงดันไฟฟ้าขาเข้าขดส่งกำลังงานขดที่ 1 และ 2

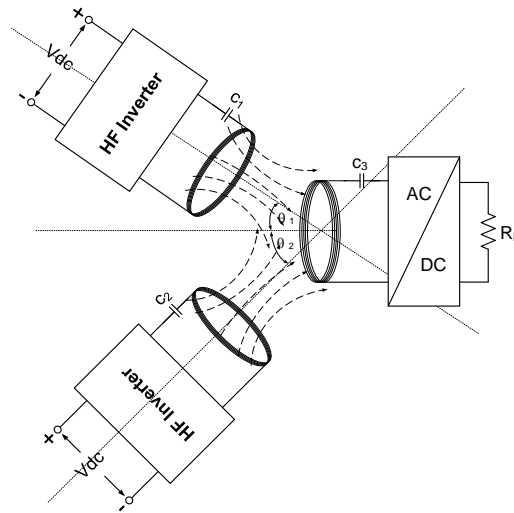
สมการที่ (2) ใช้หากระแสในแต่ละวงจรสำหรับนำไปหาค่ากำลังไฟฟ้าขาออก และประสิทธิภาพ ได้ดังสมการที่ (3)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in1} + P_{in2}} = \frac{I_3^2 R_L}{V_1 I_1 + V_2 I_2} \quad (3)$$

กรณีใช้จำนวนขดส่งกำลังงาน n ขดสามารถวิเคราะห์หาสมการประสิทธิภาพ และกำลังไฟฟ้าขาออกได้ในลักษณะเดียวกัน

1. ออกแบบวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย

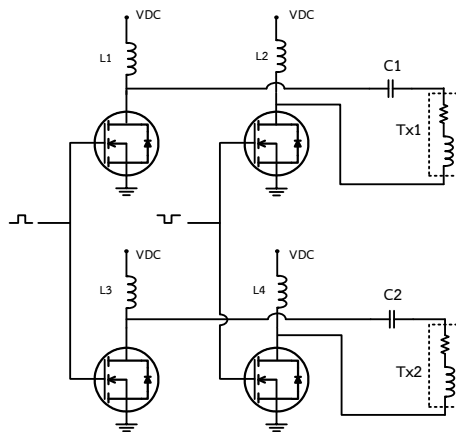
องค์ประกอบของวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบ ใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด และขดรับกำลังงาน 1 ขด

ส่วนประกอบหลักประกอบไปด้วย อินเวอร์เตอร์ ขดตัวนำด้านส่ง และด้านรับกำลังงาน ต่อกันกับคาปาซิเตอร์เพื่อทำให้เกิดสภาวะรีโซแนนซ์

1.1 อินเวอร์เตอร์ความถี่สูงใช้สำหรับจ่ายกำลังงานให้กับขดส่งกำลังงาน ทำงานย่านความถี่ระดับกิโลเฮิร์ต พัฒนามาจากวงจรอินเวอร์เตอร์แบบ พุช-พูล แสดงดังภาพที่ 3



ก) ไดอะแกรมวงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง



ข) วงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง

ภาพที่ 3 ไดอะแกรมและวงจรอินเวอร์เตอร์ความถี่สูง

1.2 พารามิเตอร์ของวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย ขดตัวนำด้านส่ง และด้านรับกำลังงาน ทำมาจากตัวนำทองแดงเบอร์ 18 AWG พันบนแกนอากาศ

มีค่าพารามิเตอร์ แสดงในตารางที่ 1 มีลักษณะขดตัวนำแสดงดังภาพที่ 4 ค่าความเหนี่ยวนำ ความต้านทาน



ภาพที่ 4 ลักษณะขดตัวนำด้านส่งและรับกำลังงาน

วัดค่าโดยใช้ R-L-C ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ส่วนคาปาซิแตนซ์คำนวณให้สัมพันธ์กับความถี่เรโซแนนซ์และความเหนี่ยวนำ ตามสมการ

$$C = \frac{1}{(4\pi^2 \times f_r \times L)} \quad (4)$$

2. ออกแบบการทดลอง

พิจารณาผลการวิเคราะห์วงจรสมมูลทางไฟฟ้า พบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าขาออกและประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย คือ แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (V_1) ความต้านทานของโหลด (R_L) ความถี่เรโซแนนซ์ (f_r) และความเหนี่ยวนำรวม (M)

โดยที่ความเหนี่ยวนำรวมและความถี่เรโซแนนซ์เป็นพารามิเตอร์ที่มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าพารามิเตอร์ตัวอื่น จึงได้ออกแบบการทดลองเพื่อ

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย

	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	ขนาดตัวนำ (AWG)	จำนวนรอบ (N)	ความเหนี่ยวนำ (mH)	ความต้านทาน (Ω)	ความถี่เรโซแนนซ์ (kHz)	คาปาซิเตอร์ (nF)
ขดส่งชุดที่1	26	18	200	38	4.75	11.915	4.7
ขดส่งชุดที่2	26	18	200	38	4.75	11.915	4.7
ขดรับกำลังงาน	26	18	200	38	4.75	11.915	4.7

สังเกตผลของพารามิเตอร์ดังกล่าว ตามสมมุติฐานดังนี้

2.1 การทดลองเพื่อศึกษาผลของความเหนี่ยวนำรวม จากสมการพื้นฐานของความเหนี่ยวนำรวมระหว่างตัวนำ 2 ขด แสดงในสมการที่ (5)

$$M = k\sqrt{L_1L_2} \quad (5)$$

เมื่อ L_1, L_2 คือ ความเหนี่ยวนำของขดตัวนำแต่ละขด

k คือ Coefficient of Coupling เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์แม่เหล็กด้านรับต่อฟลักซ์ที่ส่งมาจากด้านขดส่งกำลังงาน (Robert L et al, 2003)

พิจารณาสมการที่ (5) ประกอบกับงานวิจัยที่ผ่านมพบว่า ปัจจัยหลักที่ทำให้ความเหนี่ยวนำรวมเปลี่ยนแปลง คือ

1) ระยะห่างระหว่างตัวนำ งานวิจัย [1] ได้แสดงสมการ k ในฟังก์ชันของระยะห่างระหว่างตัวนำ

$$k = \frac{1}{\left[1 + 2^{2/3} \left(d / \sqrt{r_1 r_2}\right)^2\right]^{3/2}} \quad (6)$$

เมื่อ r_1, r_2 คือ รัศมีของขดตัวนำแต่ละขด

d คือ ระยะห่างระหว่างขดตัวนำ

จากสมการ (5) และ (6) จึงกล่าวได้ว่าระยะห่างของขดตัวนำมีผลต่อความเหนี่ยวนำรวม

2) การจัดวางตัวนำในแนวเอียงด้านข้าง (Lateral misalignment) งานวิจัย (T.P. Ezhil Reenaa Joy et al, 2014) ได้อธิบายผลของความเหนี่ยวนำรวมเมื่อตัวนำวางเอียงกันทางด้านข้าง

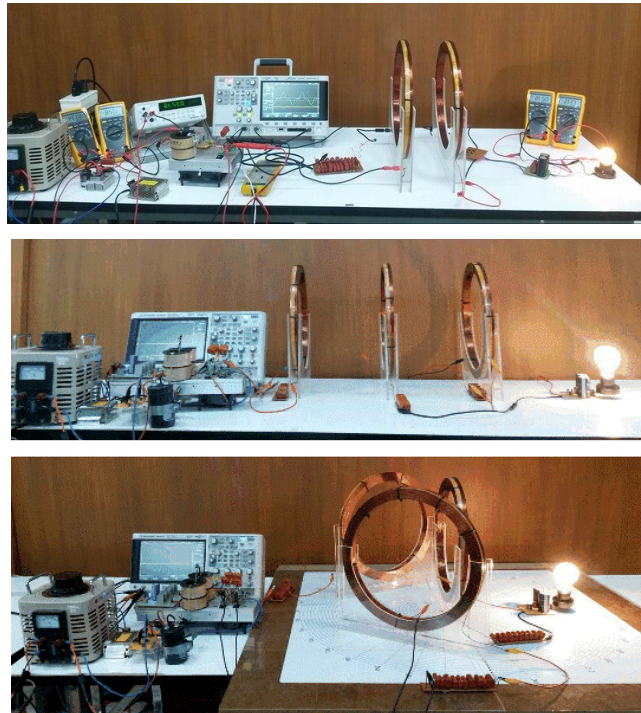
3) การจัดวางตัวนำในแนวเอียงเชิงมุม (Angular misalignment) งานวิจัย (S. Raju et al, 2014) ได้อธิบายผลของความเหนี่ยวนำรวมเมื่อจัดวางตัวนำในแนวเอียงเชิงมุม

เมื่อพิจารณาการจัดวางตัวนำในกรณีที่ 2) และ 3) ประกอบกับนิยามของ k (Coefficient of coupling) พบว่า การจัดวางตัวนำมีผลกับการเปลี่ยนแปลงของความเหนี่ยวนำรวม อย่างไรก็ตาม ปัจจัยทั้ง 3 ข้อ ที่กล่าวมา ใช้กับรูปแบบการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย 2 ขดคือ ขดส่งและรับกำลังงานอย่างละ 1 ขด ตามรูปแบบของ นิโคลาร์ เทสเลอร์

ดังนั้นเพื่อพิจารณาว่าปัจจัยทั้ง 3 ข้อ มีผลกับกรณีใช้ขดส่งกำลังงานมากกว่า 1 ขด หรือไม่ จึงได้ออกแบบการทดลองอ้างอิงตามสมมุติฐานดังกล่าว

2.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่รีโซแนนซ์

เมื่อความเหนี่ยวนำรวมเปลี่ยนแปลงทำให้อิมพีแดนซ์ของวงจรเปลี่ยนแปลงตาม ดังนั้นความถี่รีโซแนนซ์ของวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายจึงเปลี่ยนไปด้วย หรืออาจมองได้ว่าจำเป็นต้องปรับค่าความถี่เพื่อชดเชยผลของการเปลี่ยนแปลงความเหนี่ยวนำรวมดังกล่าว (Y. Zhang et al, 2014) การทดลองนี้จึงมีลักษณะติดตามความถี่ของวงจรเมื่อระยะห่าง การจัดวาง และมุมของตัวนำเปลี่ยนแปลงไป



ภาพที่ 5 ลักษณะการทดลองและพิกัดการจัดวางตัวนำ

ผลการวิจัย

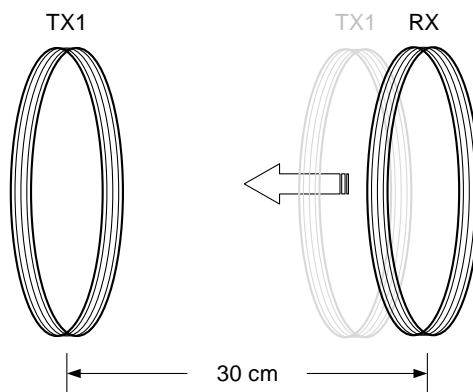
การทดลองทั้งหมดใช้แรงดันกระแสตรงขาเข้า 40 V คงที่ตลอดการทดลอง ใช้ความถี่รีโซแนนซ์ 11.9 kHz จ่ายกำลังงานให้กับโหลดตลอดใส่ขนาด 60 W ใช้ขดรับกำลังงาน 1 ขด ลักษณะการทดลองและการจัดวางตัวนำแสดงดังภาพที่ 5 ค่ากำลังไฟฟ้าขาออก และประสิทธิภาพการส่งกำลังงาน คำนวณจากสัญญาณแรงดัน และกระแส ที่วัดได้ในวงจร

การทดลองที่ 1 การทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบวางตำแหน่งขดตัวนำในแนวตรง

แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1.1 การทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายโดยใช้ขดส่งกำลังงาน 1 ขด

ผลการทดลองใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับผลการทดลองกรณีใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด ในการทดลองใช้ขดส่ง และรับกำลังงาน อย่างละ 1 ขด จัดวางตัวนำในแนวตรง เลื่อนขดส่งกำลังงานออกห่างจากขดรับตั้งแต่ 0 – 30 cm แสดงดังภาพที่ 6 ดังนี้

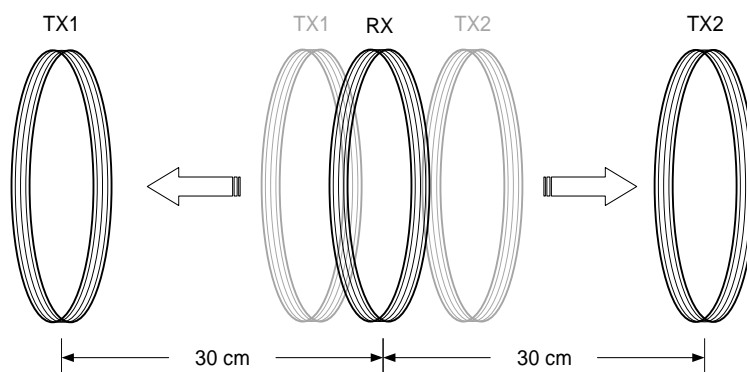


ภาพที่ 6 การทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่งกำลังงาน 1 ขด วางในแนวตรง

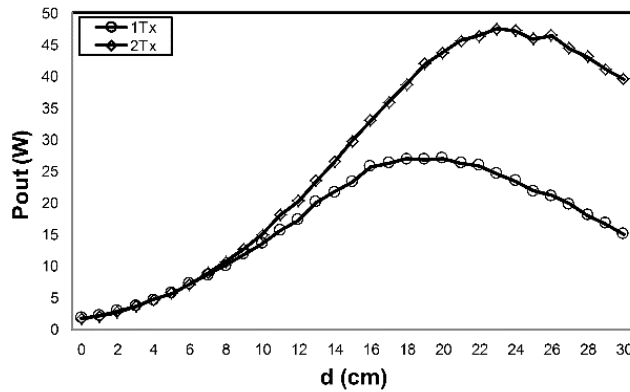
การทดลองที่ 1.2 การทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายโดยใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออกและประสิทธิภาพกรณีใช้ขดส่งกำลังไฟฟ้า 2 ขด ลักษณะการทดลองและการจัดวางตัวนำแสดงดังภาพที่ 7 ทำการทดลองใน 2 กรณี คือ

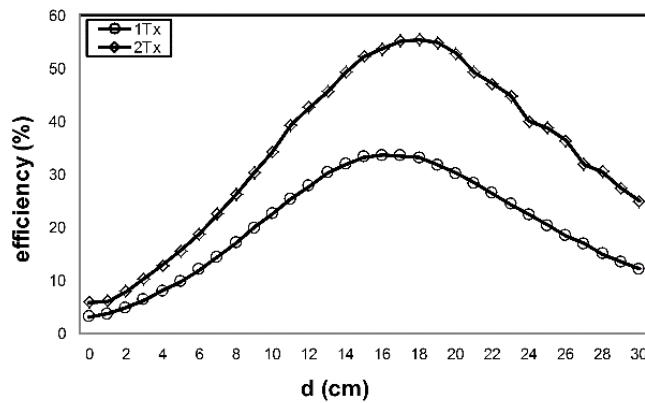
กรณีที่ 1 เลื่อนขดส่งกำลังงานออกห่างขดรับกำลังงานเท่าๆ กันครั้งละ 1 cm ระยะ 0 – 30 cm ได้ลักษณะกราฟกำลังไฟฟ้าขาออก และประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับกรณีใช้ขดส่งกำลังงาน 1 ขด แสดงดังภาพที่ 8 และ 9 ดังนี้



ภาพที่ 7 การทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด วางในแนวตรง



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าขาออกเมื่อใช้ขดส่งกำลังงาน 1 ขด และ 2 ขด

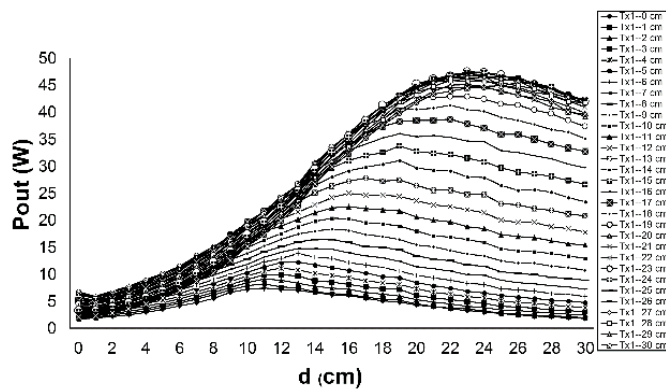


ภาพที่ 9 ประสิทธิภาพ เมื่อใช้ขดส่งกำลังงาน 1 ขด และ 2 ขด

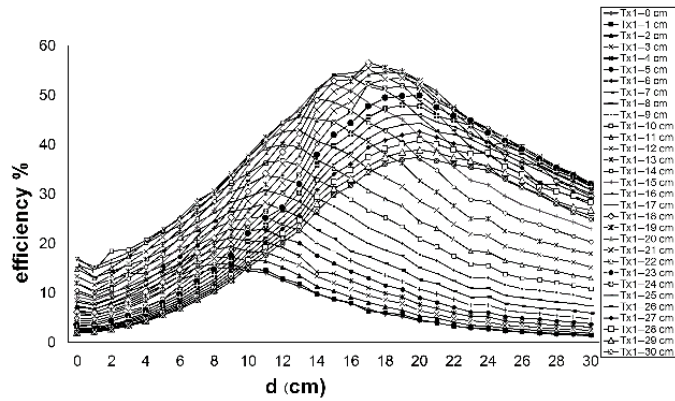
จากภาพที่ 8 และ 9 พบว่า การใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด ทำให้ค่ากำลังงานไฟฟ้าขาออกเพิ่มขึ้น 62% ที่ระยะ 20 cm ในขณะที่ประสิทธิภาพเพิ่ม 59% ที่ระยะ 16 cm ซึ่งพิจารณาจากจุดที่ดีที่สุดจากการใช้ขดส่ง 1 ขด

กรณีที่ 2 กำหนดให้ขดส่งกำลังงาน Tx1 คงที่ จากนั้นทำการเลื่อนขดส่งกำลังงาน Tx2 ออกห่าง

จากขดรับกำลังงาน Rx ครั้งละ 1 cm ตั้งแต่ 0 – 30 cm จากนั้นทำการทดลองซ้ำโดยเลื่อนขดส่งกำลังงาน Tx1 ออกห่างขดรับกำลังงาน Rx ครั้งละ 1 cm ได้ลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออก และประสิทธิภาพรูปที่ 10 และ 11



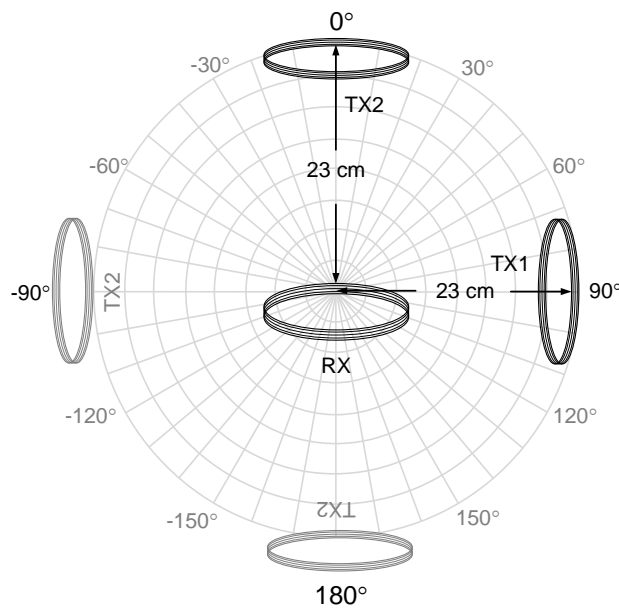
ภาพที่ 10 กำลังไฟฟ้าขาออกเมื่อใช้ขดส่ง 2 ขด



ภาพที่ 11 ประสิทธิภาพเมื่อใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด

จากภาพที่ 10 และ 11 พบว่ากำลังไฟฟ้าขาออกสูงสุด 47.47 W เมื่อขด Tx1 และ Tx2 ห่างจากขด Rx ด้านละ 23 cm ในขณะที่ประสิทธิภาพมี

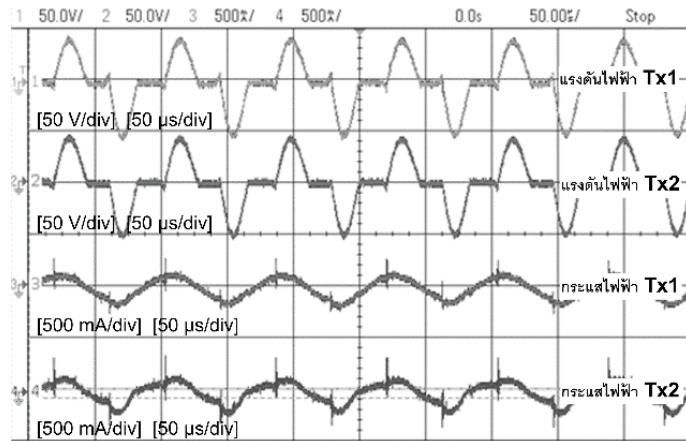
ค่าสูงสุด 56.68% เมื่อขด Tx1 ห่างจากขด Rx 18 cm และ Tx2 ห่างจากขด Rx 17 cm ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองกรณีที่ 1



ภาพที่ 12 ไดอะแกรมการทดลองกรณีใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด วางในแนวเชิงมุม

การทดลองที่ 2 การทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายโดยใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด วางในแนวเชิงมุม การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเหนี่ยวนำร่วม (M_{12}, M_{13}, M_{23}) ตำแหน่ง

พิกัดการจัดวางตัวนำแสดงดังรูปที่ 12 ตำแหน่งขดส่ง Tx1 คงที่ตำแหน่ง 90° เลื่อนตำแหน่งขด Tx2 ครั้งละ 10° ทดลองซ้ำโดยปรับขดส่ง Tx1 ครั้งละ 10° แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

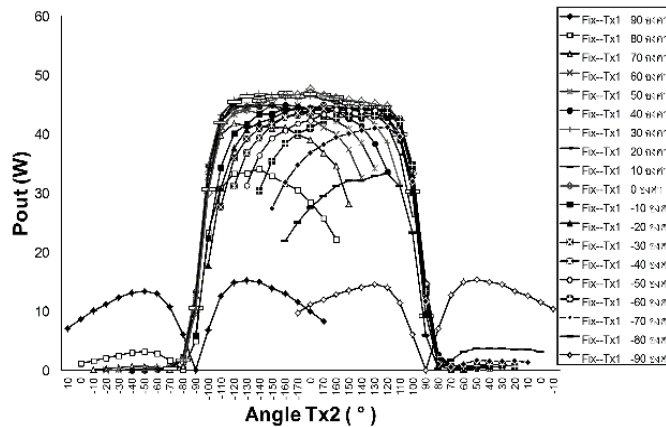


ภาพที่ 13 รูปคลื่นกระแสและแรงดันด้านขาเข้าขดส่งกำลังงาน Tx1 และ Tx2 การทดลองที่ 2.1

ภาพที่ 13 ได้จากการทดสอบที่ระยะห่าง 22 cm เนื่องจากเป็นระยะที่ให้กำลังไฟฟ้าขาออกสูงที่สุด

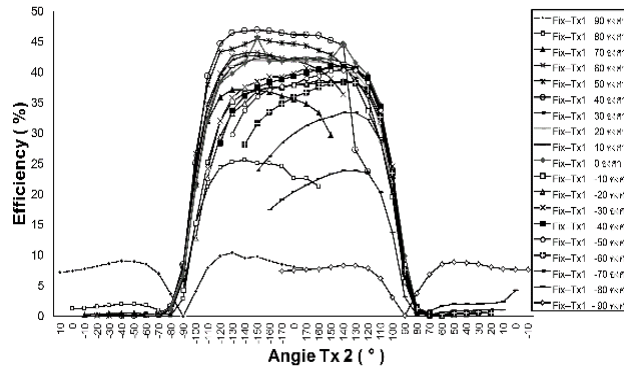
การทดลองที่ 2.1 กำหนดให้ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านขดส่งกำลังงาน Tx1 และ Tx2 ไปในทิศทางเดียวกัน

ทิศทางการไหลของกระแสผ่านขด Tx1 และ Tx2 มีเฟสตรงกันแสดงดังรูปที่ 13 มีลักษณะกำลังไฟฟ้าขาออก และประสิทธิภาพเทียบกับมุมของ Tx2 ที่ตำแหน่ง Tx1 ต่างกันแสดงดังรูปที่ 14 และ 15 ดังนี้



ภาพที่ 14 กำลังไฟฟ้าขาออกเมื่อทิศทางการไหลของกระแสผ่านขด Tx1 และ Tx2 มีทิศทางเดียวกัน

จากภาพที่ 14 พบว่ากำลังไฟฟ้าขาออกสูงสุด 47.59 W ที่ตำแหน่งของ Tx1 ที่มุม 0° และ Tx2 ที่มุม 180°

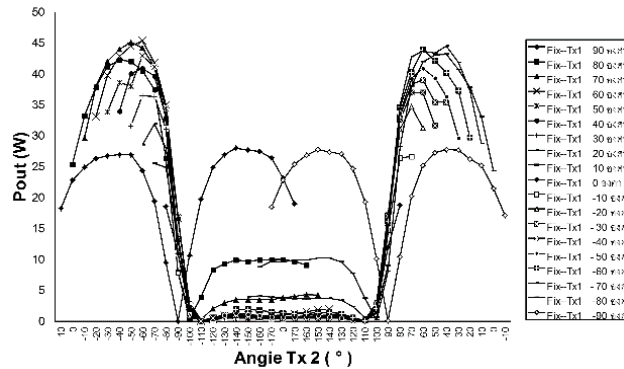


ภาพที่ 15 ประสิทธิภาพเมื่อทิศทางการไหลของกระแสผ่านขด Tx1 และ Tx2 มีทิศทางเดียวกัน

พิจารณาภาพที่ 15 พบว่าประสิทธิภาพสูงสุด 46.82% เมื่อ Tx1 วางในตำแหน่งมุม 40° และ Tx2 ที่มุม -150°

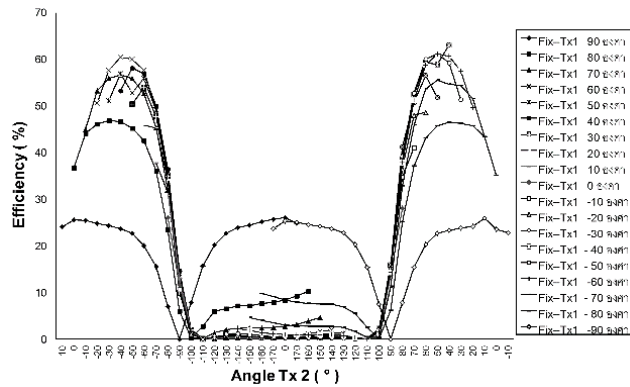
การทดลองที่ 2.2 กำหนดให้ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านขดส่ง กำลังงาน Tx1 และ

Tx2 สวนทางเดียวกัน สลับขั้วของแหล่งจ่ายกระแสตรงที่จ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์ที่ขดส่ง Tx1 ทำให้มุมเฟสของกระแสไหลผ่านขดส่งทั้ง 2 ต่างเฟสกัน 180° กำลังไฟฟ้าขาออกและประสิทธิภาพดังภาพที่ 16 และ 17



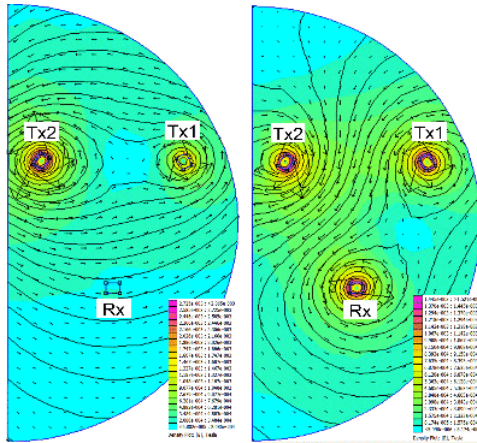
ภาพที่ 16 กำลังไฟฟ้าขาออกเมื่อทิศทางการไหลของกระแสผ่านขด Tx1 และ Tx2 มีทิศทางสวนกัน

จากภาพที่ 16 พบว่ากำลังไฟฟ้าขาออกสูงสุด 45.34 W เมื่อ Tx1 อยู่ตำแหน่งมุม 60° และ Tx2 ที่มุม -60°



ภาพที่ 17 ประสิทธิภาพเมื่อทิศทางการไหลของกระแสผ่านขด Tx1 และ Tx2 มีทิศทางสวนกัน

ในขณะที่ประสิทธิภาพในภาพที่ 17 มีค่าสูงสุด 63.08% ที่ตำแหน่งขด Tx1 มุม -40° และ Tx2 ที่มุม 40°

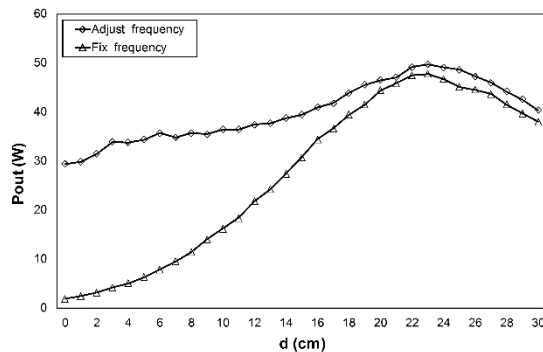


ภาพที่ 18 สนามแม่เหล็ก เมื่อ Tx1 ที่มุม 60° และTx2 มุม -60° การทดลองที่ 2.1 (ซ้าย) และ 2.2 (ขวา)

ทำการจำลองลักษณะสนามแม่เหล็กกรณี Tx1 อยู่ตำแหน่งมุม 60° และTx2 ที่มุม -60° เปรียบเทียบระหว่างการทดลองที่ 2.1 และ 2.2 โดยใช้โปรแกรมไฟไนต์อิเลเมนต์ (FEMM) จากผลการจำลองในภาพที่ 18 สอดคล้องกับผลการทดลองทดลองที่ 2.1 และ 2.2 แสดงถึงทิศทางการไหลของ

กระแส และตำแหน่งการจัดวางตัวนำมีผลต่อการหักล้างหรือเสริมของสนามแม่เหล็ก

การทดลองที่ 3 การทดลองปรับค่าความถี่รีโซแนนซ์ เพื่อศึกษาผลกระทบทางความถี่ จึงได้ทำการทดลองปรับค่าความถี่ตามระยะห่าง และตำแหน่งการจัดวางตัวนำตามการทดลองที่ 1 และ 2



ภาพที่ 19 กำลังไฟฟ้าขาออกเมื่อปรับค่าความถี่รีโซแนนซ์กรณีใช้ขดส่ง 1 ขดวางในแนวตรงกับขดรับ

พบว่ากรณีใช้ขดส่งกำลังงาน 1 ขด ตามการทดลองที่ 1 ให้กำลังงานไฟฟ้าขาออกเพิ่มขึ้น 5 % ที่ระยะ 23 cm แสดงดังรูปที่ 19 ในขณะที่ประสิทธิภาพเพิ่ม 11% ที่ระยะ 18 Cm โดยพิจารณาจากจุดที่ดีที่สุด

จากการทดลองที่ 2 ให้กำลังงานไฟฟ้าขาออกเพิ่มขึ้น 4 % ที่มุม Tx1 เท่ากับ 60° และมุม Tx2 เท่ากับ -60° ในขณะที่ประสิทธิภาพเพิ่ม 16% ที่มุม

Tx1 เท่ากับ -70° และมุม Tx2 เท่ากับ 40° โดยพิจารณาจากจุดที่ดีที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบวางตำแหน่งขดตัวนำในแนวตรง การใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด ทำให้กำลังไฟฟ้าขาออก และประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เนื่องจากการคล้อง

สนามแม่เหล็กด้านขดรับกำลังงานเพิ่มขึ้น ตำแหน่งที่ให้กำลังไฟฟ้าขาออกสูงสุด เมื่อขด Tx1 และ Tx2 ห่างจากขดรับกำลังงาน Rx ด้านละ 23 cm ตำแหน่งนี้ อิมพีแดนซ์ของระบบและแหล่งจ่ายมีความสมดุลกัน เนื่องจากความเหนี่ยวนำรวมมีผลต่อค่าอิมพีแดนซ์ของระบบโดยตรง ในขณะที่ประสิทธิภาพมีค่าสูงสุดที่ตำแหน่ง Tx1 ห่างจากขด Rx 18 cm และ Tx2 ห่างจากขด Rx 17 cm

การทดลองที่ 2 การทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายโดยใช้ขดส่งกำลังงาน 2 ขด วางในแนวเชิงมุม

กรณีให้กระแสไหลผ่านขดส่งกำลังงานมีทิศทางเดียวกัน กำลังไฟฟ้าขาออกมีค่าสูงสุด เมื่อขด Tx1 อยู่ที่มุม 0° และ Tx2 อยู่ที่มุม 180° ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ทิศทางของสนามแม่เหล็กเสริมกันมากที่สุด สอดคล้องกับการทดลองที่ 1 ในขณะที่ประสิทธิภาพสูงสุดที่ตำแหน่งขด Tx1 อยู่ที่มุม 40° และ Tx2 อยู่ที่มุม -150°

กรณีให้กระแสไหลผ่านขดส่งกำลังงานสวนทางกัน กำลังไฟฟ้าขาออกมีค่าสูงสุด เมื่อตำแหน่งขด Tx1 อยู่ที่มุม 60° และขด Tx2 อยู่ที่มุม -60° ที่ตำแหน่งนี้สนามแม่เหล็กระหว่างขดส่งกำลังงานมีทิศทางเสริมกัน และสามารถคล้องผ่านขดรับกำลังงานได้ดีที่สุด หรืออาจพิจารณาได้ว่าอิมพีแดนซ์ของระบบกับแหล่งจ่ายมีความสมดุลกัน ในขณะที่ประสิทธิภาพสูงสุดที่ตำแหน่งขด Tx1 อยู่ที่มุม -40° และ Tx2 อยู่ที่มุม 40°

การทดลองที่ 3 การทดลองปรับค่าความถี่รีโซแนนซ์

ความเหนี่ยวนำรวมเปลี่ยนแปลงตามระยะห่างและตำแหน่งการจัดวางตัวนำ ผลทำให้ความถี่รีโซแนนซ์เปลี่ยนแปลงตาม ดังนั้นเมื่อระยะห่างระหว่างตัวนำ หรือตำแหน่งการจัดวางเปลี่ยนแปลงไป การปรับค่าความถี่รีโซแนนซ์ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าขาออกและประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้นได้

ถึงแม้ว่ากำลังไฟฟ้าขาออกสามารถเพิ่มขึ้นได้ โดยการปรับแรงดันไฟฟ้าขาเข้าให้สูงขึ้น อีกด้านหนึ่ง

ทำให้ความเสียหายของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวงจรอินเวอร์เตอร์ได้ง่ายเช่นกัน การเพิ่มพิกัดกำลังไฟฟ้าขาออกโดยการเพิ่มจำนวนขดส่งกำลังงาน จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย

สรุป

จำนวนขด ทิศทางการไหลของกระแส และตำแหน่งการจัดวางขดส่งกำลังงาน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเหนี่ยวนำรวม

การเพิ่มขดส่งกำลังงาน 2 ขด ที่ระยะห่าง และตำแหน่งการจัดวางที่เหมาะสม สามารถเพิ่มกำลังไฟฟ้าขาออก และประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายได้

การปรับค่าความถี่รีโซแนนซ์ตามการเปลี่ยนแปลงของระยะห่าง ตำแหน่งการจัดวางตัวนำ ทำให้กำลังไฟฟ้าขาออก และประสิทธิภาพมีค่าเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอุดหนุนการวิจัย โครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่สังคม (HRS) จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ปี 2558

เอกสารอ้างอิง

- I. J. Yoon and H. Ling. (2011). Investigation of near-field wireless power transfer under multiple transmitters. IEEE Antennas Wireless Propagation Lett. 10, 662–665.
- K. Hatanaka, F. Sato, H. Matsuki, S. Kikuchi, J. Murakami, M. Kawase and T. Satoh. (2002). Power transmission of a desk with a cord-free power supply. IEEE Trans. Magn. 38(5), 3329–331.

- K. Lee and D. Cho. (2013). **Diversity analysis of multiple transmitters in wireless power transfer system.** IEEE Trans. Magn., 49(6), 2946–2952.
- Robert L. Boylstad. (2003). introductory circuit analysis. 10th ed. New Jersey, USA: Pearson Education, Inc. ch.21, 935-968.
- S.Y.R. Hui, W.Zhong and C.K.Lee.(2014, September). **A critical review of recent progress in mid-range wireless power transfer.** IEEE Trans. Power Electron., 29(9), 4500-4511.
- T.C. Beh, T.Imura, M.Kato and Y. Hori. (2010). **Basic Study of Improving Efficiency of Wireless Power Transfer via Magnetic Resonance Coupling Based on Impedance Matching.** Industrial Electronics (ISIE), 2010 IEEE International Symposium, 2011-2016.
- T.P. Ezhil Reena Joy, A. Dalal and P. Kumar. (2014). **Accurate Computation of Mutual Inductance of Two Air Core Squar Coils with Lateral and Angular Misalignments in a Flat Planar Surface.** IEEE Trans. Magn.50(1).
- W. Zhong, C. Kwan Lee and S.Y.R. Hui.(2013, January). **General Analysis on the Use of Tesla’s Resonators in Domino Forms for Wireless Power Transfer.** IEEE Trans. Ind. Electron. 60(1).

การศึกษาประสิทธิภาพของชุดอีโคโนไมเซอร์เพื่อการประหยัดพลังงานของหม้อไอน้ำ แบบท่อไฟขนาด 250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

Study Efficiency of Economizer Enhancement for Energy Conservation of the Boiler Fire Tube 250 Kilograms per Hour

วิชัย สินจักร^{1*}, ชัยวัฒน์ เขื่อนปัญญา², ทวีชัย กรมบุญ³ และ ภาณุวัฒน์ ศรีหะวงศ์⁴

Wichai Sinjuk^{1*}, Chaiwat Kheunpanya², Taweechai Kromboon³ and Panuwat Seehawong⁴

^{1,2}สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

^{1,2} Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Lampang

* Corresponding author e-mail: wichai_swu4@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของชุดอีโคโนไมเซอร์เพื่อการประหยัดพลังงานของหม้อไอน้ำแบบท่อไฟขนาด 250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการนำก๊าซไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องของหม้อต้มไอน้ำกลับมาอุ่นน้ำป้อนก่อนเติมเข้าหม้อไอน้ำ ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การออกแบบ สร้าง และติดตั้งทดลอง ซึ่งลักษณะของท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว กำหนดเป็นแบบท่อเหล็กกลมขดขึ้นรูปด้วยสลับกันไปมาเรียงเป็นชั้นๆ จำนวน 6 ชั้น มีพื้นที่ผิวท่อถ่ายเทความร้อน 1.037 ตารางเมตร ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของชุดอีโคโนไมเซอร์ที่มีทิศทางการไหลแบบตามขวางโดยของเหลวจะไหลอยู่ภายในท่อเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับก๊าซไอเสียที่ไหลอยู่ภายนอกท่อ ซึ่งอุณหภูมิน้ำด้านทางเข้าอยู่ที่ 28 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ออกจากปล่องหม้อไอน้ำสูงสุดที่ 140 องศาเซลเซียส หม้อไอน้ำทำงานที่ความดันสูงสุดที่ 4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร วันละ 8 ชั่วโมง ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ 9.31 ลิตรต่อชั่วโมง หรือ 74.5 ลิตรต่อวัน

ผลการศึกษาพบว่า หลังการติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโนไมเซอร์ทำให้อุณหภูมิน้ำด้านทางออกเพิ่มขึ้นที่ 44 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ออกจากปล่องหลังการแลกเปลี่ยนลดลงที่ 45 องศาเซลเซียส และใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ 8.54 ลิตรต่อชั่วโมง หรือ 68.37 ลิตรต่อวัน โดยสามารถทำให้ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 6.12 ลิตรต่อวัน หรือ 8.96 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : อีโคโนไมเซอร์ ,หม้อไอน้ำ, พื้นที่การถ่ายเทความร้อน

Abstract

Study efficiency of economizer enhancement for energy conservation of the boiler fire tube 250 kilograms per hour. Which was aimed to study the way to use the exhaust gas that was discarded from the boiler chimney to reheat the water before feeding to the boiler, the diesel was for the fuel in burning. There were 3 parts in this study; the design, invention, installation and test. The round iron tube was 1 inch in diameter with u-shaped to alternate for 6 layers, the surface area for heat transfer was 1.037 sq. m. The heat transfer of the economizer had the flowing direction in horizontal type which the liquid would flow in the tube for exchanging the heat with the exhaust gas that was flown outside the tube, the inlet water temperature was at 28 degree Celsius and the exhaust gas temperature that was discarded from the boiler was the highest at 140 degree Celsius, the highest pressure of the boiler was at 3.92 kg. per sq. m. in 8 hours a day, the fuel was used 9.31 Lt. per hour or 74.5 Lt. per day.

It was found that after installing the heat exchange of economizer, the outlet water temperature was higher at 44 degree Celsius and the exhaust gas temperature that was discarded from the boiler was the lower at 45 degree Celsius, the fuel was used 8.54 Lt. per hour or 68.37 Lt. per day. It saved the fuel 6.12 Lt. per hour or 8.96 percent.

Abstract: Economizer, Boiler, Surface Area for Heat Transfer

บทนำ

ความร้อนทิ้งเป็นพลังงานความร้อนซึ่งเกิดจากกระบวนการสันดาปการเผาไหม้เชื้อเพลิง หรือเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้วปล่อยสู่บรรยากาศ ซึ่งพลังงานส่วนนี้สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำเพื่อการประหยัดพลังงานได้วิธีการนำความร้อนนี้กลับคืนมาใช้ได้อย่างไรนั้นขึ้นกับอุณหภูมิของก๊าซร้อนทิ้งและความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ร่วมกัน ซึ่งการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพนั้นย่อมก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานจำนวนมากส่งผลให้ต้นทุนด้านพลังงานเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้การใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพยังนำไปสู่การปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น

ซึ่งการอุ่นน้ำก่อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำโดยผ่านชุดอีโคโนไมเซอร์นั้นเป็นวิธีนำเอาความร้อนที่ปล่อยทิ้งกลับมาใช้และเป็นวิธีการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการเผาไหม้วิธีการหนึ่ง เนื่องจากการที่น้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้พลังงานจากการใช้เชื้อเพลิงลดน้อยลง โดยชุดอีโคโนไมเซอร์นั้นเป็นอุปกรณ์ซึ่งเป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดี โดยชุดอีโคโนไมเซอร์จะใช้ความร้อนจากก๊าซไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากหม้อไอน้ำเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำจึงส่งผลให้หม้อไอน้ำใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ลดน้อยลงนั้นนับเป็นการประหยัดพลังงาน เนื่องจากโดยปกติแล้วหม้อไอน้ำนั้นถือได้ว่าการใช้พลังงานที่ค่อนข้างมาก ดังนั้นการใช้งานหม้อไอน้ำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้นก็เท่ากับเป็นการอนุรักษ์พลังงานด้วยเช่นกัน

งานวิจัยเกี่ยวข้องการแลกเปลี่ยนความร้อนได้มีการศึกษาไว้หลายประเด็นที่แตกต่างกันเช่น [8] ประสิทธิภาพเกี่ยวกับ การติดตั้งอีโคโนไมเซอร์กับปล่องของไอเสียของหม้อไอน้ำ พบว่าอีโคโนไมเซอร์สามารถอุ่นน้ำป้อนได้จาก 103 องศาเซลเซียส เป็น 110 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้นจาก 81 เปอร์เซ็นต์ เป็น 86 เปอร์เซ็นต์

ประสิทธิภาพของอีโคโนไมเซอร์เท่ากับ 0.423 สามารถประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงได้ 13 เปอร์เซ็นต์ [7] เอกอาทิพย์ ปรามมะณี และคณะ ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยจากการตรวจวัดหม้อไอน้ำ พบว่ามีความร้อนจากก๊าซเสียที่ปล่อยสู่บรรยากาศถึง 12.2 เปอร์เซ็นต์ จึงได้ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อกลม (ติดตั้งจริง) แบบท่อสี่เหลี่ยม และแบบท่อสามเหลี่ยม ซึ่งจากการวิเคราะห์แบบจำลองพบว่าท่อรูปทรงสามเหลี่ยมมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนเฉลี่ยดีที่สุด ได้นำก่อนเข้าหม้อไอน้ำมีอุณหภูมิเฉลี่ยถึง 112.3 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานมากกว่า 21 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับท่อกลมที่ได้นำอุณหภูมิเฉลี่ย 109.8 องศาเซลเซียส [1] ธิติญาณ์ เปลี่ยนมณี และคณะ ศึกษาการควบคุมอุณหภูมิของน้ำในระบบอุ่นน้ำก่อนก่อนเข้าอีโคโนไมเซอร์เพื่อป้องกันก๊าซไอเสียกลั่นตัวเป็นกรด ในการศึกษาได้ใช้หม้อไอน้ำขนาด 3,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิก๊าซเสีย 170 องศาเซลเซียส มีพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อนทั้งหมด 18.91 ตารางเมตร และน้ำภายในถังคอนเดนเสทมีอุณหภูมิประมาณ 43 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิผิวท่อด้านนอกภายในอีโคโนไมเซอร์มีอุณหภูมิต่ำสุด 82 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิกลั่นตัวของกรดที่เกิดจากการเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียม จึงไม่ทำให้เกิดไอเสียกลั่นตัวเป็นกรด และไม่ทำให้ท่อเกิดการกัดกร่อน สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 3.3 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นงานวิจัยจึงเป็นการออกแบบและสร้างชุดอีโคโนไมเซอร์ให้มีความเหมาะสมสำหรับหม้อไอน้ำซึ่งหม้อไอน้ำที่ทำการศึกษามีขนาด 250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เป็นชนิดแบบท่อไฟ และเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นประเภทชนิดของเหลว (น้ำมันดีเซล) เพื่อนำก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ออกจากปล่องของหม้อไอน้ำมาอุ่นน้ำก่อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการนำความร้อนจากก๊าซไอเสียที่ปล่อยทิ้งออกจากหม้อไอน้ำเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ
2. ชุดอีโคโนไมเซอร์กำหนดเป็นแบบท่อกลมและใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้

ทฤษฎี

ฉนวนการถ่ายเทความร้อนในหม้อไอน้ำ (Heat Transfer in Boiler) มีอยู่ 3 แบบคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี ในทิศทางอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ

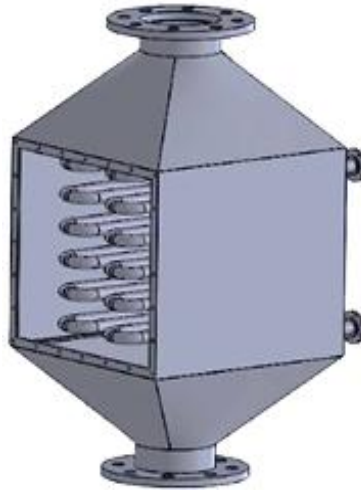
การนำความร้อน (Conduction) คือการถ่ายเทความร้อนจากที่อุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำโดยผ่านโมเลกุลของวัตถุนั้น ซึ่งจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุและจะไม่มีอัตราการถ่ายเทมวล

การพาความร้อน (Convection) คือการถ่ายเทความร้อนจากของไหลที่อุณหภูมิสูงไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำโดยการพา ซึ่งการพานั้นแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบธรรมชาติ คือการไหลของของไหลซึ่งไม่มีเครื่องจักรเกี่ยวข้อง อีกแบบคือการพาความร้อนแบบบังคับ ซึ่งการไหลของของไหลจะถูกควบคุมทิศทางและความเร็วโดยเครื่องจักร เช่น พัดลมและปั๊ม การพาความร้อนจะมีสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและอาศัยการถ่ายเทมวล

การแผ่รังสี (Radiation) คือการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีและการดูดซับรังสี ซึ่งวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงจะแผ่รังสีสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ (มีค่าตั้งแต่ 0-1) และวัตถุดำหรือวัตถุอุดมคติ ถือว่าเป็นวัตถุที่มีการดูดซับความร้อนได้ดีที่สุด

อีโคโนไมเซอร์ (Economizer) เป็นชุดอุปกรณ์ที่ทำงานโดยรับความร้อนจากแหล่งความร้อน (ก๊าซทิ้งจากกระบวนการผลิตหรือหม้อไอน้ำ) และถ่ายเทให้กับน้ำที่ต้องใช้ในอุปกรณ์หรือกระบวนการผลิต สำหรับระบบหม้อไอน้ำนั้นเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซกับของเหลวทำงานโดยรับความร้อนจากก๊าซไอเสียที่ทิ้งจากหม้อไอน้ำโดยส่วนใหญ่และถ่ายเทให้กับน้ำ (Preheating) ก่อนเข้าหม้อไอน้ำการแลกเปลี่ยนความร้อนนี้อาศัยหลักการนำความร้อนและพาความร้อนผ่านตัวกลางวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง

ท่อน้ำที่วิ่งเข้าสู่ชุดอีโคโนไมเซอร์จะมีลักษณะเป็นครีบและขดขึ้นเป็นตัวยู (U) สลับกันไปมาดังรูปที่ 1 เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวการถ่ายเทความร้อนระหว่างก๊าซกับของเหลวโดยทั่วไปการนำความร้อนของก๊าซทิ้งจากหม้อไอน้ำไปใช้อุ่นน้ำป้อนจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1 ลักษณะของชุดท่ออีโคโนไมเซอร์

ความแตกต่างของอุณหภูมิเชิงลอคที่ชุดอีโคโนไมเซอร์

สมดุลพลังงานที่อีโคโนไมเซอร์

พลังงานที่ให้ = พลังงานที่รับ

$$\dot{m}_g C_{p_g} (T_{g1} - T_{g2}) = \dot{m}_w C_{p_w} (T_{w2} - T_{w1})$$

โดยที่

\dot{m}_g คือ อัตราการไหลเชิงมวลของก๊าซ
(ton/hr)

C_{p_g} คือ ค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง
(kJ/kg)

T_{g1} คือ อุณหภูมิก๊าซที่เข้าอีโคโนไมเซอร์(C)

T_{g2} คือ อุณหภูมิก๊าซที่ออกอีโคโนไมเซอร์(C)

\dot{m}_w คือ อัตราการผลิตไอน้ำ(kg/hr)

C_{p_w} คือ ค่าความร้อนของน้ำ(kJ/kg · K)

T_{w1} คือ อุณหภูมิน้ำที่เข้าอีโคโนไมเซอร์(C)

T_{w2} คือ อุณหภูมิน้ำที่ออกอีโคโนไมเซอร์(C)

ฉะนั้น

$$T_{g2} = T_{g1} - \frac{\dot{m}_w C_{p_w} (T_{w2} - T_{w1})}{\dot{m}_g C_{p_g}}$$

โดยที่

$$\Delta T_1 = T_{g2} - T_{w1}$$

$$\Delta T_2 = T_{g1} - T_{w2}$$

จาก

$$= \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}$$

ดังนั้น

$$T_{ml} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{(\Delta T_2 / \Delta T_1)}$$

หาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอีโคโนไมเซอร์ (U_1) และค่าความร้อนจากก๊าซไอเสียสู่น้ำ สามารถหาได้จากสมการ (kW/m²·c)

$$Q = U_1 A \Delta T_{ml}$$

$$= \dot{m}_g C_{p_g} (T_{g1} - T_{g2})$$

ดังนั้น

$$U_1 = m g C_{p_g} (T_{g1} - T_{g2}) / (A \Delta T_{m1})$$

วิธีการวิจัย

ศึกษาแนวทางการนำก๊าซไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องของหม้อไอน้ำกลับมาอุ่นน้ำป้อนก่อนเติมเข้าหม้อไอน้ำซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้

การศึกษางานวิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การออกแบบ สร้าง และติดตั้งทดลอง

1. การออกแบบและสร้าง

ซึ่งลักษณะของท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว กำหนดเป็นแบบท่อเหล็กกลมขดรูปตัวยูสลับกันไปมาเป็นชั้นๆ จำนวน 6 ชั้น มีพื้นที่ผิวท่อถ่ายเทความร้อน 1.037 ตารางเมตร ที่ความยาว 13 เมตร ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของชุดอีโคโนไมเซอร์ที่มีทิศทางไหลแบบตามขวาง โดยของเหลวจะไหลอยู่ในท่อเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับก๊าซไอเสียที่ไหลอยู่ภายนอกท่อ



ภาพที่ 2 ลักษณะติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์

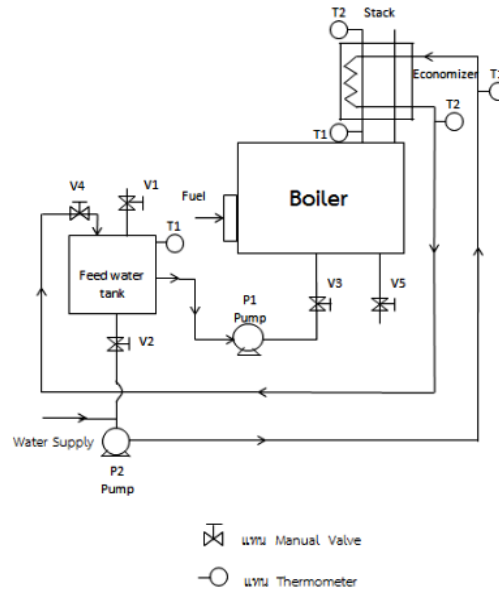


ภาพที่ 3 ท่อชุดอีโคโนไมเซอร์

2. การทดลอง

2.1 เปิดวาล์วโบล์วตาวาน้ำ (V5) ที่อยู่ใต้เครื่องเพื่อระบายคราบโคลนที่สะสมบริเวณกันหม้อไอน้ำที่งอกให้หมดแล้วปิดวาล์ว

2.2 เปิดวาล์วเพื่อปล่อยแรงดันในหม้อไอน้ำออกให้หมดเพื่อไม่ให้มีแรงดันในหม้อไอน้ำ เมื่อแรงดันออกหมดแล้วทำการปิดวาล์วแรงดัน



2.3 เปิดวาล์วน้ำป้อน (V1) เข้าถึงน้ำป้อน (Feed Water Tank)

2.4 เปิดวาล์วน้ำป้อน (V3) และเปิดสวิทช์เบรกเกอร์ปั๊มสูบน้ำ (P1) เพื่อสูบน้ำจากถังพักน้ำป้อนเข้าไปยังหม้อต้มไอน้ำ

2.5 สตาร์ทเครื่องหม้อต้มไอน้ำ

2.6 เปิดวาล์วน้ำถึงพัก (V2) และเปิดวาล์วน้ำกลับ (V4)

2.7 สตาร์ทเครื่องปั๊มสูบน้ำ (P2) เพื่อสูบน้ำเข้าไปยังชุดอีโคโนไมเซอร์

2.8 เริ่มบันทึกข้อมูลค่าอุณหภูมิน้ำเข้า (T1) อุณหภูมิน้ำออก (T2) ของชุดอีโคโนไมเซอร์ ความดันไอน้ำที่หม้อต้มไอน้ำ อุณหภูมิก๊าซไอเสียเข้า (T1) อุณหภูมิก๊าซไอเสียออก (T2) ของชุดอีโคโนไมเซอร์ อุณหภูมิน้ำของชุดถังน้ำป้อน (T1) และค่าปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

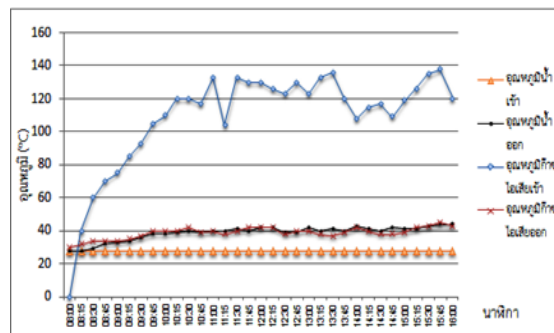
ผลการวิจัย

1. ข้อมูลผลการทดลองครั้งที่ 1

ตารางที่ 1. ผลการทดลองค่าอุณหภูมิก๊าซไอเสียและอุณหภูมิน้ำ

เวลา (12/06/59)	ปริมาณ เชื้อเพลิง (L/min)	อุณหภูมิน้ำ ฮีโดโนไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ถังพัก (°C)	อุณหภูมิก๊าซ ไอเสียฮีโด โนไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ไอน้ำออก (°C)	ความดัน ไอน้ำ (bar)
		เข้า	ออก		เข้า	ออก		
08.00	0	28	28	28	0	30	0	0
08.15	2.14	28	28	28	40	32	26	0
08.30	4.27	28	29	29	60	34	41	0.8
08.45	6.40	28	32	32	70	34	46	1.0
09.00	8.54	28	33	33	75	34	52	1.2
09.15	10.67	28	34	34	85	35	68	1.6
09.30	12.81	28	36	36	93	37	84	2.0
09.45	14.95	28	38	38	105	40	90	2.5
10.00	17.10	28	38	38	110	40	98	2.8
10.15	19.22	28	39	39	120	40	102	3.5
10.30	21.40	28	39.5	39	120	42	102	3.8

เวลา (12/06/59)	ปริมาณ เชื้อเพลิง (L/min)	อุณหภูมิน้ำ ฮีโดโนไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ถังพัก (°C)	อุณหภูมิก๊าซ ไอเสียฮีโด โนไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ไอน้ำออก (°C)	ความดัน ไอน้ำ (bar)
		เข้า	ออก		เข้า	ออก		
10.45	23.49	28	39	39	117	39	100	2.7
11.00	25.62	28	40	40	113	40	105	3.8
11.15	27.76	28	40	40	104	38	90	2.6
11.30	29.89	28	41	41	133	40	96	3.8
11.45	32.03	28	40	40	130	42	102	3.3
12.00	34.20	28	42	40	130	42	100	3.0
12.15	36.30	28	42	41	126	42	92	2.8
12.30	38.43	28	39	39	123	38	82	2.8
12.45	40.57	28	39	39	130	40	82	3.3
13.00	42.70	28	42	42	123	40	82	4.0
13.15	44.84	28	40	40	133	38	105	3.4
13.30	46.97	28	41	41	136	37	95	2.3
13.45	49.11	28	40	40	120	39	95	3.4
14.00	51.24	28	43	43	108	42	95	4.0
14.15	53.38	28	41	41	115	40	102	3.4
14.30	55.51	28	40	40	117	38	93	2.8
14.45	57.65	28	42	42	109	38	86	2.3
15.00	59.78	28	41	41	119	39	81	2.8
15.15	61.92	28	41	41	126	42	88	3.0
15.30	64.05	28	43	43	135	43	91	3.5
15.45	66.19	28	44	44	138	45	97	4.0
16.00	68.37	28	44	44	120	43	104	3.1

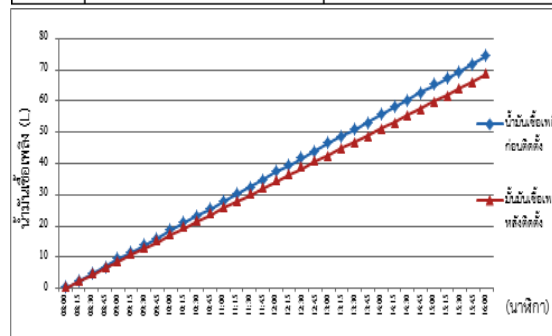


ภาพที่ 4 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิก๊าซไอเสียเข้ากับอุณหภูมิก๊าซไอเสียออก และ อุณหภูมิน้ำเข้ากับอุณหภูมิน้ำออกของชุดฮีโดโนไมเซอร์

ตารางที่ 2. ผลการทดลองความเปลี่ยนแปลงน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนและหลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์

เวลา	ทดสอบความเปลี่ยนแปลงของน้ำมันเชื้อเพลิง	
	ก่อนติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)	หลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)
08.00	0	0
08.15	2.32	2.14
08.30	4.64	4.27
08.45	6.96	6.40
09.00	9.28	8.54
09.15	11.60	10.67
09.30	13.92	12.81
09.45	16.24	14.95
10.00	18.56	17.10
10.15	20.88	19.22
10.30	23.20	21.40
10.45	25.52	23.49
11.00	27.84	25.62
11.15	30.16	27.76
11.30	32.48	29.89
11.45	34.80	32.03
12.00	37.12	34.20
12.15	39.44	36.30
12.30	41.76	38.43
12.45	44.08	40.57
13.00	46.40	42.70
13.15	48.72	44.84
13.30	51.04	46.97
13.45	53.36	49.11

เวลา	ทดสอบความเปลี่ยนแปลงของน้ำมันเชื้อเพลิง	
	ก่อนติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)	หลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)
14.00	55.68	51.24
14.15	58.00	53.38
14.30	60.32	55.51
14.45	62.64	57.65
15.00	64.96	59.78
15.15	67.28	61.92
15.30	69.60	64.05
15.45	71.92	66.19
16.00	74.50	68.37

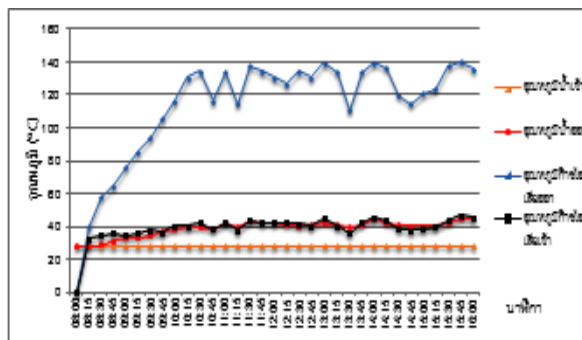


ภาพที่ 5 กราฟการเปรียบเทียบน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนและหลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์

2. ข้อมูลผลการทดลองครั้งที่ 2
 ตารางที่ 3. ผลการทดลองค่าอุณหภูมิก๊าซไอเสียและอุณหภูมิน้ำ

เวลา (13/06/59)	ปริมาณ เชื้อเพลิง (L/min)	อุณหภูมิน้ำ ฮีโดโรไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ถังพัก (°C)	อุณหภูมิก๊าซ ไอเสียฮีโด โรไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ไอน้ำออก (°C)	ความดัน ไอน้ำ (bar)
		เข้า	ออก		T1	เข้า		
08.00	0	28	28	28	0	0	0	0
08.15	2.13	28	28	28	39	32	27	0
08.30	4.26	28	29	29	57	34	42	0.5
08.45	6.39	28	31	30	64	35	47	0.8
09.00	8.53	28	33	32	75	34	53	1.0
09.15	10.66	28	33	34	85	35	69	1.3
09.30	12.80	28	34	35	93	37	85	1.7
09.45	14.94	28	37	38	105	36	91	2.5
10.00	17.09	28	38	39	116	40	99	2.8
10.15	19.21	28	39	40	130	40	103	3.5
10.30	21.39	28	39	40	134	42	105	3.8
10.45	23.48	28	38	39	116	38	92	2.7
11.00	25.61	28	42	40	133	42	103	3.8
11.15	27.75	28	39	38	114	37	91	2.6
11.30	29.88	28	43	41	137	43	105	3.8
11.45	32.02	28	42	40	134	42	103	3.3
12.00	34.19	28	42	40	130	42	101	3.0
12.15	36.29	28	41	39	126	42	93	2.8
12.30	38.41	28	40	39	134	41	100	3.1
12.45	40.56	28	41	39	130	40	100	3.0
13.00	42.69	28	42	43	139	44	108	4.0
13.15	44.83	28	41	40	133	40	101	3.1
13.30	46.96	28	39	38	110	35	96	2.1
13.45	49.10	28	41	40	133	42	101	3.2

เวลา (13/06/59)	ปริมาณ เชื้อเพลิง (L/min)	อุณหภูมิน้ำ ฮีโดโรไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ถังพัก (°C)	อุณหภูมิก๊าซ ไอเสียฮีโด โรไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ไอน้ำออก (°C)	ความดัน ไอน้ำ (bar)
		เข้า	ออก		T1	เข้า		
14.00	51.23	28	45	43	139	45	107	4.0
14.15	53.37	28	42	41	136	43	101	3.4
14.30	55.50	28	41	40	119	38	94	2.8
14.45	57.64	28	40	39	114	37	87	2.3
15.00	59.77	28	40	39	120	38	89	2.8
15.15	61.91	28	40	41	123	39	100	3.0
15.30	64.04	28	42	42	137	43	102	3.5
15.45	66.18	28	45	44	140	46	105	4.0
16.00	68.36	28	44	44	135	45	101	3.3

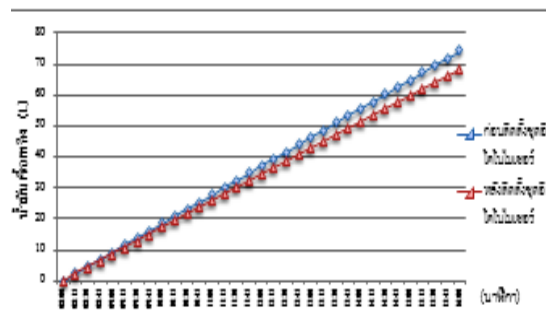


ภาพที่ 6 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิก๊าซไอเสียเข้ากับอุณหภูมิก๊าซไอเสียออก และ อุณหภูมิน้ำเข้ากับอุณหภูมิน้ำออกของชุดฮีโดโรไมเซอร์

ตารางที่ 4. ผลการทดลองความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนและหลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์

เวลา	ทดลองความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง	
	ก่อนติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)	หลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)
08.00	0	0
08.15	2.32	2.13
08.30	4.64	4.26
08.45	6.96	6.39
09.00	9.28	8.53
09.15	11.60	10.66
09.30	13.92	12.80
09.45	16.24	14.94
10.00	18.56	17.09
10.15	20.88	19.21
10.30	23.20	21.39
10.45	25.52	23.48
11.00	27.84	25.61
11.15	30.16	27.75
11.30	32.48	29.88
11.45	34.80	32.02
12.00	37.12	34.19
12.15	39.44	36.29
12.30	41.76	38.41
12.45	44.08	40.56
13.00	46.40	42.69
13.15	48.72	44.83
13.30	51.04	46.96
13.45	53.36	49.10

เวลา	ทดลองความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง	
	ก่อนติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)	หลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)
14.00	55.68	51.23
14.15	58.00	53.37
14.30	60.32	55.50
14.45	62.64	57.64
15.00	64.96	59.77
15.15	67.28	61.91
15.30	69.60	64.04
15.45	71.92	66.18
16.00	74.50	68.36



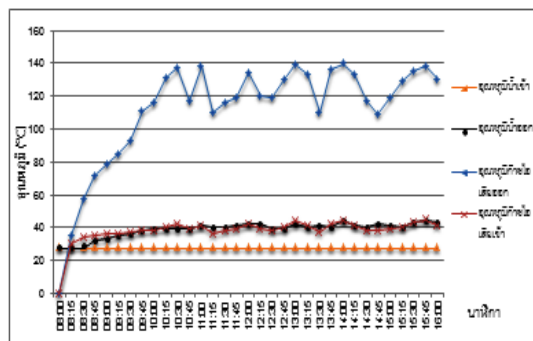
ภาพที่ 7 กราฟการเปรียบเทียบน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนและหลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์

3. ข้อมูลผลการทดลองครั้งที่ 3

ตารางที่ 5. ผลการทดลองค่าอุณหภูมิก๊าซไอเสียและอุณหภูมิน้ำ

เวลา (14/06/59)	ปริมาณ เชื้อเพลิง (L/min)	อุณหภูมิน้ำ อีโคโนไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ถังพัก (°C)	อุณหภูมิก๊าซ ไอเสียอีโค โนไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ไอน้ำออก (°C)	ความดัน ไอน้ำ (bar)
		เข้า	ออก		เข้า	ออก		
08.00	0	28	28	28	0	0	0	0
08.15	2.12	28	28	28	35	30	28	0
08.30	4.25	28	29	29	58	34	43	0.8
08.45	6.38	28	32	32	72	35	48	1.0
09.00	8.52	28	33	33	79	36	54	1.2
09.15	10.65	28	35	35	85	36	70	1.6
09.30	12.79	28	36	36	93	37	86	2.0
09.45	14.93	28	38	38	111	38	92	2.5
10.00	17.08	28	39	39	116	38	94	2.8
10.15	19.20	28	39	39	131	40	103	3.5
10.30	21.38	28	39	39.5	137	42	106	3.8
10.45	23.47	28	39	39	117	39	92	2.7
11.00	25.60	28	41	41	138	41	107	3.8
11.15	27.74	28	40	40	110	36	90	2.6
11.30	29.87	28	40	40	116	38	92	2.7
11.45	32.01	28	41	41	119	39	104	2.8
12.00	34.18	28	42	42	134	42	102	3.0
12.15	36.29	28	42	42	120	39	92	2.8
12.30	38.41	28	39	39	119	38	92	2.8
12.45	40.55	28	39	39	130	40	102	3.3
13.00	42.70	28	42	42	139	44	106	4.0
13.15	44.82	28	40	40	133	41	103	3.4
13.30	46.95	28	41	41	110	37	94	2.3
13.45	49.09	28	40	40	136	42	101	3.4

เวลา (14/06/59)	ปริมาณ เชื้อเพลิง (L/min)	อุณหภูมิน้ำ อีโคโนไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ถังพัก (°C)	อุณหภูมิก๊าซ ไอเสียอีโค โนไมเซอร์ (°C)		อุณหภูมิ ไอน้ำออก (°C)	ความดัน ไอน้ำ (bar)
		เข้า	ออก		เข้า	ออก		
14.00	51.22	28	44	44	140	44	107	4.0
14.15	53.36	28	41	41	133	41	102	3.4
14.30	55.49	28	40	40	117	38	98	2.8
14.45	57.63	28	42	42	109	38	95	2.3
15.00	59.76	28	41	41	119	39	98	2.8
15.15	61.90	28	40	40	129	40	100	3.0
15.30	64.03	28	43	43	135	43	103	3.5
15.45	66.17	28	44	44	138	45	106	4.0
16.00	68.35	28	43	43	130	41	100	3.1

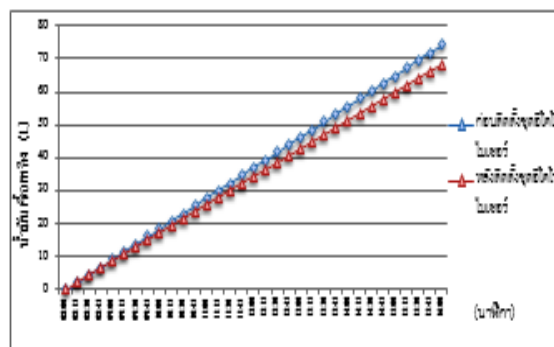


ภาพที่ 8 กราฟการเปรียบเทียบอุณหภูมิก๊าซไอเสียเข้ากับอุณหภูมิก๊าซไอเสียออก และ อุณหภูมิน้ำเข้ากับอุณหภูมิน้ำออกของชุดอีโคโนไมเซอร์

ตารางที่ 6. ผลการทดลองความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนและหลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์

ทดสอบความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง		
เวลา	ก่อนติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)	หลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)
08.00	0	0
08.15	2.32	2.18
08.30	4.64	4.36
08.45	6.96	6.54
09.00	9.28	8.72
09.15	11.60	10.90
09.30	13.92	13.08
09.45	16.24	15.26
10.00	18.56	17.44
10.15	20.88	19.62
10.30	23.20	21.80
10.45	25.52	23.98
11.00	27.84	26.16
11.15	30.16	28.34
11.30	32.48	30.52
11.45	34.8	32.70
12.00	37.12	34.88
12.15	39.44	37.06
12.30	41.76	39.24
12.45	44.08	41.42
13.00	46.40	43.60
13.15	48.72	45.78
13.30	51.04	47.96
13.45	53.36	50.14

ทดสอบความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง		
เวลา	ก่อนติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)	หลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์ (L/min)
14.00	55.68	52.32
14.15	58.00	54.50
14.30	60.32	56.68
14.45	62.64	58.86
15.00	64.96	61.04
15.15	67.28	63.22
15.30	69.60	64.78
15.45	71.92	66.56
16.00	74.50	68.35



ภาพที่ 9 กราฟการเปรียบเทียบน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนและหลังติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์

อภิปรายผลการวิจัย

1. การใช้ น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำเพื่อแลกเปลี่ยน ความร้อนกับก๊าซไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงทำให้เมื่อเกิด การแลกเปลี่ยนความร้อนจะเกิดการกลั่นตัวของไอน้ำ และอุณหภูมิ น้ำป้อนที่ได้ด้านทางออกจะต่ำ

2. การกลั่นตัวของไอน้ำมากๆ มีผลกระทบทำให้ แรงดันลมและอุณหภูมิของก๊าซไอเสียภายหลังที่ ไหลผ่านชุดอีโคโนไมเซอร์ลดต่ำลงซึ่งมีผลกระทบต่อ การทำงานของหม้อต้มไอน้ำขณะเดินเครื่องทำให้ เครื่องดับ

3. ควรใช้ไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงที่ไหลกลับมาของ ระบบ (Water Return) มาผสมกับน้ำป้อนเดิมก่อน ป้อนเข้าชุดอีโคโนไมเซอร์เพื่อให้อุณหภูมิ น้ำใกล้เคียง กับอุณหภูมิของก๊าซไอเสียป้องกันการเกิดการกลั่น ตัวของไอน้ำ

4. การติดตั้งชุดอีโคโนไมเซอร์จะคุ้มค่าก็ต่อเมื่อ หม้อไอน้ำมีการเดินที่ภาระโหลดการทำงานที่ ต่อเนื่องและใช้ไอน้ำมากๆ และการนำก๊าซไอเสียที่ ปลอยทิ้งจากปล่องของหม้อต้มไอน้ำกลับมาอุ่นน้ำ ป้อนโดยผ่านชุดอีโคโนไมเซอร์ก่อนเติมป้อนเข้าหม้อ ไอน้ำสามารถช่วยประหยัดพลังงานและน้ำมัน เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ได้มาก

สรุป

หลังการติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อนอีโคโน ไมเซอร์ทำให้อุณหภูมิ น้ำด้านทางออกเพิ่มขึ้นที่ 44 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่ออก จากปล่องหลังการแลกเปลี่ยนลดลงมาที่ 45 องศา เซลเซียส และใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ 8.54 ลิตรต่อ ชั่วโมง หรือ 68.37 ลิตรต่อวัน โดยสามารถทำให้ ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 6.12 ลิตรต่อวัน หรือ 8.96 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัยโครงการยกระดับ ปริญญาณิพนธ์เป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน HRM : Hands-on Researcher (Medium) งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2558

เอกสารอ้างอิง

- ธนกร ณ พัทลุง. (2552). ข้อพิจารณาศักยภาพความร้อนทิ้งสำหรับติดตั้งอีโคโนไมเซอร์. บทความ แนวทางการประเมินพลังงานความร้อนที่มีใน ก๊าซร้อนทิ้ง. Technology Promotion Map. ฉบับที่ 203 (กุมภาพันธ์-มีนาคม), 34-39.
- ธนิต ดวงมุสิกร. (2547). การนำความร้อนทิ้ง กลับมาใช้อุ่นน้ำป้อนโดยอุปกรณ์แลกเปลี่ยน ความร้อนระหว่างก๊าซร้อนทิ้งจากหม้อน้ำไปใช้ อุ่นน้ำป้อน. กองฝึกอบรมศูนย์วิทยาการอนุรักษ์ พลังงาน. กรุงเทพฯ.
- ธิดิญาณ์ เปลี่ยนมณี และ มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล. (2555). การควบคุมอุณหภูมิ น้ำก่อนเข้าอีโคโนไม เซอร์เพื่อป้องกันการรดจากก๊าซเสียกลั่นตัว. วารสารวิจัยพลังงาน. ปีที่ 9 (ฉบับที่ 3), 36 - 46
- นิวัติ พิริยะรุ่งโรจน์ และ จารุวัตร เจริญสุข. (2553). ศึกษาถึงการแลกเปลี่ยนความร้อนของอีโคโนไม เซอร์. ใน การประชุมวิชาการเครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2. (20-22 ตุลาคม 2553). จังหวัดอุบลราชธานี.
- ประสิทธิ์ เกี้ยวสุนทร. (2555). ศึกษาการออกแบบอี โคโนไมเซอร์โดยใช้ความร้อนปล่อยทิ้งจากหม้อ ไอน้ำ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- สมเกียรติ บุญผะ. (2553). วิศวกรรมโรงจักรต้น กำลัง. พิมพ์ครั้งที่ 5. โรงพิมพ์พิทักษ์อักษร. กรุงเทพฯ.

สมชัย อัครทิวา และ ขวัญจิต. (2542). **เทอร์โมไดนามิกส์**. จัดพิมพ์โดยแมคกรอ-ฮิล อินเทอร์เน็ตเซ็นแนล เอ็นเตอร์ไพรส์ อิงค์. กรุงเทพฯ.

สุนันท์ ศรัณยนิติย์. (2538). **การถ่ายเทความร้อน**. พิมพ์ครั้งที่ 5. งานเอกสารและการพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

เอกสารกรณีศึกษา 109. (2547). **การนำความร้อนที่กลับมาใช้โดยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซกับของเหลว (Economizer)**. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพฯ.

เอกสารเผยแพร่กองฝึกรวม. (2547). กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. **กระทรวงพลังงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 1 (18). การใช้เครื่องอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น. สืบค้นจาก <http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Newbook.htm>.

เอกสารเผยแพร่กองฝึกรวม. (2547). กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. **กระทรวงพลังงาน**. พิมพ์ครั้งที่ (19). การนำความร้อนที่กลับมาใช้โดยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซกับของเหลว. สืบค้นจาก <http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Newbook.htm>.

เอกอาทิตย์ ปรางมณี. (2555). **การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของอีโคโนไมเซอร์เพื่อการประหยัดพลังงานของหม้อไอน้ำ**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Parinya Pongsoi, Santi Pikulkajorn, Somchai Wongwises. (2014). Heat transfer and flow characteristics of spiral fin and tube heat exchangers: A review. *Journal of International Journal of Heat and Mass Transfer*. August 2014.

W.srimuang,P.Amatachaya. (2012). A review of the applications of heat pipe heat exchangers for heat recovery. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*. May 2012.

ระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนในการเลี้ยงปลา

กรณีศึกษา : การเลี้ยงปลาหมอ มานอพาร์ม อ.แม่ลาว จ.เชียงราย

The Breakeven Point and Investment Return System in Fish Farming Case Study: Climbing Perch Farming in Manop Farm Mae Lao Ching Rai

กมลลักษณ์ ชัยดี^{1*}, ภัทรพร สมเสมอ², รัตติยากร ถิ่นแสง³, วราภรณ์ เมืองหล้า⁴

และศุภฤกษ์ วงศ์เทพ⁵

Kamolak Chaidee^{1*}, Pattraporn Somsamer², Rattiyakorn Thinsang³, Waraporn Muangla⁴
and Supharoek Wongthep⁵

^{1,3,4,5} สาขาวิชาระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

² สาขาวิชาการจัดการ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

^{1,3,4,5} Department of Computer Information System, Faculty of Business Administration and Liberal Arts,
Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai

² Department of Management, Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of
Technology Lanna Chiangrai

*Corresponding author e-mail: kamolak@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงปลา กรณีศึกษา การเลี้ยงปลาหมอ มานอพาร์ม อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงปลา เพื่อนำระบบสารสนเทศไปใช้สำหรับการวางแผนและบริหารจัดการการเลี้ยงปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในส่วนของการพัฒนาระบบใช้โปรแกรมประยุกต์ Microsoft Visual Basic ในการออกแบบโปรแกรม และโปรแกรม Microsoft Office Access ในการจัดเก็บฐานข้อมูล ซึ่งมีส่วนช่วยในการจัดการข้อมูลด้านต่างๆ เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการใช้งาน เช่น เก็บข้อมูลการเลี้ยงปลา ข้อมูลการให้อาหารปลา และค่าใช้จ่ายอื่นๆ รวมถึงข้อมูลผลตอบแทนในการเลี้ยงปลาโดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเป็นเครื่องมือวัดความต้องการในการออกแบบระบบ และใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างหลังใช้งานระบบ ผลการสัมภาษณ์พบว่าการใช้งานระบบตรงตามความต้องการของเจ้าของฟาร์ม และระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงปลามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการดำเนินงานของมานอพาร์ม อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงรายต่อไป

สรุปได้ว่าระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงปลาสามารถช่วยตอบสนองความต้องการให้เจ้าของฟาร์มซึ่งระบบสามารถจัดการข้อมูลเบื้องต้นของฟาร์มปลาและช่วยในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนทำให้วางแผนและบริหารจัดการการเลี้ยงปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: จุดคุ้มทุน, ผลตอบแทนการลงทุน, การลงทุน, เลี้ยงปลา, ระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทน

Abstract

The break-even point and investment return in fish farm of the case study: Climbing perch farming in Manop farm, Mae Lao, Chiang Rai. The research objective aims to analyze the break-even point and investment return in the fish farm. The using of information system created for planning and managing effectively. In term of application development by using Microsoft Visual Basic application and Microsoft Office Access to store database that's able to contribute the data. To provide application properly such as fish storage, fish feeding information and other expenses included the investment return of the fish farm. In this research used structured interview as a research tool to measure the demand of system design before and after that. From the result found that the use of system satisfies to the fish farm owner. And the break-even point and investment return in fish farm are suitable to apply in Manop Farm, Mae Lao, Chiang Rai.

In conclusion, the break-even point and investment return in fish farm that's able to help the farm owner capably. The system is able to provide basic information of fish farms and analyze the break-even point and investment return that provide for planning and managing in fish farm efficiently.

Keywords: break-even point, investment returns, investment, fish farm, break-even point and investment returns system

บทนำ

เทคโนโลยีที่ใช้กันในปัจจุบัน ถือว่าเป็นตัวขับเคลื่อนที่สำคัญที่จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูล การแก้ไขเปลี่ยนแปลง การเรียกดูข้อมูล การประมวลผล การใช้งานร่วมกันแบบหลายๆ คนและการวิเคราะห์ข้อมูลทำได้ง่ายขึ้นมีค่าใช้จ่ายต่ำลง เพิ่มคุณค่าและประโยชน์ในการใช้งานข้อมูลและสารสนเทศที่ได้มาจะมีคุณภาพในการนำไปวิเคราะห์และใช้งานมากเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันเทคโนโลยียังสามารถช่วยให้เกิดการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการในการผลิตและการทำงานให้มีต้นทุนที่ต่ำลงใช้เวลาในการทำงานที่ลดลง และได้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาองค์กรเป็นอย่างยิ่ง

ปัจจุบันการเลี้ยงปลาเป็นอาชีพเสริมรายได้ที่ได้รับความนิยมของกลุ่มเกษตรกรสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คิดโปรแกรมที่ช่วยให้สามารถในการหาจุดคุ้มทุนและผลตอบแทน เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนได้ด้วยตนเอง ผู้ประกอบการ

จะสามารถวิเคราะห์และประมาณการต้นทุนและผลตอบแทนได้สะดวกรวดเร็ว

ผลผลิตปลาหมอไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยในปี 2543 กรมประมง รายงานว่า มีผลผลิตปลาหมอไทยทั้งหมด 7,200 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 207 ล้านบาท เป็นผลผลิตจากแหล่งน้ำธรรมชาติ 6,730 เมตริกตัน และจากการเพาะเลี้ยง 470 เมตริกตัน สามารถสร้างรายได้เป็นอย่างดี ขณะที่ตลาดมีความต้องการสูง จังหวัดเชียงรายเป็นแหล่งผลิตปลาคุณภาพ การเลี้ยงปลาหมอจึงเป็นอาชีพที่น่าสนใจ และเป็นอีกทางเลือกของเกษตรกรที่สนใจจะเลี้ยงปลา

มานพฟาร์ม ก็เป็นเกษตรกรรายหนึ่งที่สนใจเลี้ยงปลาหมอ ซึ่งจากการศึกษาลักษณะการดำเนินงานแล้วพบว่าการทำงานประจำวันเป็นการจดบันทึกในสมุดรายวันเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่นการสั่งซื้อสินค้า จะสั่งเมื่อของเหลือน้อยหรือหมด บางครั้งไม่เพียงพอต่อความต้องการของเจ้าของธุรกิจหลายๆ ครั้งที่มีการผิดพลาดในการจดบันทึกทำให้เกิดความล่าช้าได้รับข้อมูลไม่ถูกต้อง ส่งผลให้การ

ซื้อหรือขายปลาผิดพลาดตามไปด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คิดโปรแกรมที่ช่วยให้สามารถในการหาจุดคุ้มทุนและผลตอบแทน เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนได้ด้วยตนเองผู้ประกอบการจะสามารถวิเคราะห์และประมาณการต้นทุนและผลตอบแทนได้สะดวกรวดเร็ว สามารถนำระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการการเลี้ยงปลามาวางแผนบริหารได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์ระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนในการเลี้ยงปลา
2. เพื่อนำระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการการเลี้ยงปลาสำหรับการวางแผนและบริหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อศึกษาทฤษฎีแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับเรื่องวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทน และเพิ่มทักษะในการพัฒนาและออกแบบระบบ

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ฐานันดร ปริตวาทย์รัตน์ จุดคุ้มทุน (Break Even Point) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ตัดสินใจในการลงทุนที่ไม่ยุ่งยากสามารถทำความเข้าใจเพื่อสามารถนำไปปรับใช้ในการดำเนินธุรกิจอย่างมีประสิทธิภาพ

จุดคุ้มทุน (Break Even Point) หมายถึงระดับของยอดขายของกิจการที่เท่ากับค่าใช้จ่ายทั้งหมดของกิจการ ซึ่งก็คือจุดที่กิจการไม่มีผลกำไรหรือขาดทุนนั่นเอง โดยจุดคุ้มทุนจะสามารถหาได้ก็ต่อเมื่อผู้ประกอบการสามารถแยกได้ว่าค่าใช้จ่ายของธุรกิจนั้นมีอะไรเป็นต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร

ต้นทุนคงที่ (FC) คือ ต้นทุนที่ไม่แปรผันกับปริมาณการผลิต เช่น ค่าเช่าพื้นที่สำนักงาน ต้นทุนคงที่อาจเกิดขึ้นแม้ไม่มีผลผลิตอะไรเลย

ต้นทุนแปรผัน (VC) คือ ต้นทุนที่แปรผันกับปริมาณการผลิต

$$\text{จุดคุ้มทุน (หน่วยขายที่คุ้มทุน)} = \frac{FC}{\text{ราคาขายต่อหน่วย} - VC} \quad (1)$$

$$\text{จุดคุ้มทุน (ยอดขายที่คุ้มทุน)} = \text{หน่วยขายที่คุ้มทุน} \times \text{ราคาขายต่อหน่วย} \quad (2)$$

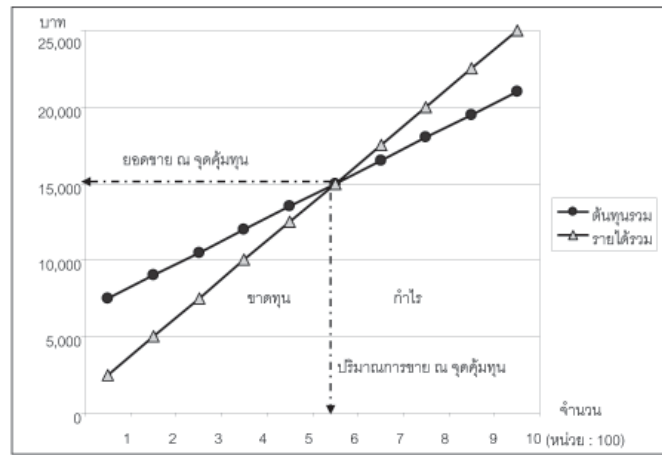
จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนเป็นการวางแผนการทำกำไรจากการดำเนินงานของธุรกิจโดยมองที่ราคาขาย ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร โดยหากต้องการให้มีจุดคุ้มทุนที่ต่ำลง เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำกำไรก็สามารถทำได้โดยเพิ่มราคาขาย หรือลดต้นทุนผันแปรและต้นทุนคงที่ลง ซึ่งการใช้การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะใช้ในการวางแผนระยะสั้นๆ เช่น ต่อเดือนหรือต่อปี เป็นต้น

การหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนโดยพิจารณาทางด้านระยะเวลาการคืนทุน คือ ระยะเวลาที่กิจการจะได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนกลับคืนมาในจำนวนที่ไม่เท่ากับจำนวนเงินลงทุนจ่ายสุทธิ ซึ่งเกณฑ์ในการพิจารณาการตัดสินใจเลือกโครงการก็คือโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุดหรือน้อยที่สุด โดยคำนวณระยะเวลาการคืนทุนแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีกระแสเงินสดรับสุทธิเท่ากันทุกงวด และกรณีที่กระแสเงินสดรับสุทธิแต่ละงวดไม่เท่ากัน

ซึ่งผู้วิจัยเลือกการพิจารณาระยะเวลาการคืนทุนกรณีกระแสเงินสดรับสุทธิเท่ากันทุกงวด สามารถคำนวณโดย

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนจ่ายสุทธิ}}{\text{เงินสดรับสุทธิต่อปี}} \quad (3)$$

นภาพกร ลิขิตวงศ์ขจร ได้กล่าวไว้ในบทความวิชาการ เรื่อง กำไรสร้างได้ด้วยจุดคุ้มทุน กล่าวไว้ว่าจุดคุ้มทุน หรือที่เรียกกันง่ายๆ ว่าจุดเท่าทุน เป็นระดับของมูลค่าการขายที่เท่ากับต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นทำให้กิจการมีกำไรเป็นศูนย์ การคำนวณหาจุดคุ้มทุนมีตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการคำนวณเพียงรายได้รวมและต้นทุนรวมเท่านั้น



ภาพที่ 1 ที่มาของจุดคุ้มทุน

ตั้งภาพที่ 1 จากการคาดการณ์รายได้ของกิจการในแต่ละระดับการขาย และต้นทุนรวมของกิจการในแต่ละระดับการผลิต ซึ่งรายได้รวมและต้นทุนรวมมาจากองค์ประกอบดังนี้

$$\text{รายได้รวม} = \text{ราคาขายต่อหน่วย} \times \text{จำนวนสินค้าที่ขายได้} \quad (3)$$

$$\text{ต้นทุนรวม} = \text{ต้นทุนคงที่} + (\text{ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย} \times \text{จำนวนสินค้าที่ผลิต}) \quad (4)$$

การวิเคราะห์ที่อยู่ภายใต้สมมติฐานว่าราคาขายต่อหน่วย ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรต่อหน่วยจะคงที่ตลอดช่วงเวลาที่ทำกรวิเคราะห์ ปริมาณเป็นเพียงปัจจัยเดียวที่ทำให้รายได้รวมและต้นทุนรวมเปลี่ยนแปลง โดยจุดที่เส้นต้นทุนรวมตัดกับเส้นรายได้รวมเป็นจุดที่ปริมาณการผลิตและปริมาณการขายที่ทำให้กิจการเท่าทุน ช่วงของปริมาณการขายที่ต่ำกว่าจุดคุ้มทุน กิจการจะประสบกับสภาวะขาดทุน ช่วงของปริมาณการขายที่สูงกว่าจุดคุ้มทุนกิจการก็จะเกิดกำไร ปริมาณของกำไรจะสังเกตจากพื้นที่ของเส้นรายได้รวมที่อยู่เหนือเส้นต้นทุนรวม

สิ่งสำคัญในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนเราต้องสามารถแยกต้นทุนตามพฤติกรรมให้ได้ว่าต้นทุนตัวใดเป็นต้นทุนคงที่(Fixed Costs) และต้นทุนตัวใดเป็นต้นทุนผันแปร (Variable Costs)

ต้นทุนคงที่เป็นต้นทุนที่ไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่ากิจการจะผลิตสินค้าหรือไม่ผลิต กิจการก็ต้องจ่าย

ค่าใช้จ่ายจำพวกนี้อยู่แล้ว เช่น เงินเดือนพนักงาน ค่าเช่าโรงงาน ค่าเสื่อมราคาสินทรัพย์ ค่าเบี้ยประกันภัย ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาทรัพย์สิน ค่าเช่าสำนักงาน ค่าสาธารณูปโภค ค่าภาษี ค่าประกันสังคม เป็นต้น

ส่วนต้นทุนผันแปรเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงทั้งจำนวนในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของระดับกิจกรรมกิจกรรมอาจเป็นจำนวนสินค้าที่ผลิต จำนวนสินค้าที่ขาย จำนวนชั่วโมงการทำงาน อธิบายง่ายๆ ก็คือต้นทุนผันแปรเป็นค่าใช้จ่ายใดๆ ที่หากกิจการผลิตมากก็จะเกิดขึ้นมาก ในขณะที่หากมีการผลิตหรือขายน้อยต้นทุนก็จะเกิดน้อย หรือถ้าไม่ผลิตหรือขายเลยต้นทุนก็จะไม่เกิดเลย ต้นทุนผันแปรของกิจการ เช่น วัตถุดิบทางตรง ค่าแรงงานทางตรง ค่าใช้จ่ายในการผลิตผันแปร ต้นทุนของสินค้าสำเร็จรูป ค่าขายหน้าและค่าใช้จ่ายทางการตลาดที่จ่ายแปรผันตามยอดขาย เป็นต้น

ต้นทุนผันแปรที่ชัดเจนคือ วัตถุดิบทางตรง ที่ใช้ในการผลิตสินค้า ต้นทุนวัตถุดิบทางตรงที่ใช้ในการผลิตแต่ละงวดเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนสินค้าที่ผลิตได้ในงวดนั้น เช่น โรงงานผลิตรถยนต์ ในการผลิตรถยนต์ทุกคันต้องประกอบด้วยแบตเตอรี่ ต้นทุนแบตเตอรี่ที่ใช้ในการผลิตรถ

ยนต์เป็นต้นทุนวัตถุดิบทางตรง ต้นทุนแบตเตอรี่จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิต หากผลิตมาก

ต้นทุนแบบเตอริจะเกิดขึ้นมาก ในทางตรงกันข้าม หากผลิตน้อยต้นทุนแบบเตอริจะเกิดขึ้นน้อย และถ้าไม่มีการผลิตก็จะไม่เกิดต้นทุนแบบเตอริเลย ดังนั้น ต้นทุนแบบเตอริซึ่งเป็นวัตถุประสงค์โดยตรงในการผลิต ผลิตจัดเป็นต้นทุนผันแปรตามปริมาณการผลิต ถ้า การผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ต้นทุนแบบเตอริก็จะ เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 เช่นกัน

หากต้นทุนของกิจการบางตัวมีลักษณะ ผสมผสานระหว่างต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ให้ ทำการแบ่งต้นทุนดังกล่าวตามพฤติกรรมว่าเป็น ต้นทุนผันแปรเท่าใดและเป็นต้นทุนคงที่เท่าใด ถ้า หากไม่สามารถทำได้ให้ทำการประมาณการ เช่น การ จ่ายเงินเดือนของพนักงานขาย ถ้ากิจการกำหนด เงินเดือนพนักงานขายเดือนละ 4,000 บาทบวกด้วย ค่าคอมมิชชั่นอีกร้อยละ 1 ของยอดขายแต่ละเดือนที่ พนักงานคนนั้นขายได้ เงินเดือนพนักงานขายจะ ประกอบด้วยต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร เราต้อง ทำการแยกต้นทุนเป็นสองประเภทก่อน โดยแยกเป็น ต้นทุนคงที่ 4,000 บาทต่อเดือน และอีกร้อยละ 1 ของยอดขายต่อเดือนเป็นต้นทุนผันแปร เพื่อแบ่ง ต้นทุนเงินเดือนพนักงานขายออกเป็นต้นทุนตาม พฤติกรรม

การคำนวณจุดคุ้มทุนเมื่อสามารถแยกประเภท ของต้นทุนได้ เราก็จะสามารถคำนวณหาจุดคุ้มทุนได้ การคำนวณหาจุดคุ้มทุนสามารถทำได้ 3 วิธี คือ 1) การใช้สมการ 2) การใช้กราฟ และ 3) การใช้สูตร ซึ่ง ในบทความนี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีการใช้สมการใน การคำนวณ

$$\text{ยอดขาย ณ จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{อัตรากำไรส่วนเกิน}} \quad (5)$$

หรือ

$$\text{ปริมาณการขาย ณ จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{อัตรากำไรส่วนเกินต่อหน่วย}} \quad (6)$$

สรุป จุดคุ้มทุนเป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ ผู้บริหารทราบปริมาณและยอดขายที่ทำให้บริษัทไม่ขาดทุนหรือมีกำไรเป็นศูนย์ ในการวิเคราะห์

จุดคุ้มทุนผู้บริหารต้องแยกข้อมูลต้นทุนตามประเภท ของพฤติกรรมว่าต้นทุนประเภทใดเป็นต้นทุนผันแปร ต้นทุนประเภทใดเป็นต้นทุนคงที่ เมื่อแยกต้นทุนได้ แล้ว ผู้บริหารก็จะคำนวณกำไรส่วนเกินได้จากการนำ ยอดขายหักออกด้วยต้นทุนผันแปร กำไรส่วนเกินที่ ได้จะชดเชยต้นทุนคงที่ของกิจการ ดังนั้นกำไร ส่วนเกินยิ่งมากโอกาสที่กิจการจะมีกำไรสุทธิจะยิ่ง มากขึ้นด้วย เมื่อนำต้นทุนคงที่หารด้วยกำไรส่วนเกิน เราจะได้ปริมาณการขายที่ทำให้กิจการเท่าทุน ผู้บริหารสามารถนำจุดคุ้มทุนและองค์ประกอบต่าง ๆ ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนมาใช้ประโยชน์ในการวางแผนการผลิตและการขายเพื่อให้ได้กำไรตาม เป้าหมาย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กุลนิดา ยศยล (2553) ได้ทำการวิเคราะห์ ต้นทุนและผลตอบแทน เรื่องการเลี้ยงม้าขี่ของฟาร์ม ช่างรุ่งจังหวัดเชียงใหม่ วัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ ต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงม้าขี่ของฟาร์มช่าง รุ่ง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ ผู้ประกอบการการเลี้ยงม้าขี่ได้แก่เจ้าของฟาร์มช่างรุ่ง พนักงานบัญชีและผู้เลี้ยงม้าขี่ฟาร์มช่างรุ่ง รวม 4 คน และจากการค้นคว้า รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมจาก หนังสือ เอกสาร และบทความที่เกี่ยวข้อง รวบรวม ข้อมูลที่เผยแพร่ในระบบออนไลน์เพื่อทำการศึกษา ครั้งนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การสัมภาษณ์เชิงลึกกับเจ้าของฟาร์มช่างรุ่ง สรุป ผลการวิจัย ม้าเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ได้รับความนิยม ทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งมีแนวโน้มที่จะประกอบ ธุรกิจเลี้ยงม้าที่มีทั้งการเลี้ยงเพื่อขายและลูกม้า สำหรับการแข่งขัน ซึ่งได้ศึกษาจำนวน 20 ตัว ต้นทุนในการเลี้ยงม้า ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ตั้งแต่ ปีที่ 1 ถึง 8 13,753,591.31 บาท แบ่งเป็น ค่าใช้จ่ายคงที่ 198,400,000 บาท ค่าใช้จ่ายผันแปร 11,769,591.13 บาท มีกำไรรวมสุทธิรวม

6,159,741.27 บาท ต้นทุนลูกม้าต่อตัวเท่ากับ 525,737.65 บาท ผลการตอบแทนหรือรายได้จากการเลี้ยงม้าขึ้น ตลอด 8 ปีได้รับผลตอบแทนหรือรายได้ทั้งหมดรวม 37,707,000.00 บาท แบ่งรายได้จากการขายลูกม้าจำนวน 33,000,000.00 บาท รายได้จากการรับผสมพันธุ์ม้าจำนวน 4,704,000.00 บาท

สาวิตรี แสงเกิด (2553) ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน เรื่องการปลูกผักปลอดสารพิษของกลุ่มเกษตรกร อ.สารภี จังเชียงใหม่ วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกผักปลอดสารพิษ อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ โดยเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มเกษตรกร จำนวนทั้งสิ้น 42 ราย ตามแบบสอบถาม ต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกผักปลอดสารพิษ และค้นคว้าและเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารตำราต่างๆ งานวิจัยและฐานข้อมูลต่างๆ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบบสอบถาม สรุปการวิจัย กลุ่มเกษตรกรจะปลูกผักปลอดสารพิษเป็นอาชีพมากที่สุดเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ทำอาชีพ ทำสวนลำไย และรับจ้างเกษตรกรส่วนใหญ่จะเช่าที่ดินในการเพาะปลูกผักปลอดสารพิษ เนื่องจากที่ดินของตนเองเป็นสวนลำไย

รัตนาวดี ยศยาคำ (2556) ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน เรื่อง การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ ศึกษาเกี่ยวกับสภาพทั่วไปทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้เกณฑ์ คือ มูลค่าปัจจุบัน (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRP) อัตราผลตอบแทนต่อทุน (B/C ratio) การหาระยะเวลาคือทุน (Payback Period) การวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวตัวต่อการเปลี่ยนแปลง (Sensitivities Analysis) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบบสอบถาม

สรุปผลการวิจัย สรุปผลการวิจัยพบว่าโครงการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีต้นทุนรวมทั้งหมด 352,138 บาท ผลตอบแทน 192,747 บาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนของโครงการ (NPV) มีค่าเท่ากับ -197,509 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีค่าเท่ากับ -45.30% ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราคิดที่กำหนดให้คือร้อยละ 7 อัตราส่วนต่อผลตอบแทนต้นทุน (B/C ratio) มีค่าเท่ากับ 0.40 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 และระยะเวลาในการคือทุน (Payback Period) มีค่าเท่ากับ 40 ปี ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่คุ้มต่อการลงทุน

ชญลักษณ์ มารุจิวัฒน์ (2553) ได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทน เรื่องไก่เนื้อแบบวิธีการประกันราคาและวิธีรับจ้างเลี้ยงในโรงเรือนแบบปิด วัตถุประสงค์เพื่อเป็นการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของการเลี้ยงไก่เนื้อตามพันธะสัญญาการ สรุปผลของการวิจัยเนื่องจากเกษตรกรขาดความรู้ในการเลี้ยงไก่เนื้อ ดังนั้นจึงเหมาะกับการเลี้ยงแบบพันธะสัญญา เพราะว่าการเลี้ยงแบบพันธะสัญญาจะเสี่ยงต่อการขาดทุนน้อย และบริษัทจะคอยให้คำแนะนำและความรู้ที่ถูกต้อง แต่การเลี้ยงแบบจ้างโรงเรือนแบบปิดมีต้นทุนในการลงทุนน้อยก็จริง แต่เสี่ยงต่อการขาดทุนมาก

ชานน ชูเกษมรัตน์ (2556) ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน เรื่องการทำสวนยางพารา ในจังหวัดชุมพร วัตถุประสงค์การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการทำสวนยางพาราจังหวัดชุมพร มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ ต้นทุนและผลตอบแทน และศึกษาปัญหา อุปสรรคและผลกระทบที่เกษตรกรได้รับในการผลิตยางพาราก่อน จังหวัดชุมพร การศึกษา สามารถแบ่งการศึกษาได้ 2 กลุ่ม

คือ กลุ่มขนาดเล็ก และกลุ่ม ขนาดกลาง สรุปผลของการวิจัย กลุ่มยางพาราขนาดเล็กจะมีต้นทุนปีที่ 1-6 อยู่ที่ 31,281.9 บาทต่อไร่ กลุ่มยางพาราขนาดกลางจะมีต้นทุนปีที่ 1-6 อยู่ที่ 30,623.6 บาทต่อไร่ ตั้งแต่ปีที่ 7 เป็นต้นไปจะมีการ

แปรผันตามราคาขาย ส่วนในการวิเคราะห์สวน ยางพาราขนาดเล็กมีความไหวตัวต่อผลการตอบแทน ร้อยละ 47.34 และในการวิเคราะห์สวนยางพารา ขนาดกลางมีความไหวตัวต่อผลการตอบแทนร้อยละ 95.5 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสวนยางพาราสามารถรองรับ ความเสี่ยงได้สูง

กิตติพงศ์ คำคง (2553) ได้ทำการศึกษาปัจจัย ที่สัมพันธ์กับความสำเร็จ เรื่องการเลี้ยงปลานิลของ เกษตรกรในอำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ วัตถุประสงค์เพื่อเป็นการศึกษาปัจจัยพื้นฐานที่มี ความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการเลี้ยงปลานิลของ เกษตรกรในอำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อ ศึกษาปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของ เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิลในอำเภอสนทราย จังหวัด เชียงใหม่ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบบสอบถาม สรุปลผลของการวิจัย เกษตรกรมีจำนวนสมาชิกใน ครรเรือน 4-5 คน ประสบการณ์ในการเลี้ยงปลานิล ส่วนใหญ่ ร้อยละ 63.9 มีประสบการณ์ในการเลี้ยง ปลานิล 5-10 ปี ประสบการณ์ต่ำสุด 1 ปี ประสบการณ์สูงสุด 16 ปี ประสบการณ์ในการเลี้ยง ปลานิลเฉลี่ยคือ 6.82 ปี เกษตรกรมีจำนวนบ่อเลี้ยง ปลานิลของเกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 55.5 มี จำนวนบ่อเลี้ยงปลานิลต่ำจำนวน 1 บ่อ จำนวนบ่อ เลี้ยงปลานิลสูงสุด 23 บ่อ จำนวนบ่อเลี้ยงปลานิล เฉลี่ยคือ 1.78 บ่อ รายได้จากการเลี้ยงปลานิลส่วน ใหญ่ ร้อยละ 50.4 มีรายได้น้อยกว่า 100,000 บาท รายได้รวมต่ำสุด 6,000 บาท รายได้รวมเกษตรสูงสุด 1,000,000 บาท รายได้รวมเฉลี่ย 146,002.5 บาท เกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 56.3 มีต้นทุนในการเลี้ยง ปลานิล ต้นทุนต่ำสุด 11,700 บาท ต้นทุนสูงสุด 1,383,000 ต้นทุนเฉลี่ย 165,747.77 บาท

รุ่งศักดิ์ ไชยศรี (2549) ทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต-ผลตอบแทน และ จุดคุ้มทุน ของแผนกโรงงานผลิตภัณฑ์คอนกรีตของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดมหาสารคาม มี จุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

ผลตอบแทน จุดคุ้มทุน ของแผนกโรงงานผลิตภัณฑ์ คอนกรีตของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัด มหาสารคาม โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจาก เอกสารรายงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในช่วง ปีงบประมาณ 2545 – 2447 ตลอดจนสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องในการผลิตโดยตรงทั้งผู้บริหารและผู้ปฏิบัติ ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต ผลตอบแทนและจุดคุ้มทุน สามารถนำไปเป็น สารสนเทศด้านต้นทุนการผลิต ผลตอบแทนและ จุดคุ้มทุนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขตอื่นๆ และ นำไปสู่การพัฒนากระบวนการผลิตและการบริหารงาน ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อไป

วิธีการวิจัย

1. การกำหนดความต้องการของระบบ ทำ การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมี โครงสร้าง สอบถามเจ้าของฟาร์ม เก็บข้อมูลการเลี้ยง ปลา การให้อาหารปลา และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ข้อมูล ผลตอบแทนในการเลี้ยงปลา รวบรวมข้อมูลและ ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีจุดคุ้มทุนและทฤษฎี ผลตอบแทน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มารวบรวมและ วิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนในการ เลี้ยงปลา

จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ปัญหาและ การศึกษาระบบงานเดิม พบว่าเจ้าของฟาร์มยังทำ ฟาร์มปลา โดยไม่มีการวางแผนการควบคุมการผลิต โดยใช้เป็นการจดบันทึกในสมุดรายวันในกระดาษ เท่านั้น เช่น บันทึกค่าใช้จ่าย บันทึกรายรับ มีการ ผิดพลาดในการจดบันทึก ไม่มีการประเมินโครงการ ทำให้ได้ผลผลิตสุดท้ายไม่คุ้มการลงทุน ไม่มีการเก็บ อาหารสำรองไว้ การสั่งซื้ออาหารจะสั่งเมื่อของเหลือ น้อยหรือหมด บางครั้งไม่เพียงพอต่อความต้องการ ของเจ้าของฟาร์ม

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาและทราบ ความต้องการของผู้ใช้ระบบแล้วจึงกำหนดการสร้าง

ระบบงานให้ทำงานตามความต้องการของเจ้าของธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- 1) เป็นระบบงานที่จัดเก็บข้อมูลบ่อปลา
- 2) เป็นระบบงานที่จัดเก็บข้อมูลอาหารปลา
- 3) เป็นระบบงานที่จัดเก็บข้อมูลการให้อาหารปลา
- 4) เป็นระบบงานที่จัดเก็บข้อมูลปลา
- 5) เป็นระบบงานที่จัดเก็บข้อมูลค่าใช้จ่าย
- 6) เป็นระบบงานที่ใช้คำนวณจุดคุ้มทุน
- 7) เป็นระบบงานที่ใช้คำนวณระยะคืนทุน
- 8) เป็นระบบงานที่ใช้ค้นหาข้อมูลย้อนหลังได้

ในด้านผู้ใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนในการเลี้ยงปลา กรณีศึกษา : การเลี้ยงปลาหมอ มาณพาร์ม อ.แม่ลาว จ.เชียงราย นั้นมีผู้เกี่ยวกับระบบงานดังนี้

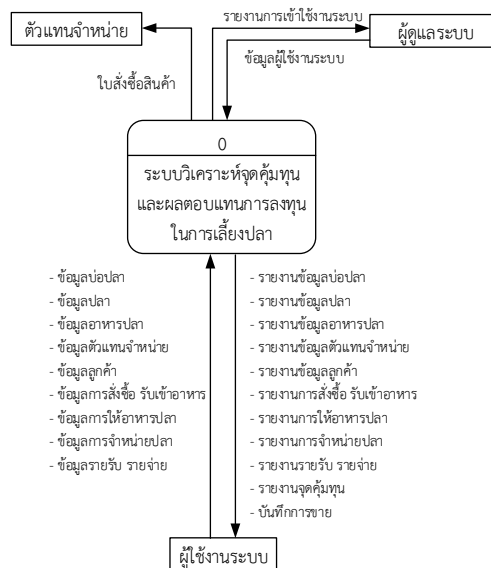
- 1) ผู้ใช้งานระบบ เป็นผู้ดูแลระบบและเป็นผู้ได้รับรายงานทั้งหมดจากระบบ
- 2) ตัวแทนจำหน่าย เป็นผู้ที่ได้รับใบสั่งซื้อสินค้าจากระบบ

2. การออกแบบระบบ ในด้านผู้ใช้งานระบบ

สารสนเทศเพื่อการจัดการระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนในการเลี้ยงปลา
กรณีศึกษา : การเลี้ยงปลาหมอ มาณพาร์ม อ.แม่ลาว จ.เชียงราย นั้นมีผู้เกี่ยวกับระบบงานดังนี้

- 1) ผู้ใช้งานระบบ คือ ผู้ที่ป้อนข้อมูลทั้งหมดและได้รับรายงานทั้งหมด ในที่นี้คือเจ้าของฟาร์ม
- 2) ตัวแทนจำหน่าย คือ ผู้ที่ได้รับใบสั่งซื้ออาหารจากระบบ
- 3) ผู้ดูแลระบบ คือผู้ที่ป้อนข้อมูลผู้ใช้งานระบบและได้รับรายงานการเข้าใช้งานระบบ

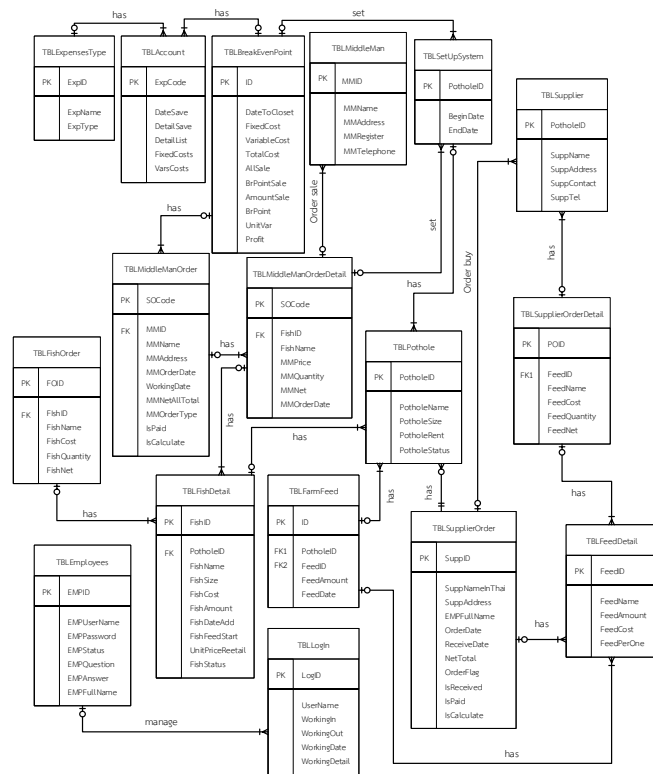
โดยแสดงความสัมพันธ์ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังบริบทของระบบ

การออกแบบฐานข้อมูลโดยใช้หลักการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Rational database) ในรูปแบบแผนภาพ E-R (ER-Diagram) เชื่อมโยง

ความสัมพันธ์ระหว่างเอนิตี (Entity) และแอทริบิวต์ (Attribute) โดยใช้คีย์หลัก (Primary key) และคีย์นอก (Foreign key) แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ฐานข้อมูลของระบบ

ในส่วนของการพัฒนาระบบใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic ในการออกแบบโปรแกรม และโปรแกรม Microsoft Office Access ในการจัดเก็บฐานข้อมูล

3. การทดสอบระบบ ทำการทดสอบระบบหาความผิดพลาด ความแม่นยำของระบบโดยผู้พัฒนาระบบ จากนั้นจึงทดลองใช้และประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งานระบบ โดยใช้แบบสัมภาษณ์กับผู้ใช้งานจำนวน 2 คน ประกอบด้วยผู้ใช้งานระบบและผู้ดูแลระบบ

4. เครื่องมือและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากผู้ใช้งานระบบ เช่น

ข้อมูลความต้องการของระบบ และข้อมูลด้านการใช้งานระบบ

ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาทฤษฎีแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับเรื่องวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทน ผู้วิจัยมีความรู้ความเข้าใจวิธีการคำนวณจุดคุ้มทุนและผลตอบแทนเพิ่มขึ้นจากการใช้ข้อมูลจริงในการศึกษาคำนวณ และผู้วิจัยมีทักษะในการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน จนสามารถออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศที่ใช้งานได้จริงสามารถวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนได้

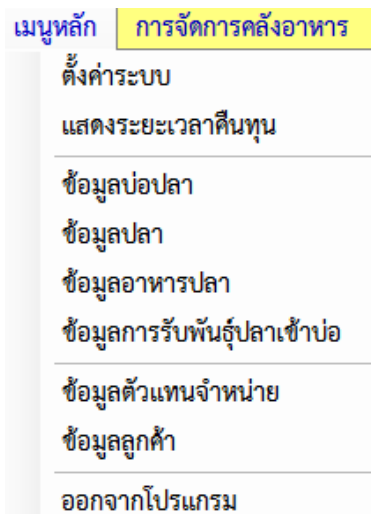
โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ออกแบบระบบและพัฒนาระบบ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นมีส่วนสำคัญ 5 ส่วนดังนี้



ภาพที่ 4 หน้าจอหลัก

ส่วนที่ 1 การจัดการข้อมูลหลัก ในส่วนของการจัดการข้อมูลหลักจะประกอบไปด้วยเมนูข้อมูลบ่อปลา, ข้อมูลปลา, อาหารปลา, ตัวแทนจำหน่าย และลูกค้า ดังภาพที่ 5 ซึ่งเมื่อผู้ใช้ระบบกรอกข้อมูลที่จำเป็นในแต่ละรายการข้อมูลเหล่านั้นจะทำให้ทราบ

ถึงข้อมูลการเลี้ยงปลาหมอ ระยะเวลาการเลี้ยงปลาหมอ การให้อาหารปลาหมอ รวมถึงข้อมูลเหล่านั้นจะสามารถนำไปทำการวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนต่อไป



ภาพที่ 5 เมนูย่อยในส่วนของเมนูหลัก

เมื่อเริ่มทำการเลี้ยงปลาต้องกำหนดวันเริ่มเปิดบ่อเลี้ยง วันที่ปิดบ่อเลี้ยงปลา แล้วคลิกเลือกบ่อปลาที่ต้องการเปิดเลี้ยงปลา และกำหนดราคาขายปลาตามขนาดซึ่งแบ่งได้ 3 ขนาด ขนาดใหญ่จะอยู่ที่

ระหว่าง 4-6 ตัวต่อกิโลกรัม ขนาดกลางจะอยู่ที่ระหว่าง 7-10 ตัวต่อกิโลกรัม และขนาดเล็กจะขนาดตั้งแต่ 11 ตัวขึ้นไปต่อกิโลกรัม จากนั้นกดปุ่มบันทึกรายการ ดังภาพที่ 6

เริ่มการเปิดบ่อ	31/ 5/ 2559	รหัส	ชื่อ	ขนาด	สถานะ	
สิ้นสุดการเปิดบ่อ	30/ 6/ 2559	<input checked="" type="checkbox"/>	001	บ่อ1	5x20x2	เปิดบ่อ
		<input type="checkbox"/>	002	บ่อ2	5x20x2	ปิดบ่อ
		<input type="checkbox"/>	003	บ่อ3	5x20x2	ปิดบ่อ
ราคาขนาดเล็ก	20 บาท/กิโลกรัม					
ราคาขนาดกลาง	60 บาท/กิโลกรัม					
ราคาขนาดใหญ่	80 บาท/กิโลกรัม					

ปุ่ม: บันทึกรายการ, กลับเมนูหลัก

ภาพที่ 6 หน้าจอตั้งค่าระบบ

ข้อมูลปลาที่ต้องการเลี้ยงในแต่ละบ่อ หลังจาก
 ที่ทำการเปิดบ่อเลี้ยงเรียบร้อยแล้ว ทำการระบุพันธุ์
 ปลาที่ปล่อย ขนาดตัวปลาที่ปล่อย ซึ่งมีตั้งแต่ขนาด 2
 เซนติเมตร จนถึงขนาด 2 นิ้ว ระบุราคาลูกปลาต่อตัว

ตามขนาดที่นำเข้ามาเลี้ยง และจำนวนปลาที่ปล่อย
 ทั้งหมดลงในบ่อ จะทำให้ทราบถึงต้นทุนรวมต่อ
 จำนวนปลาทั้งหมดที่ปล่อยต่อบ่อ ดังภาพที่ 7

รหัสข้อมูลปลา :	006	เลขที่	ชื่อปลา	จำนวน	ขนาด	ต้นทุน
ชื่อปลา :		001	ปลาหมอ	0	4 ซม.	1.25
ชื่อปลานี้ :						
ขนาดตัวปลา :						
ราคาต้นทุน :	บาท/ตัว					
จำนวน :	0 ตัว					
วันที่ซื้อล่าสุด :	21/ 5/ 2559					
วันที่เริ่มเลี้ยงล่าสุด :	21/ 5/ 2559					

ปุ่ม: เพิ่มรายการ, ลบรายการ, ยกเลิกรายการ, พิมพ์รายการ, กลับเมนูหลัก

ภาพที่ 7 หน้าจอจัดการข้อมูลปลา

ส่วนที่ 2 การจัดการคลังอาหาร ในส่วนขอ
 การจัดการคลังอาหาร ประกอบด้วยเมนูย่อย คือ
 ตรวจสอบยอดคงเหลือ รายการสั่งซื้อ รับเข้าอาหาร
 และการให้อาหารปลา ดังภาพที่ 8 เมื่อผู้ใช้กรอก
 ข้อมูลเข้าไปในระบบจะทำให้ทราบถึงข้อมูลอาหาร

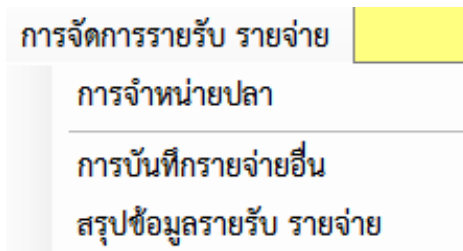
ปลา และยอดคงเหลืออาหารปลาแต่ละประเภท ถ้า
 ยอดคงเหลือมีน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 กก. ข้อมูลจะ
 เป็นสีแดงผู้ใช้ระบบก็จะสามารถนำข้อมูลนั้นไป
 จัดการซื้ออาหารปลาเพื่อทำการเลี้ยงปลาต่อไป

การจัดการคลังอาหาร	การจัดการราย
ตรวจสอบยอดคงเหลือ	
รายการสั่งซื้อ รับเข้าอาหาร	
การให้อาหารปลา	

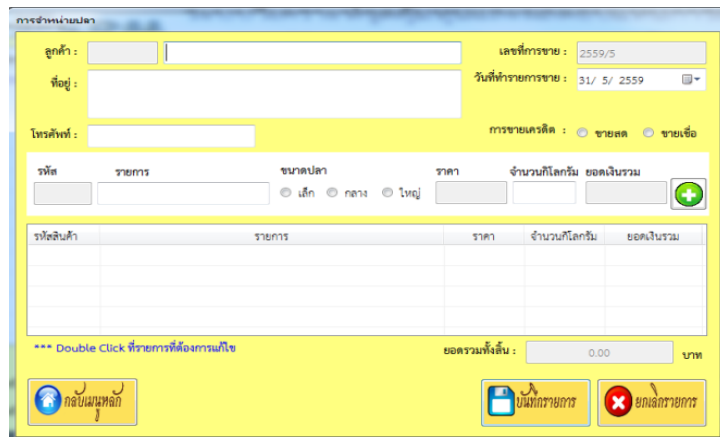
ภาพที่ 8 เมนูย่อยในส่วนการจัดการคลังอาหาร

ส่วนที่ 3 การจัดการรายรับ รายจ่าย ในส่วนของการจัดการด้านรายรับ รายจ่าย ประกอบด้วยเมนูการจำหน่ายปลา การบันทึกรายรับ รายจ่ายอื่น และสรุปข้อมูลรายรับ รายจ่าย ดังภาพที่ 9 ซึ่งเมื่อผู้ใช้ระบบกรอกข้อมูลเข้าไปในแต่ละเมนูย่อย ดังภาพที่ 10 - 12 ก็จะทำให้ผู้ใช้ระบบทราบถึงต้นทุนที่

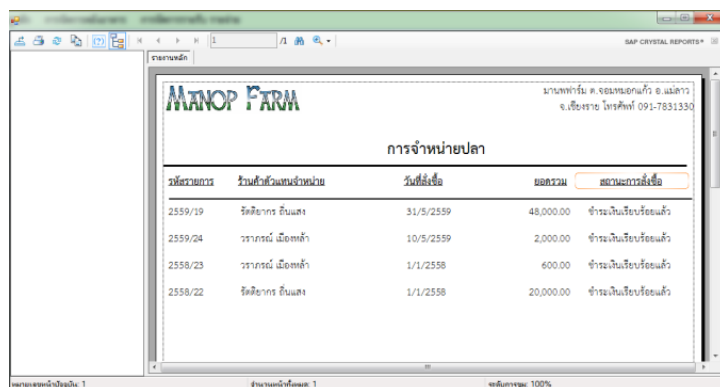
แท้จริงของการเลี้ยงปลาในแต่ละรอบการเลี้ยง และทราบถึงรายได้ที่แท้จริงในแต่ละรอบระยะเวลาการเลี้ยง อีกทั้งยังนำข้อมูลมาแสดงจุดคุ้มทุนในการเลี้ยงปลาในแต่ละรอบการเลี้ยงได้



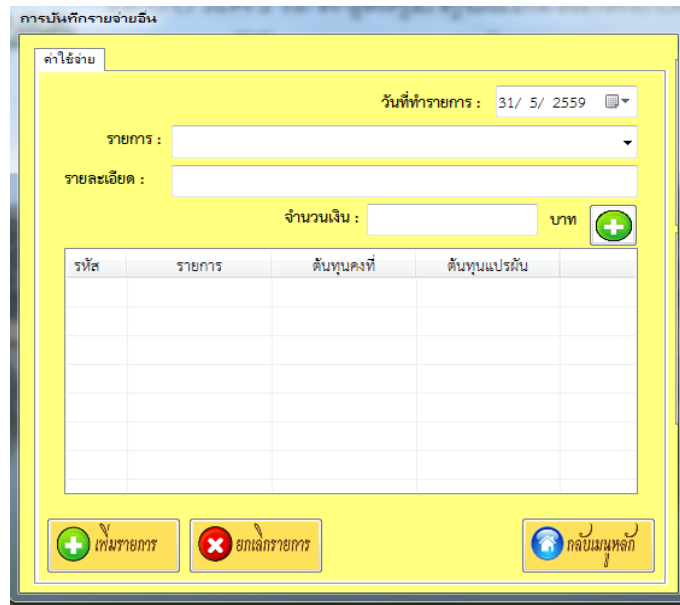
ภาพที่ 9 เมนูย่อยในส่วนของเมนูการจัดการรายรับ รายจ่าย



ภาพที่ 10 หน้าจอบันทึกข้อมูลการจำหน่ายปลา



ภาพที่ 11 รายงานการจำหน่ายปลา



ภาพที่ 12 หน้าจอเพิ่มรายจ่าย

ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ในส่วนนี้จะเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 3 มาทำการสรุปข้อมูลรายรับรายจ่ายทั้งหมด

แสดงต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร ยอดรวมจำหน่าย จากนั้นระบบจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาหน่วยขายที่คุ้มทุน และยอดขายที่คุ้มทุน ดังภาพที่ 13

สั	วัน เดือน ปี	รายการ	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ต้นทุนแปรผัน (บาท)	ยอดรวมต้นทุนคงที่ :
71	21/5/2559	ค่าแรงช่างผู้ประกอบช่าง	20,000.00	0.00	ยอดรวมต้นทุนแปรผัน :
72	21/5/2559	ค่าเช่าพาหนะการณ ณ วันที่ 21/5/2559	.00	7,600.00	ต้นทุนรวมทั้งสิ้น :
73	21/5/2559	ค่าค่าที่ผู้เช่ารถ ณ วันที่ 1/5/255...	.00	12,900.00	
					ยอดจำหน่ายรวม :
					จำนวนสินค้าที่ขาย :
					จุดคุ้มทุน (ปีละครั้ง) :
					ยอดขาย ณ จุดคุ้มทุน :
					กำไรต่อรอบ :


ภาพที่ 13 หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน


ส่วนที่ 5 การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน ในส่วนนี้จะเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากส่วนที่ 1 และส่วนที่ 3 ยกเว้นเงินลงทุนเริ่มแรกที่ใช้ต้องกรอกต้นทุนเริ่มแรก และจำนวนปลาที่ปล่อยต่อปี จากนั้นระบบจะทำการวิเคราะห์หาหน้าหลักปลาที่จะได้รับ

จากการเลี้ยงปลาในรอบระยะเวลาการเลี้ยงซึ่ง 1 ปี สามารถเลี้ยงได้ 2 รอบ เมื่อทำการประมวลผลข้อมูล จะทำให้ทราบถึงระยะเวลาคืนทุนต่อการลงทุนเริ่มแรก ดังภาพที่ 14

ต้นทุนเริ่มแรก	400000
จำนวนปลาที่ปล่อยต่อปี	20000
น้ำหนักปลาที่ได้รับ	2,222.22
เงินสตรับสุทธิต่อปี	125,933.33

ระยะเวลาคืนทุน คือ 3 ปี 2 เดือน


 บันทึกรายการ


 กลับเมนูหลัก

ภาพที่ 14 หน้าจอแสดงระยะเวลาคืนทุน

อภิปรายผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการพัฒนาระบบ

ผลจากการพัฒนาระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงปลา กรณีศึกษา การเลี้ยงปลาหมอ มานพฟาร์ม อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย และจากการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานระบบพบว่าระบบสามารถแสดงผลการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนเพื่อให้ผู้ใช้ระบบนำไปวางแผนการเลี้ยงปลาหมอให้ประสบความสำเร็จต่อไปนี้ สอดคล้องกับ บทความทางวิชาการของ นภาพร ลิขิตวงศ์ขจร[3] เรื่อง กำไรสร้างได้ด้วยจุดคุ้มทุน กล่าวไว้ว่า ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนผู้บริหารต้องแยกข้อมูลต้นทุนตามพฤติกรรมว่าต้นทุนประเภทใดเป็นต้นทุนคงที่ ต้นทุนใดเป็นต้นทุนผันแปร ซึ่งผู้บริหารสามารถนำจุดคุ้มทุนมาใช้ประโยชน์ในการวางแผนการผลิตและการขายเพื่อให้ได้กำไรตามเป้าหมายต่อไปและยังสอดคล้องกับ งานวิจัยของ รุ่งศักดิ์ ไชยศรี เรื่องการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต-ผลตอบแทน และจุดคุ้มทุน ของแผนกโรงงานผลิตภัณฑ์คอนกรีตของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดมหาสารคาม พบว่า การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตผลตอบแทนและจุดคุ้มทุน สามารถนำไปเป็นสารสนเทศด้านต้นทุนการผลิต ผลตอบแทนและจุดคุ้มทุนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขตอื่นๆ และ

นำไปสู่การพัฒนากระบวนการผลิตและการบริหารงานให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อไป

2. การวิเคราะห์ความต้องการ

การวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการโดยใช้แบบสัมภาษณ์ผู้ดูแลระบบมีความต้องการระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนในการเลี้ยงปลามีรายละเอียดดังนี้

- 1) ต้องการให้มีการจัดการข้อมูล จัดเก็บ แก้ไข ข้อมูลบ่อปลา ข้อมูลปลา ข้อมูลอาหารปลา ข้อมูลการสั่งซื้ออาหารปลา ข้อมูลการให้อาหารปลา และ ข้อมูลการจำหน่าย
- 2) ต้องการให้ระบบสามารถคำนวณจุดคุ้มทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงปลา
- 3) ต้องการให้มีการออกแบบระบบ มีการจัดองค์ประกอบ ใช้งานง่าย ขนาดตัวอักษรสามารถอ่านได้ง่าย และมีความสวยงาม
- 4) ต้องการให้มีการแสดงผลออกมาในรูปแบบรายงาน เช่น รายงานบ่อปลา รายงานการให้อาหารปลา รายงานสรุปค่าใช้จ่าย และรายงานจุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนในการเลี้ยงปลา

3. การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการใช้งานระบบ การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการใช้งานระบบโดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์ พบว่า

3.1 การประเมินการใช้งาน ผู้ดูแลระบบมีความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนในการเลี้ยงปลา มีดังนี้

1) ใช้ระบบช่วยในการจัดการข้อมูล จัดเก็บแก้ไขข้อมูลการเลี้ยงปลาหมอ อยู่ในระดับที่ดี โดยผู้ใช้งานระบบให้ความเห็นว่า ระบบสามารถปรับปรุงแก้ไขข้อมูลได้ โดยไม่ได้มีปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลแต่อย่างใด

2) ใช้ระบบช่วยในการสั่งซื้ออาหารปลา ผู้ใช้งานระบบให้ความเห็นว่า สามารถนำมาคำนวณค่าใช้จ่าย และแสดงใบสั่งซื้อได้ ทำให้สะดวกและรวดเร็ว ได้ข้อมูลที่ต้องการ

3) ใช้ระบบช่วยในจำหน่ายปลา ผู้ใช้งานระบบให้ความเห็นว่า สามารถนำมาคำนวณ และแสดงบันทึกการขายได้ ทำให้สะดวกและรวดเร็ว ได้ข้อมูลที่ต้องการ

4) ใช้ระบบช่วยในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนและผลตอบแทน ผู้ใช้งานระบบให้ความเห็นว่า มีความครอบคลุมและเหมาะสมในคำนวณหาจุดคุ้มทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงปลาหมอ เพราะระบบสามารถนำค่าใช้จ่ายจากต้นทุนในการเลี้ยงปลา และรายรับจากการจำหน่ายปลาที่บันทึกข้อมูลนำมาใช้ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงปลาหมอในรอบการเลี้ยงนั้นๆ ได้

5) การออกแบบระบบ การจัดองค์ประกอบขนาดตัวอักษร ความสวยงาม ผู้ใช้ผู้ใช้งานระบบให้ความเห็นว่า ควรที่จะมีรายละเอียดมากขึ้น

6) ความเร็วในการประมวลผลของระบบ ผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจความเร็วในการประมวลผลและการทำงานรวดเร็ว

7) ความสะดวกในการใช้งาน ผู้ใช้งานระบบพึงพอใจในความสะดวกในการใช้งาน สามารถนำข้อมูลที่จัดเก็บมาคำนวณหาจุดคุ้มทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงปลาได้ทันที

8) ความปลอดภัยในการรักษาข้อมูล ผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจ เพราะมีการกำหนดชื่อและรหัสผ่านก่อนเข้าสู่ระบบ

9) การออกแบบรายงาน การจัดว่าตำแหน่งตัวอักษร ผลลัพธ์ที่แสดง ผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจในความเหมาะสมตำแหน่งการจัดวางรายงาน รายงานสามารถเข้าใจได้ง่าย และสามารถนำรายงานรายรับ รายจ่ายและจุดคุ้มทุนมาวิเคราะห์ในการเลี้ยงปลาในรอบการเลี้ยงครั้งต่อไป มีความครบถ้วนถูกต้อง

สรุป

ผลการประเมินเกี่ยวกับการใช้งานระบบของผู้ดูแลระบบ พบว่ามีความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้งานระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนในการเลี้ยงปลาในการใช้ระบบช่วยในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนและผลตอบแทน การออกแบบระบบ การจัดองค์ประกอบ ขนาดตัวอักษร ความสวยงาม ความเร็วในการประมวลผลของระบบ ความปลอดภัยในการรักษาข้อมูล และการออกแบบรายงาน การจัดวางตำแหน่ง ตัวอักษร ผลลัพธ์ที่แสดง

ส่วนในการบันทึกข้อมูล วิเคราะห์และแสดงผล พบว่ามีความรวดเร็ว สามารถช่วยในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนและผลตอบแทน และมีความปลอดภัยในการรักษาข้อมูลของระบบ ทั้งนี้อาจเนื่องจากผู้วิจัยได้ใช้เวลาในการศึกษา รวบรวมและวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานระบบ ก่อนที่จะทำการออกแบบระบบ

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป ควรพัฒนาให้ระบบวิเคราะห์จุดคุ้มทุนและผลตอบแทนการลงทุนในการเลี้ยงปลาสามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟได้ ซึ่งหากทำได้ก็จะช่วยในเรื่องการตัดสินใจในการลงทุน และเห็นรายละเอียดชัดเจนยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมานพฟาร์ม อ.แม่ลาว จ.เชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้ข้อมูล เกี่ยวกับการดำเนินงานวิจัยและให้ความร่วมมือในการทดลองใช้ระบบ

เอกสารอ้างอิง

- กุลนิดา ยศยล. (2553). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงม้าสีของฟาร์มช่างรุ่ง จังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าอิสระปริญญา มหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชานน ชูเกษมรัตน์. (2556). การวิเคราะห์ต้นทุน และผลตอบแทนการทำสวนยางพาราใน จังหวัดชุมพร. การค้นคว้าอิสระเศรษฐศาสตร์ มหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ฐานันดร ปรีดากัญญารัตน์. (2551). จุดคุ้มทุนและ ระยะเวลาคืนทุน. สืบค้นจาก http://www.2.feu.ac.th/acad/ac/articles_detail.php?id=112.
- ธัญลักษณ์ มารุจิวัฒน์. (2553). การเปรียบเทียบ ต้นทุนและผลตอบแทนของการเลี้ยงไก่เนื้อ แบบวิธีการประกันราคาและวิธีรับจ้างเลี้ยงใน โรงเรือนแบบปิดของเกษตรกรจังหวัดลำปาง การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต. บัณฑิต วิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นภาพร ลิขิตวงศ์ขจร. (2551). กำไรสร้างได้ด้วย จุดคุ้มทุน. วารสารศูนย์บริการวิชาการ มข. ปีที่ 16 (1), 26-29.

- รัตนาวดี ยศยาคำ. (2556). การวิเคราะห์ต้นทุนและ ผลตอบแทนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อำเภอ แมริม จังหวัดเชียงใหม่. การค้นคว้าอิสระ เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รุ่งศักดิ์ ไชยศรี. (2549). การวิเคราะห์ต้นทุน- ผลตอบแทน และจุดคุ้มทุน ของแผนกโรงงาน ผลิตภัณฑ์คอนกรีตของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดมหาสารคาม. การค้นคว้าอิสระปริญญา มหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัย มหาสารคาม.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดนครราชสีมา. (2557). การเพาะเลี้ยงปลาหมอไทย. สืบค้นจาก www.fisheries.go.th/ifkorat/index.php?option=com_content&view=article&id=24:2009-09-09-08-14-48&catid=1:2009-08-04-06-15-39&Itemid=51.

- สาวิตรี แสงเกิด. (2553). การวิเคราะห์ต้นทุนและ ผลตอบแทนการปลูกผักปลอดสารพิษของกลุ่ม เกษตรกร อ.สารภี จังเชียงใหม่. การค้นคว้า อิสระปริญญามหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

การออกแบบและสร้างเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน

The Design and Building of Regulator Pressure Valve of Biogas for Internal Combustion Engine

ประเทือง ฝั้นแก้ว^{1*}, ไตรภพ เปนุจา², สุทธิชัย สันติชัยชาญ³ และ สุรสิทธิ์ ทองแดงห้วง⁴
Pratuang Funkeaw^{1*}, Taripob Panuja², Sutichai Santichaichan³ and Surasit Tongdanghung⁴

^{1,2,3,4} สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

^{1,2,3,4} Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Lampang

* Corresponding author e-mail: K_Pratuang@yahoo.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ปรับแรงดันก๊าซชีวภาพ เพื่อจ่ายให้กับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพให้มีความดันก๊าซคงที่ ทำให้ส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงคงที่ด้วย โดยอุปกรณ์ปรับแรงดันก๊าซชีวภาพดัดแปลงใช้ไดอะแฟรม ของหม้อต้มก๊าซแอลพีจี ยี่ห้อ LO GAS รุ่น SUPER ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร ปรับความดันก๊าซจากบ่อก๊าซชีวภาพเป็นแบบโดมคงที่ที่มีความดัน 2.18 ถึง 0.5 เมตรน้ำ ปรับให้เหลือความดัน 0.25 เมตรน้ำ เครื่องยนต์ที่ใช้ทำการทดสอบคือ เครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน ยี่ห้อฮอนด้า รุ่น GX120 T1 ขนาด 200 ซีซี. 3.4 แรงม้า ขับเจนเนอเรเตอร์ขนาด 1 กิโลวัตต์ ให้ภาระงานโดยใช้หลอดไฟฟ้า ผลการทดสอบได้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงสุดที่ 12.27 เปอร์เซ็นต์ โหลดทางไฟฟ้า 400 วัตต์ มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ 7.7 ลิตร ต่อเวลาที่ เครื่องปรับแรงดันก๊าซชีวภาพสามารถรักษาความดันก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์ได้ในช่วง 0.22 ถึง 0.25 เมตรน้ำ ความดันแตกต่าง 0.03 เมตรน้ำ คิดเป็นคลาดเคลื่อน 12 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, เครื่องปรับความดัน, ทดสอบเครื่องยนต์

Abstract

This project is designed and builded for regulator pressure valve of biogas supplied to the biogas engine to the gas pressure constant. It made a mixture of air and fuel remains constant. Regulator pressure valve of biogas modification used diaphragm of a boiler LPG brand LO GAS model SUPER. There is diameter diaphragm is 125 mm. It adjust pressure gas from the biogas is fixed dome digester. Pressure biogas at 2.18 to 0.5 m,H₂O reduced at 0.25 m,H₂O. Engine used for this test was the small Gasoline Engine of Honda model GX120 T1 displacement volume 200 cm³, maximum power 3.4 hp. drive the generator 1 kW workload by using a light bulb. Results of testing were the performance of engine maximum power at 12.27% and electrical load 400 Watt. There is rate of fuel biogas consumption 7.7 lit/min. Regulator pressure valve of biogas can be treated pressure biogas before entering to the engine 0.22 to 0.25 mH₂O and differential pressure 0.03 m,H₂O. It was incorrect 12%.

Keywords: Biogas, Regulator Pressure Valve, Test Engine.

บทนำ

การนำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์สันดาปภายในมีอยู่ 3 แบบ คือ เครื่องยนต์ก๊าซดีเซล (The gas diesel engine) เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (Modification of a diesel engine as a gas engine) และเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (The gas engine) ในฟาร์มสุกรขนาดกลางและขนาดเล็กจะมีบ่อก๊าซชีวภาพเป็นแบบโดมคกที่ขนาดของบ่อตั้งแต่ 50- 100 m³ นำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลให้แก่เครื่องยนต์ดีเซลเล็กเป็นต้นกำลังให้แก่พัดลมระบายความร้อนกับเครื่องปรับอากาศแบบ Evaporative Cooling System ในฟาร์มสุกรระบบปิด ซึ่งสมรรถนะเครื่องยนต์ดังกล่าวมีค่อนข้างต่ำและเกิดก๊าซไอเสียปริมาณมาก เนื่องจากอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพกับอากาศไม่คงที่ เมื่อเริ่มสตาร์ทติดเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพในช่วงแรกจะปรับส่วนผสมของอากาศกับก๊าซชีวภาพได้พอดี แต่เมื่อความดันของก๊าซชีวภาพในบ่อหมักเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ส่วนผสมหนาและเมื่อความดันของก๊าซชีวภาพในบ่อหมักลดลงจะทำให้ส่วนผสมบางลง(ประเทือง,2548)

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเพื่อให้ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ ในอัตราส่วนพอดีและคงที่ตลอด ต้องรักษาระดับความดันของก๊าซชีวภาพที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์คงที่เสมอ จึงต้องมีเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพก่อนจ่ายให้กับเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กที่มีบ่อหมักแบบโดมคกที่

2. เพื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้เครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพกับเครื่องยนต์ที่ไม่ใช้เครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ก๊าซชีวภาพ (Biogas, digester gas) หรือไบโอแก๊ส คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน(anaerobic digestion) โดยทั่วไปจะหมายถึง ก๊าซ มีเทน ที่เกิดจากการหมัก (fermentation) ของ สารอินทรีย์ องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน(CH₄) ประมาณ 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน(H₂) ออกซิเจน(O₂) ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H₂S) ไนโตรเจน(N) และไอน้ำ(วิกิพีเดีย,2558)

2. เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (Biogas Engine) การนำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้น ต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ก่อนเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงมีอยู่ 3 แบบ (Mitzlaff, 1988)

2.1 เครื่องยนต์ก๊าซดีเซล (Gas Diesel Engine) คือนำเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปที่ใช้ น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง เปลี่ยนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงคู่ คือน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซชีวภาพ โดยให้ก๊าซชีวภาพผสมกับอากาศเข้าห้องเผาไหม้ ส่วนการจุดระเบิดยังใช้น้ำมันดีเซลฉีดเข้าไปยังก๊าซชีวภาพกับอากาศที่อัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูงในกระบอกสูบเครื่องยนต์ต้องการน้ำมันดีเซลเพื่อไปจุดระเบิดประมาณ 10-20 % ของการใช้เครื่องยนต์ดีเซลปกติ ทำให้สามารถประหยัดน้ำมันประมาณ 80-90 %

2.2 เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (Modification of a Diesel Engine into a Gas Otto Engine) โดยนำเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปมาดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซลที่อัดอากาศให้มีความดันและอุณหภูมิสูงแล้วฉีดน้ำมันดีเซลเข้าไปเกิดการเผาไหม้ เปลี่ยนมาเป็นอัดอากาศผสมก๊าซชีวภาพให้มีความดันและอุณหภูมิสูงแล้วจุดระเบิดด้วยหัวเทียน ซึ่งในการดัดแปลงเครื่องยนต์จะต้องกระทำดังนี้

1) เปลี่ยนอัตราส่วนการอัด (Compression ratio) ของเครื่องยนต์ให้ได้ประมาณ 10 - 12

2) เปลี่ยนการจุดระเบิดโดยการฉีดน้ำมันดีเซลมาเป็นจุดระเบิดด้วยหัวเทียน

3) เพิ่มอุปกรณ์ Venturi mixer gas ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศเข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์

ตารางที่ 1 Features of Biogas Engines

Design data	Gas diesel	Gas Otto
Compression ratio (ϵ)	15....18	10....12
Excess air ratio (λ)	1.3....40	0.9....1.3
Specific fuel consumption	0.55....0.75 m ³ /kW.h (+ pilot fuel)	0.65....1.0 m ³ /kW.h
Exhaust gas temperature	500....700°C	500....900°C
Ignition type	Self-ignition of pilot injected into a hot compressed mixture of and gas which is ignited by the pilot fuel subsequently	As in other Otto engines

ที่มา: (Mitzlaff ,1988)

2.3 เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (Gas Otto Engine) โดยการนำเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั่วไปที่ใช้ น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงมาเป็นก๊าซชีวภาพแทน โดยเปลี่ยนจากคาร์บูเรเตอร์ ที่มีหน้าที่ผสมน้ำมันกับอากาศเป็นไอติมาเป็น Venturi mixer gas ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศแทน เมื่อดัดแปลงแล้วมีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงประมาณ 20 %

3. การคำนวณหาค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ การนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์สันดาปภายในจะต้องคำนึงถึงค่าความร้อน (H_u) ซึ่ง

ขึ้นอยู่กับสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ความดันรวมและอุณหภูมิในถังหมัก (Mitzlaff, 1988)

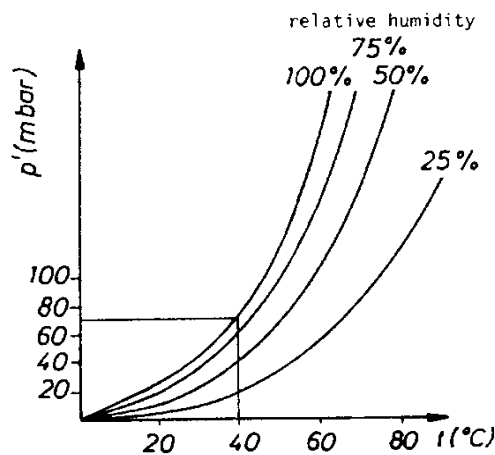
1) สัดส่วนปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ

$$\%CH_4 = 100\% - \%CO_2 \tag{1}$$

ความดันของก๊าซชีวภาพ (P_{act})

$$P_{act} = P_a + P_d - P' \tag{2}$$

โดย p_{act} คือ ความดันของก๊าซชีวภาพ, mbar
 P_a คือ ความดันบรรยากาศ, mbar
 P_d คือ ความดันในบ่อหมัก, mbar
 P' คือ ค่าความดันของไอน้ำหาได้จากภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ของความดันของไอน้ำกับความชื้น สัมพันธ์และอุณหภูมิในก๊าซชีวภาพ (Mitzlaff, 1988)

2) ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน ($\rho_{CH_4,act}$) ใน
ก๊าซชีวภาพ

$$\rho_{CH_4,act} = \frac{\rho_{CH_4,std} \times P_{act} \times T_{std}}{P_{std} \times T_{act}} \quad (3)$$

$\rho_{CH_4,act}$ คือ ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน, kg/m^3

$\rho_{CH_4,std}$ คือ ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่สภาวะ
มาตรฐาน = $0.72 kg/m^3$

P_{act} คือ ความดันของก๊าซชีวภาพ, mbar

T_{std} คือ อุณหภูมิของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน
(273 K)

P_{std} คือ ความดันของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน

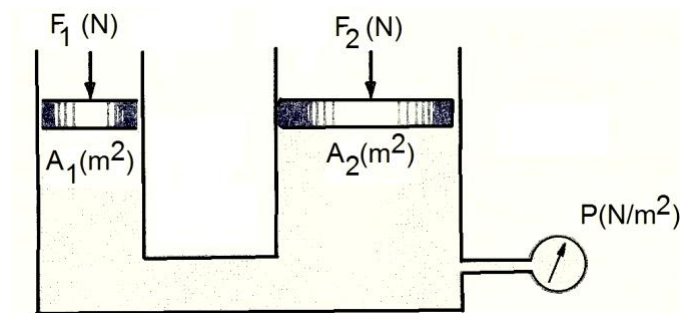
= 1013 mbar

T_{act} คือ อุณหภูมิของก๊าซชีวภาพ, K

โดยค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ใช้งาน
($H_{u,act}$) จะสัมพันธ์กับสัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซ
ชีวภาพ (V_{CH_4}/V_{total}) ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่
ใช้งาน ($\rho_{CH_4,act}$) และค่าความร้อนต่ำของก๊าซมีเทนที่
สภาวะมาตรฐาน ($H_{u,act} = 50,000 kJ/kg$)

$$H_{u,act} = \frac{V_{CH_4}}{V_{total}} \times \rho_{CH_4,act} \times H_{u,std} \quad (4)$$

4. หลักการเบื้องต้นของกลศาสตร์ของไหล



ภาพที่ 2 ทฤษฎีของปาสคาล (ปานเพชร, 2521)

4.1 แรงสถิติของของไหล

ทฤษฎีของปาสคาล ได้กล่าวถึงการถ่ายเท
ความดันแบบไม่เคลื่อนที่ ซึ่งปาสคาลได้ทดลอง
พิสูจน์ให้เห็นจริง และสรุปเป็นทฤษฎีว่า “เมื่อทำให้
เกิดความดันต่อของไหลที่อยู่ในภาชนะปิดจะเกิดแรง
กระทำต่อทุกๆ ส่วนของผิวภาชนะในแนวตั้งฉาก”
เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (ปานเพชร, 2521)

$$P = \frac{F}{A} \quad (5)$$

โดย P คือ ความดัน, N/m^2

F คือ แรงที่กระทำ, N

A คือ พื้นที่ถูกระกระทำ, m^2

และ
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (6)$$

เครื่องวัดความดันนั้นโดยปกติแล้วจะแสดงผล
ออกมา เป็นความดันที่มากหรือน้อยกว่าความดัน
บรรยากาศ ความดันที่แตกต่างจากบรรยากาศนี้
เรียกว่า “ความดันเกจ (Gauge Pressure)”

4.2 ความดันกับระดับความลึกของของไหล ค่า
ความดันในของไหล (ของเหลว) จะไม่ขึ้นอยู่กับขนาด
หรือความใหญ่ของภาชนะที่บรรจุ โดยค่าความ
แตกต่างกันของความดันของจุด 2 จุดที่มีความลึกที่
แตกต่างกันในของไหลสามารถหาได้จากสมการ
ดังต่อไปนี้ (มนตรี, 2554)

$$P_2 - P_1 = \rho g(h_2 - h_1) = \gamma(h_2 - h_1) \quad (7)$$

โดยในสมการนี้

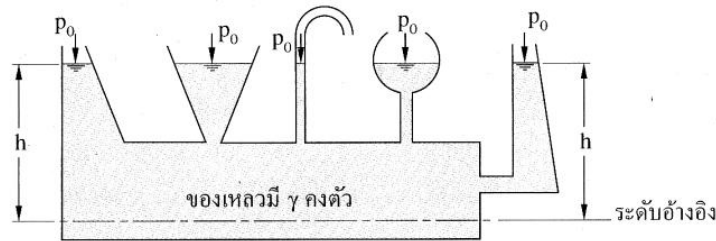
$P_2 - P_1$ คือ ค่าความแตกต่างของความดัน ระหว่างจุดที่ 1 และจุดที่ 2

ρ คือ ค่าความหนาแน่นของของไหล, kg/m^3

g คือ ค่าอัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, m/s^2

$(h_2 - h_1)$ คือ ค่าความแตกต่างกันของความลึกในของเหลว, m

จากภาพที่ 3 ความดันของจุดทุกจุดบนเส้นระดับอ้างอิง ซึ่งมีความลึกเท่ากัน คือ h จะมีค่าเท่ากัน ซึ่งค่าที่ได้มีได้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของภาชนะ



ภาพที่ 3 ของเหลวที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่มีรูปทรงแตกต่างกัน (มนตรี, 2554)

4.3 เครื่องมือวัดความดันแบบหลอดแก้วรูปตัวยู (U tube manometer) เภจวัดความดันแบบนี้อาศัยการทำงานโดยเปรียบเทียบกับความดันบรรยากาศ ประกอบด้วยหลอดแก้วรูปตัวยู (U-tube) ที่บรรจุด้วยของเหลวซึ่งอาจจะเป็นปรอทหรือน้ำ ปลายข้างหนึ่งของหลอดเปิดสู่ความดันบรรยากาศส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อเข้ากับความดันของระบบที่ต้องการวัดความดัน ดังรูปที่ 4 และหาความดันได้จากสมการ

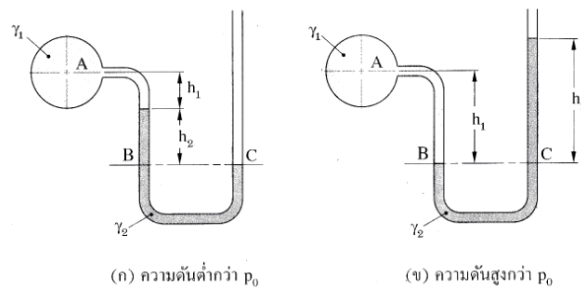
$$P = \rho gh \quad (8)$$

กำหนดให้ P คือ ความดันเกจ, N/m^2

ρ คือ ค่าความหนาแน่นของของไหล kg/m^3

g คือ ค่าอัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, m/s^2

h คือ ความสูงของของไหล, m



(ก) ความดันต่ำกว่า p_0

(ข) ความดันสูงกว่า p_0

ภาพที่ 4 มานอมิเตอร์แบบหลอดแก้วตัวยู (มนตรี, 2554)

5. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

ประสิทธิภาพความร้อน (Thermal efficiency) ประสิทธิภาพทางความร้อนเครื่องยนต์ คือ ความสามารถของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนจากการสันดาบน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศเป็นพลังงานกลที่ส่งต่อออกไปใช้งาน ส่วนมากในเครื่องยนต์นิยมบอกเป็นประสิทธิภาพทางความร้อนเบรกหรือบนฐานเบรก (Brake thermal efficiency; η_{bt}) (มนตรี, 2544)

$$\eta_{th,b} = \frac{P_b}{m_f \times HHV} \times 100 \quad (8)$$

เมื่อ P_b คือ กำลังม้าเบรก, kW

m_f คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง, kg/s

HHV คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง, kJ/kg

ขั้นตอนการวิจัย

เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบและอุปกรณ์

1. เครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน ยี่ห้อ ฮอนด้า รุ่น GX 120 T1 ขนาด 200 CC. 4 จังหวะ 3.4 HP อัตราส่วนการอัด 8.5:1 (อำพล, 2544) เปลี่ยน

คาร์บูเรเตอร์เดิมเป็นคาร์บูเรเตอร์ก๊าซชีวภาพสามารถใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพได้

2. เจนเนอเรเตอร์ ขนาด 1 kW ที่ความเร็วรอบ

3000 rpm

3. เครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพสร้างขึ้น

4. Gas Meter ยี่ห้อ AMPY Email Metering รุ่น HP 750

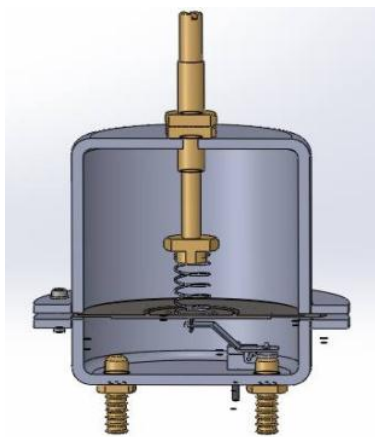
5. มานอมิเตอร์วัดแรงดัน

6. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ FLUKE รุ่น 78

7. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย ยี่ห้อ Emissions Systems, INC (EMS). รุ่น 5002

วิธีการวิจัย

1. เก็บข้อมูลก๊าซชีวภาพ ก่อนการสร้างเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีบ่อหมักแบบโดมคงที่ ที่ฟาร์มชุมชนนี้แก้ว 415/11 ตำบลศาลา อำเภอกะลา จังหวัดลำปาง 52130 โดยค่าต่างๆ ของก๊าซชีวภาพได้ค่าเฉลี่ยดังนี้ ก๊าซชีวภาพมี CH_4 67 %โดยปริมาตร ความดันของก๊าซชีวภาพในบ่อหมักเท่ากับ 1191.9 mbar ความชื้นสัมพัทธ์ 84 % และอุณหภูมิ $32^{\circ}C$ ตามลำดับ ก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อน (H_u) 25,402.15 kJ/m³



ภาพที่ 3 เครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพที่สร้างขึ้น

2. สร้างเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ การวิจัย มีจุดประสงค์ต้องการรักษาความดันของก๊าซชีวภาพ ก่อนเข้าเครื่องยนต์สันดาปภายในให้คงที่ โดยใช้หลักการของเครื่องปรับความดันทั่วไป ที่ใช้ความดันต่ำมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ ขณะที่ความดันสูงมีพื้นที่หน้าตัดน้อย และกลไกกลไกมาช่วย ดังรูปที่ 3 ประยุกต์ใช้แผ่นไดอะแฟรมของหม้อต้มก๊าซ LPG ยี่ห้อ LO GAS รุ่น SUPER มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 mm มาเป็นพื้นที่หน้าตัดความดันต่ำ กลไกกลไกอัตโนมัติอัตราส่วน 2.267:1 คำนวณได้พื้นที่หน้าตัดด้านความดันสูง 38 mm วัสดุใช้สร้างเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพทำจาก สแตนเลส, ทองเหลือง, ยาง และพลาสติก ที่ทน

ต่อการกัดกร่อนจากไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) ในก๊าซชีวภาพ

3. ทดสอบการทำงานของเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ ทำการทดสอบเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพขึ้นต้นก่อนว่าเครื่องดังกล่าวสามารถทำงานได้จริง โดยใช้ความดันอากาศจากเครื่องอัดอากาศมาควบคุมความดันเท่าความดันของบ่อก๊าซชีวภาพแบบโดมคงที่ที่ 1 m, H_2O ผ่านเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ ปรับแรงดันอากาศด้านออกจากเครื่องให้ได้ประมาณ 0.25 m, H_2O เพิ่มแรงดันอากาศที่เข้าเครื่องที่ละ 0.25 m, H_2O จนถึง 2 m, H_2O บันทึกผลความดันอากาศด้านออกจากเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 การทดสอบเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ

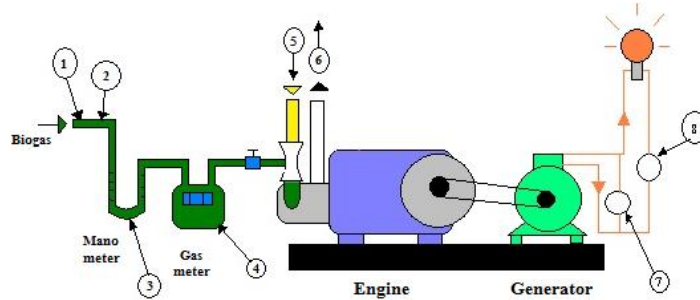
4. ทดสอบเครื่องยนต์เมื่อมีเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ

1) ทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ที่มีเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพช่วยปรับความดันก๊าซ

ชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็น เครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน ยี่ห้อฮอนด้า รุ่น GX 120 T1 ขนาด 200 CC. 4จังหวะ 3.4 HP อัตราส่วนการอัด 8.5:1 ดัดแปลงคาร์บูเรเตอร์สามารถใช้เชื้อเพลิงก๊าซ

ชีวภาพได้ต่อตรงกับ เจนเนอเรเตอร์ ขนาด 1 kW ที่ ความเร็วรอบ 3000 rpm ทดสอบที่กำลังไฟฟ้าต่างๆ กันเพิ่มภาระขึ้นครั้งละ 40 Watt โดยปรับอัตรา ส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพ ตั้งองศาการจุดระเบิด

ให้เครื่องยนต์ทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด วัดอัตราการสิ้นเปลืองก๊าซชีวภาพ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และปริมาณก๊าซไอเสีย ทดสอบดังภาพที่ 5



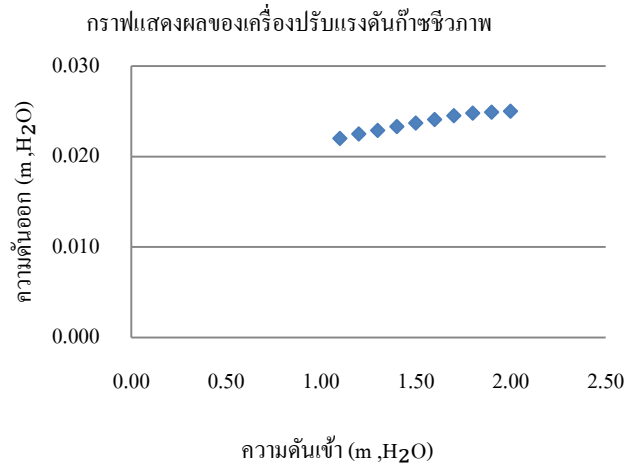
ภาพที่ 5 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์

2) ทดสอบการทำงานและเริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ เมื่อมีเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพช่วยปรับความดันก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์เครื่องยนต์ จุดบันทึกผลการเริ่มสตาร์ทเครื่องทุกเช้า และเมื่อความดันก๊าซชีวภาพจากบ่อก๊าซแบบโดมคงที่เปลี่ยนไป จาก 1 m,H₂O เพิ่มทีละ 0.25 m,H₂O จนถึง 2 m,H₂O ผลที่ได้เครื่องยนต์ยังสตาร์ทติดง่ายและทำงานได้เป็นปกติ ดีหรือไม่

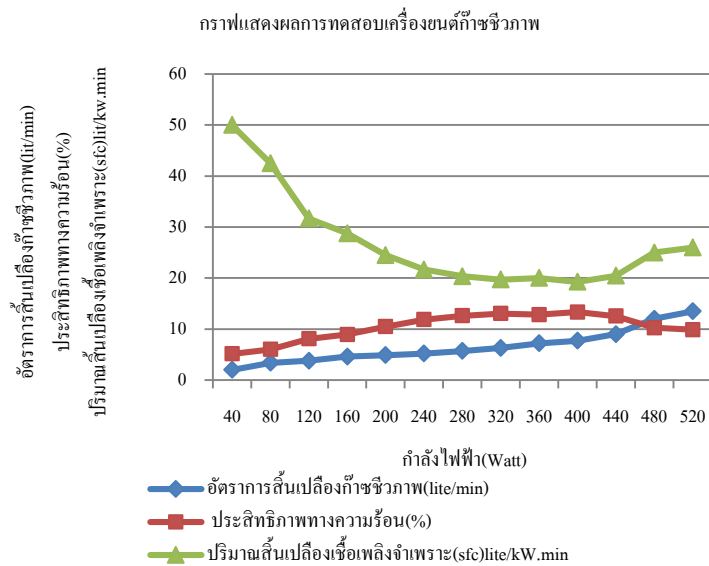
ผลการทดสอบ

ทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ ความเร็วรอบ 3000 rpm เท่ากับความเร็วรอบเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า โดยเครื่องยนต์ต่อตรงกับเจนเนอเรเตอร์

1. ผลทดสอบการทำงานของเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ ทดสอบขั้นต้น โดยใช้ความดันอากาศจากเครื่องอัดอากาศมาควบคุมความดัน ได้ผลการทดสอบคือ เครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ สามารถควบคุมความดันอากาศที่เข้าเครื่องในช่วง 1.75-2 m,H₂O ความดันด้านออกค่อนข้างคงที่ ที่ 0.25 m,H₂O เมื่อความดันด้านเข้าต่ำกว่า 1.75 m,H₂O ถึง 1 m,H₂O ความดันด้านออกเริ่มมีความชัน โดยอยู่ในช่วง 0.22-0.25 m,H₂O ความดันด้านออกมีความแตกต่างกัน 0.03 m,H₂O คิดเป็น คลาดเคลื่อน 12% ของ 0.25 m,H₂O



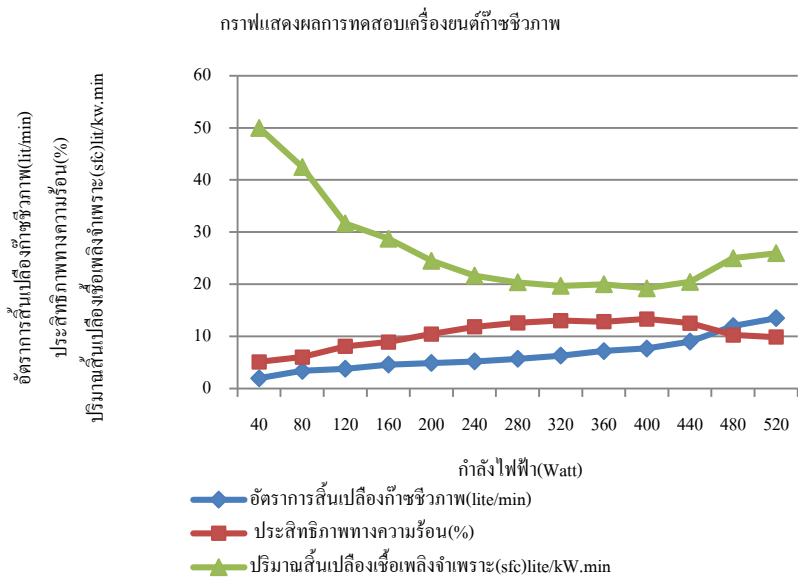
ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความดันเข้าออกเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 7 กราฟผลการทดสอบเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

2. ผลการทดสอบเครื่องยนต์เมื่อมีเครื่องปรับความดันก๊าซ เมื่อมีเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพช่วยปรับความดันก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็น เครื่องยนต์เล็กแก๊สโซลีน ยี่ห้อฮอนด้า รุ่น GX 120 T1 เปลี่ยนคาร์บูเรเตอร์เดิมเป็นคาร์บูเรเตอร์ก๊าซชีวภาพ สามารถใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพได้ ต่อตรงกับเจนเนอเรเตอร์ ขนาด 1 kW ที่

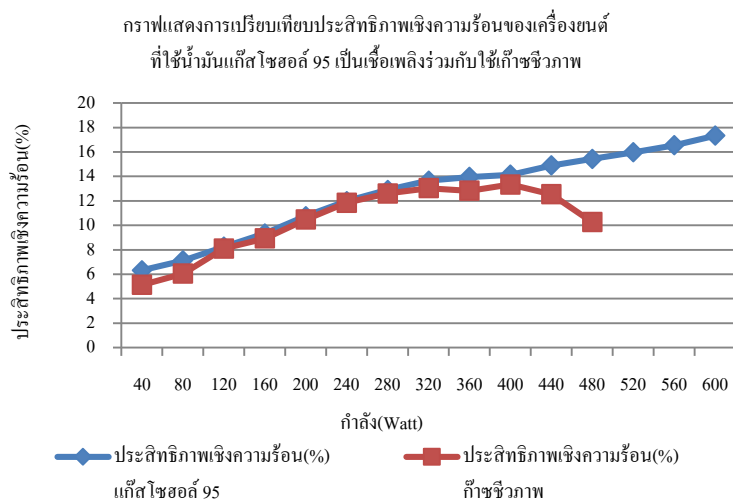
ความเร็วรอบ 3000 rpm ทดสอบที่กำลังไฟฟ้าต่างๆ กันเพิ่มภาระขึ้นครั้งละ 40 Watt ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 7 เครื่องยนต์ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 12.27% ที่กำลัง 400 Watt อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ 7.7 lit/min และอัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ 19.25 lit/kW.min



ภาพที่ 7 กราฟผลการทดสอบเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

3. ผลการทดสอบการทำงานและเริ่มสตาร์ทเครื่องยนต์ ทำการทดสอบ 10 วันทำการ ตอนเช้าของทุกวันเครื่องยนต์สตาร์ทติดง่าย โดยไม่ต้องปรับสกรูปรับอัตราส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพ และเครื่องยนต์ยังทำงานได้ดีเมื่อความดันของบ่อก๊าซชีวภาพ ในช่วง 2.1-1.55 m,H₂O และความดันก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องยนต์อยู่ในช่วง 0.25-0.23 m,H₂O

4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 เป็นเชื้อเพลิง กับก๊าซชีวภาพ ดังกราฟรูปที่ 8 โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดใกล้เคียงกันที่ภาระงานเท่ากัน แต่เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 เป็นเชื้อเพลิง มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงกว่าเล็กน้อย และยังสามารเพิ่มภาระงานได้อีก แต่เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ เพิ่มภาระงานได้สูงสุดเพียง 520 Watt เท่านั้น



ภาพที่ 8 กราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 กับก๊าซชีวภาพ

อภิปรายผลการวิจัย

1. เครื่องปรับแรงดันก๊าซชีวภาพสามารถปรับแรงดันก๊าซชีวภาพก่อนเข้าเครื่องย่นได้ โดยอาศัยหลักแรงดันต่ำมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ ขณะที่ความดันสูงมีพื้นที่หน้าตัดน้อย ตามหลักการทฤษฎีของปาสคาล

2. เครื่องย่นก๊าซชีวภาพ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน และกำลังงานที่ได้ต่ำกว่าเครื่องย่นที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพต่ำกว่าน้ำมัน

3. เครื่องย่นที่ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงไม่สารถติดเช่นเดียวกับการใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง โดยช่วงสตาร์ทต้องจ่ายก๊าซชีวภาพพร้อมกันกับขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ หากจ่ายก๊าซชีวภาพก่อนสตาร์ทเครื่องยนต์ ทำให้ส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงหนาเกินไป เครื่องย่นสตาร์ทไม่ติด

สรุปผลการวิจัย

1. เครื่องปรับแรงดันก๊าซชีวภาพ สามารถควบคุมความดันก๊าซชีวภาพได้ โดยรักษาระดับความดันด้านออก 0.22-0.25 m,H₂O ที่ความดันด้านเข้าในช่วง 1-2 m,H₂O ได้ค่าความแตกต่างความดันด้านออก 0.03 m,H₂O คิดเป็นคลาดเคลื่อน 12%

2. ผลการทดสอบเครื่องย่นได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 12.27% ที่กำลัง 400 Watt ความเร็วรอบเครื่องย่น 3000 rpm อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ 7.7 lit/min และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ 19.25 lit/kW.min

8.3 เครื่องย่นก๊าซชีวภาพที่ใช้ก๊าซชีวภาพจากบ่อโดมคองที่ เมื่อติดตั้งเครื่องปรับความดันก๊าซชีวภาพ เครื่องย่นสตาร์ทติดง่าย และทำงานเป็นปกติแม้ความดันจากบ่อก๊าซชีวภาพจะเปลี่ยนไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการออกแบบและสร้างเครื่องปรับแรงดันก๊าซชีวภาพสำหรับเครื่องย่นสันดาปภายในเป็นโครงการที่ได้รับทุนอุดหนุนวิจัย โครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน ประเภททุน HRM: Hands-on Researcher (Medium) 30,000 บาท/ทุน งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2558 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ชาญ อดุลงาน. (2523). กลศาสตร์ของไหล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ประเทือง ผื่นแก้ว. (2548). สภาพะการทำงานที่

เหมาะสมของระบบปรับอากาศแบบอัตโนมัติ

โดยเครื่องย่นสันดาปภายในที่ใช้ก๊าซชีวภาพ

เป็นเชื้อเพลิง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรม.

ศาสตรมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปานเพชร ชนินทร และขวัญชัย สิ้นทิพย์สมบูรณ์ (2521). นิเวศกวดอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

มนตรี พิรุณเกษตร. (2544). เครื่องย่นสันดาปภายใน. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

มนตรี พิรุณเกษตร. (2554). กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2558). ก๊าซชีวภาพ

สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2558, จาก

<http://th.wikipedia.org/wiki/ก๊าซชีวภาพ>.

อำพล ชี้อตรง. (2544). แดตารย่นต์ 2.

(3).กรุงเทพฯ:แผง 22 จตุจักร.

Klaus von Mitzlaf. (1988). Engine for Biogas. Federal Republic of Germany:Lengericher Handelsdruckerei.

การออกแบบและสร้างเครื่องดำนาขนาดเล็กแบบปักดำสองแถว

Design and Construction of a Two-Row Small-Scale Rice Trans Planter Machine

ชัยยันต์ ใจบุญมา^{1*}, ธนวัฒน์ เรือนเครือ², สุทธิพงษ์ วงศ์เขียวแดง³ และอิศเรศ เมืองคำบุตร⁴
Chaiyun Jaiboonma^{1*}, Thanawat Ruenkrue², Sutthipong Wongkeavdang³
and Itsare Maungkhambu

^{1,2,3,4}สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

^{1,2,3,4} Mechanical Technology Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Lampang.

* Corresponding author e-mail: Chaiyun_engineer@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบสร้างและศึกษาเครื่องดำนาขนาดเล็กแบบปักดำสองแถว มีระยะห่างของแถว 25 เซนติเมตร โดยมีขนาด กว้าง x ยาว x สูง ของเครื่องเท่ากับ 600 x 700 x 800 เซนติเมตร มวลรวมของเครื่องทั้งหมด 20 กิโลกรัม หลักการทำงานเป็นแบบกลไกชนิดมือหมุน ส่งกำลังไปยังกลไกตะขอกปักดำ การทดลองเครื่องใช้ข้าวสายพันธุ์ กข.6 อายุต้นกล้าอยู่ในช่วง 30-40 วันในการทดลอง ขนาดแปลงทดลองพื้นที่ 1,600 ตารางเมตร ใช้แรงงานคนในการควบคุมเครื่องจำนวน 1 คน ผลการทดลองเครื่องดำนาขนาดเล็กแบบปักดำสองแถวในครั้งนี้ ผลการทดลองพบว่า สมรรถนะในการปักดำของเครื่องได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.60 และความสามารถในการปลูกแบบปักดำต้นกล้าของเครื่องได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 400 ตารางเมตร/ชั่วโมง รอบในการหมุนมือหมุนที่เหมาะสมเท่ากับ 40 รอบต่อระยะขจัด 10 เมตร ภายในเวลา 46-50 วินาที

คำสำคัญ: เครื่องดำนา, การดำนา, เครื่องดำนาแบบปักดำสองแถว

Abstract

This paper reported was to designed and construction a two-row small-scale rice transplanter machine with 25-centimeters space. The sized of 600x700x800- centimeters and 20 kilograms of mass. It is manual engine which transmits the power to the planting hooks. The machine was tried out in a 1,600 square meters with 30-40-days employing one worker. The result showed that the accuracy of painting rice of the machine was 70.60 percent, and it's competency was 400 square meters per hour. The suitable hand round speed in the experiment was 40 round per 10 meters of displacement in time 46-50 seconds.

Keywords: a rice transplanter machine, rice transplanter, a two-row small-scale rice transplanter machine

บทนำ

การปลูกข้าวหรือการดำนาตามชุมชนท้องถิ่นมีหลายวิธี เช่น การปลูกนาหว่าน และการปลูกนาดำ ปลูกแบบหยอดเมล็ดข้าว การปลูกที่กล้ามาชานา ให้เห็นว่าขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมภูมิอากาศ ว่าแต่

ละปีจะเลือกปลูกแบบใด เช่นกรณีภูมิอากาศไม่พร้อม ไม่มีน้ำในการเตรียมฤดูการปลูกข้าวชานาก็จะเลือกปลูกข้าวแบบหยอดเมล็ดข้าว ส่วนการปลูกข้าวนาหว่านเหมาะสำหรับพื้นที่แปลงนาจำนวนมาก กรณีมีน้ำในการเตรียมฤดูการปลูกข้าว ชานาที่มี

พื้นที่นาไม่มากนักส่วนใหญ่ก็จะนิยมการปลูกข้าวแบบนาดำ หมายถึงการปลูกข้าวที่ต้องมีการเพาะเมล็ดข้าวหรือตกล้ำในแปลงขนาดเล็กเสียก่อน จากนั้นจึงถอนต้นกล้า เพื่อนำมาปลูกแบบปักดำในแปลงใหม่ ที่ได้เตรียมเอาไว้ วิธีการแบบนี้ถ้าพิจารณาในด้านผลผลิตแล้วจะได้ผลผลิตสูงกว่าการทำนาวิธีอื่น

การปลูกแบบนาดำของชาวนาเขตชนบทส่วนใหญ่จะนิยมใช้แรงงานคนในการลงแขกดำนา ซึ่งวิธีนี้จะใช้แรงงานคนจำนวนมาก ทางคณะผู้จัดทำวิจัย จึงมีแนวคิดออกแบบและสร้างเครื่องดำนาขนาดเล็กแบบปักดำสองแถว เพื่อลดจำนวนแรงงานในการดำนาและเป็นเครื่องดำนาเอนกประสงค์ในครัวเรือนสะดวกต่อการขนย้ายพร้อมทั้งตอบสนองชุมชน และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของชุมชนชาวนาชนบท



ภาพที่ 1 แสดงการลงแขกปลูกข้าวแบบนาดำ

วัตถุประสงค์

1. ออกแบบและสร้างเครื่องดำนาขนาดเล็กแบบปักดำ สองแถว
2. ศึกษาความสามารถในการดำนาของเครื่อง

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการวิจัยมีกระบวนการดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

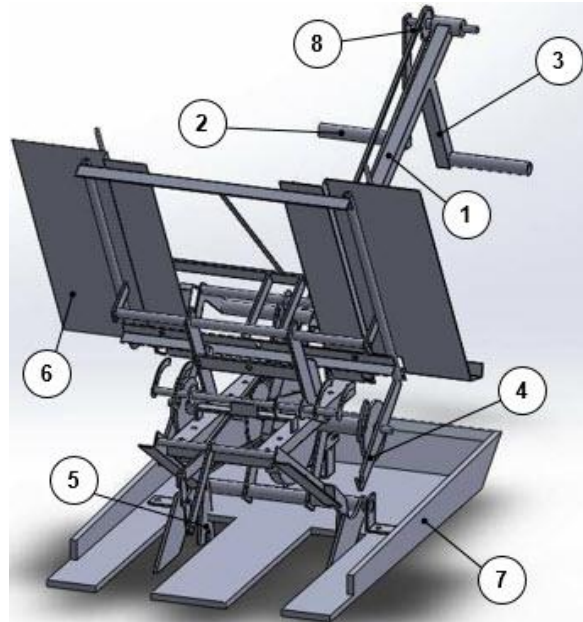
1. ศึกษาทฤษฎีในการออกแบบและสร้างเครื่องมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้ พิจารณาการส่งถ่ายกำลังและการหมุนของชิ้นส่วนกลไกต่างๆ ให้ความสัมพันธ์ของกลไก รวมถึงการกำหนดขนาดของวัสดุที่ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องและโครงสร้างให้เหมาะสมตามหลักการวิชาการ [1]

2. ศึกษาการดำนา การทำนาสมัยก่อน มี 3 วิธี ได้แก่ การทำนาหยอด การทำนาหว่าน และการทำนาดำ ต่อมาภายหลังเกษตรกรได้หันไปทำนาดำ

เพราะการทำนาดำจะให้ผลผลิตที่ดีที่สุด มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี ข้าวมีความอุดมสมบูรณ์สูง มีอัตราการใช้ปุ๋ยที่ต่ำ มีการตรวจกำจัดพันธุข้าวไม่พึงประสงค์ได้เป็นอย่างดี ในขณะที่การทำนาหว่านมีโอกาสปลอมปนของพันธุ์ข้าวสูงทำให้มาตรฐานของข้าวตกต่ำลง ไม่สามารถผลิตพันธุ์ข้าวได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตข้าวของประเทศได้ในอนาคต แต่การทำนาดำก็ยังคงต้องใช้แรงงานคนในการดำนาเป็นจำนวนมาก เมื่อเศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น ส่งผลให้ค่าแรงขั้นต่ำสูงขึ้น ทำให้คนรุ่นใหม่หันไปประกอบอาชีพในเมืองมากขึ้น เกษตรกรจึงเริ่มหันไปใช้เทคโนโลยีเครื่องดำนา โดยส่วนใหญ่ นำ เข้ามาจากต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น จีน และเกาหลี เป็นต้น ซึ่งเครื่องดำนาช่วยลดต้นทุนในการจ้างคนดำนา และยังให้ผลผลิตมากกว่าการดำนาแบบใช้คน [2]

3. ออกแบบเครื่องโดยการจำลองแบบในโปรแกรม รวมถึงการกำหนดขนาดโครงสร้างและ

ชิ้นส่วนองค์ประกอบต่างๆ ของเครื่องให้เหมาะสมแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการออกแบบเครื่อง

องค์ประกอบและชิ้นส่วนของเครื่องกำหนดชื่อตามลำดับหมายเลขดังนี้

- 1) โครงสร้างหลักของเครื่อง
- 2) มือหมุน สำหรับหมุนส่งกำลังผ่านเฟืองโซ่ไปยังกลไกเครื่องปักดำ
- 3) มือจับประคองเครื่อง

- 4) ชุดแกนเกี่ยวต้นกล้า
- 5) ชุดแกนปักดำต้นกล้า
- 6) ถาดรองต้นกล้า
- 7) ฐานหลักเครื่อง
- 8) เฟืองโซ่ส่งกำลังไปยังกลไกเครื่องปักดำ



ภาพที่ 3 แสดงชุดกลไกปักดำ

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมการทดลอง
การเตรียมการทดลองเครื่องดำนาในสภาวะ
จริงมีลำดับและขั้นตอนการเตรียมการทดลองดังนี้

1.1 เตรียมพื้นที่แปลงนาทดลองโดยทำการ
ไถแปลงนา



ภาพที่ 4 แสดงการเตรียมแปลงนาดำ

1.2 เตรียมต้นกล้าสายพันธุ์ กข.6 อายุต้น
กล้าอยู่ในช่วง 30 - 40 วัน โดยทำการถอนและทำ

การตัดปลายต้นกล้าให้เหลือความยาวพอประมาณที่
จะนำมาเรียงในถาดรองได้



ภาพที่ 5 แสดงการถอนและเตรียมต้นกล้า

1.3 เตรียมแรงงานคนจำนวน 1 คน เพื่อใช้ค
และเตรียมความพร้อมของเครื่องดำนา โดยการหมุน

มือหมุนพร้อมสังเกตกลไกปิดค้ำว่ากลไกทำงาน



ภาพที่ 6 แสดงการเตรียมความพร้อมของเครื่อง

2. ขั้นตอนการทดลองเครื่อง

2.1 นำต้นกล้าที่ได้เตรียมเอาไว้ในขั้นการเตรียมมาวางเรียงในถาดรองต้นกล้าแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงการนำต้นกล้ามาเรียงในถาด

2.2 ทำการทดลองเครื่องโดยทำการหมุนมือ หมุนให้เป็นจังหวะกับการก้าวถอยหลัง หมุน 1 รอบ ให้มีความสัมพันธ์ในการดึงเครื่องก้าวถอยหลัง 1 ก้าวแสดงดังภาพที่ 8

2.3 ทำการทดลองดำเนินการระยะขจัด 10 เมตร ต่อการทดลอง 10 ครั้ง พร้อมเก็บผลการทดลองในการปักดำของต้นกล้า



ภาพที่ 8 แสดงการทดลองเครื่องดำเนินการภาพด้านหน้า

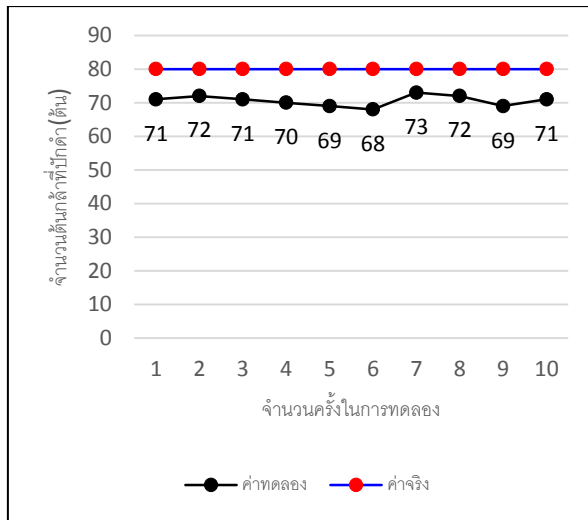


ภาพที่ 9 แสดงการทดลองเครื่องดำเนินการภาพด้านหลัง

ผลการวิจัย

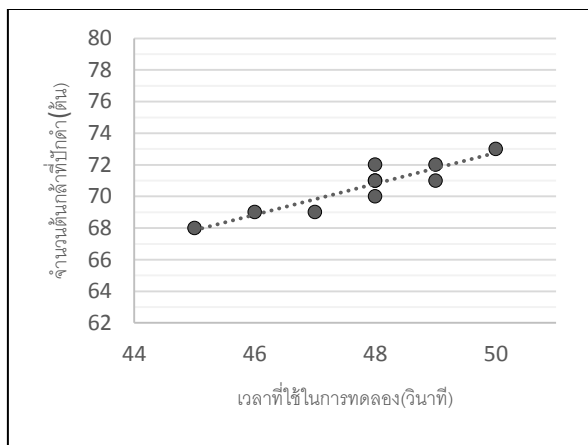
การทดลองเครื่องดำเนินการแบบปักดำสองแถว ได้ทำการทดลองดำเนินการระยะขจัด 10 เมตร/ครั้ง และคอยสังเกตต้นกล้าที่ปักดำพร้อมนับจำนวนต้นกล้าที่ปักดำ รวมถึงเวลาในการทดลอง

ผลการทดลองเครื่องสามารถดำเนินการแบบปักดำได้ดี สมรรถนะในการปักดำของเครื่องได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.60 ความสามารถในการปลูกแบบปักดำต้นกล้าของเครื่องได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 400 ตารางเมตร/ชั่วโมง และรอบในการหมุนมือหมุนที่เหมาะสมเท่ากับ 40 รอบต่อระยะขจัด 10 เมตร ภายในเวลา 46-50 วินาที



ภาพที่ 10 แสดงผลการทดลองเครื่องดำนา

การทดลองดำนาในระยะขจัด 10 เมตร และทำการเก็บผลการทดลองจำนวน 10 ครั้ง ได้ผลการทดลองต้นกล้าที่ปักดำแสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 11 แสดงกราฟการปักดำของต้นกล้าต่อเวลา

จากกราฟการกระจายข้อมูลในการปักดำของต้นกล้าและเวลาในการทดลอง จะเห็นว่าการกระจายของข้อมูลมีความชันเพิ่มขึ้น จำนวนในการปักดำของต้นกล้าเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ก็จะแปรผันเพิ่มขึ้น หมายถึงความเร็วรอบในการหมุนมือหมุนเร็วเกินไป ก็จะส่งผลต่อการปักดำของต้นกล้าลดลง

การหาค่าความคลาดเคลื่อนในการปักดำของเครื่องคำนวณตามทฤษฎีดังนี้

$$\text{Error} = \left(\frac{\text{ค่าจริง} - \text{ค่าทดลอง}}{\text{ค่าจริง}} \right) \times 100\% \quad 1$$

ได้ค่าความคลาดเคลื่อนในการปักดำเฉลี่ยทั้ง 10 การทดลองเท่ากับร้อยละ 70.60

อภิปรายผล

ผลการทดลองทราบถึงสมรรถนะในการปักดำของเครื่องได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.60

ความสามารถในการปลูกแบบปักดำต้นกล้าของเครื่องไถค่าเฉลี่ยเท่ากับ 400 ตารางเมตร/ชั่วโมง ทั้งนี้ผลการทดลองดังกล่าวผู้ใช้เครื่องดำนาแบบปักดำสองแถว ต้องมีความชำนาญในการหมุนมือหมุนเพื่อให้กลไกของเครื่องมีจังหวะ และสัมพันธ์กับการก้าวเดินถอยหลังเป็นอย่างดี รวมไปถึงการเตรียมแปลงนาและขนาดของต้นกล้าให้เหมาะสม ผลของการใช้เครื่องดำนาแบบปักดำสองแถว จึงจะได้ประสิทธิผลและสมรรถนะในการปักดำต้นกล้าของเครื่องได้ดี

สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยและทดลองนี้ทำการทดลองดำนาแบบใช้เครื่องดำนาแบบปักดำสองแถว สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ความสามารถในการปลูกแบบปักดำต้นกล้าของเครื่อง เฉลี่ยเท่ากับ 400 ตารางเมตร/ชั่วโมง
2. สมรรถนะในการปักดำของเครื่องเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 70.60
3. รอบในการหมุนมือหมุนที่เหมาะสมเท่ากับ 40 รอบต่อระยะขจัด 10 เมตร ภายในเวลา 46-50 วินาที

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์

งานสร้างสรรค์และงานบริการวิชาการสู่ ชุมชน ประจำปี 2558 (HRS-2) และขอบคุณภาควิชาวิศวกรรม เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่เอื้อสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- คณิศร์กิต์ เจียรนัยกุล (2552). เทคโนโลยีการใช้เครื่องดำนา. วารสารวิชาการ 36 ปี เครื่องจักรกลเกษตร. 159-170.
- ธีรศักดิ์ ศรีมิตรรุ่งโรจน์ (2558). การออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบรถดำนาบังคับวิทยุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 16 ประจำปี 2558 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 8.
- วาทัญญู เนตรสง่า (2550). การออกแบบและพัฒนาเครื่องปักดำต้นกล้าที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพพื้นที่อีสาน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร. 1(2), 159-170.
- วริทธิ์ อังภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน (2545). การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1 กรุงเทพมหานคร.

เครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ

Herbs Dryer with Steam Thermal Energy

จำรัส ทาคำวัง^{1*}, กานต์ วิรุณพันธ์², มาโนช นำฟู³ และ ธวัชชัย ไชยลังการ⁴

Chamrat Thakhamwang^{1*}, Kant wirunphan², Manoch numfu³ and Tawatchai chailungkran⁴

^{1,2,3,4}อาจารย์สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

^{1,2,3,4}Teacher of Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Lanna Tak.

* Corresponding author. E-mail: chamrat_j@hotmail.com

บทคัดย่อ

การสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อหาอุณหภูมิกับระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งสมุนไพร โดยอาศัยความร้อนจากไอน้ำและใช้ใบพัดเป่าลมให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศภายในถังอบ ซึ่งตัวถังทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร สามารถบรรจุดอกอัญชันหรือใบเตยได้ครั้งละ 2 กิโลกรัม และสามารถปรับอุณหภูมิในการอบสูงสุดไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส ในการทดลองการอบแห้งทำการทดลอง 3 ช่วงอุณหภูมิ คือ 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลจากการทดลอง พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบดอกอัญชัน เพื่อให้ได้ความชื้นร้อยละ 12 ของน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบใบเตย ให้ได้ความชื้นร้อยละ 20 ของน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 4 ชั่วโมง ตามลำดับ

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ

Abstract

The project of Herbal Air Drying with Heat Steam Machine aimed to seek the suitable drying condition for air drying herbal. The machine works by using heat steam and fan to make the flow in oven tank. The tank is made from stainless grade 304 with the 55 x 60 centimeter size. It can contain a blue pea or pandanus palm for 2 kilogram each the maximum temperature in the oven could reach to 70 C. The drying experiment was taken on 3 temperature rangs; 60, 65 and 70.C respectively.

The result of experiment in drying to contain 12% and 20% moisture condition of blue pea and pandanus palm by weight respectively. The research found that the appropriate temperature and time of blue pea drying to contain moisture 12% is 2 hours on 70 C. For the pandanus palm drying, the appropriate temperature and time of to contain moisture 20% is 4 hours on 70 C.

Keywords: Herbal Air Drying with Heat Steam Machine

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมซึ่งประชากรส่วนใหญ่ตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบันจะเลี้ยงชีพด้วยการปลูกผักปลูกไม้และปลูกพืชจำพวกสมุนไพรเพื่อใช้บริโภค จากแนวนโยบายของรัฐบาลได้ส่งเสริมและสนับสนุนให้แต่ละชุมชนรวมกลุ่มเพื่อสร้างอาชีพเสริมของแต่ละชุมชนโดยการนำสินค้าหรือวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาแปรรูปและขายหรือที่รู้จักกันในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) นั้นเอง ชุมชนบ้านลาน ตำบลวังหิน อำเภอเมืองจังหวัดตาก เป็นอีกชุมชนหนึ่งที่ได้นำแนวนโยบายของรัฐบาลมาสร้างจุดแข็งให้กับชุมชนตนเองโดยการนำสมุนไพรมาแปรรูปเพื่อขายและเสริมสร้างรายได้ให้กับกลุ่มชุมชน จากการศึกษาและสอบถามข้อมูลจากชาวบ้านส่วนใหญ่จะนิยมปลูกดอกอัญชันและใบเตยขายให้กับพ่อค้า ซึ่งมักถูกกดราคาและหากไม่ขายสมุนไพรก็จะเน่าเสีย ซึ่งแต่ก่อนมาชาวบ้านจะเก็บรักษาสมุนไพรเพื่อไม่ให้เกิดการเน่าเสียคือการนำไปตากแดด แต่ก็เกิดปัญหาเนื่องจากสภาพดินฟ้าอากาศไม่แน่นอน ใช้น้ำที่มากและเวลานานตลอดจนการควบคุมเปอร์เซ็นต์ความชื้นของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำสมุนไพร ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดอกอัญชันอยู่ที่ร้อยละ 12 และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของใบเตยอยู่ที่ร้อยละ 20 จึงได้มีผู้คิดค้นและสร้างเตาอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากแก๊สและมีการพัฒนาเป็นเตาอบแห้งใช้ความร้อนจากไฟฟ้าซึ่งเตาอบเหล่านี้จะใช้พลังงานในการอบมาก มีราคาสูง ทำให้เกษตรกรต้องเพิ่มรายจ่ายในการแปรรูปสมุนไพร (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสมุนไพรแห้ง, 2557) เสกสรรค์ และคณะ (เสกสรรค์ วนยางค์กุล และคณะ, 2557) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งไล่ความชื้นในยอดใบชา โดยรังสีอินฟราเรด โดยใช้รังสีอินฟราเรดเป็นตัวให้ความร้อนซึ่งจะทำการเปรียบเทียบกับ การให้ความร้อนแบบขดลวด ซึ่งจะทำการวิเคราะห์การลดลงของความชื้น และลักษณะ

สีของยอดใบชาผลการวิเคราะห์ ที่ได้นั้นค่าความชื้นที่ลดลงในกรณีของขดลวดจะอยู่ที่ประมาณ 1.77 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของรังสีอินฟราเรดนั้นจะอยู่ที่ประมาณ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะสีของใบชาที่ผ่านการให้ความร้อนโดยรังสีอินฟราเรดนั้นจะมีสีที่ใกล้เคียงกันกับตอนก่อนอบ ซึ่งเป็นที่ยอมรับได้จากทางโรงงาน จากปัญหาดังกล่าวคณะทำงานจึงมีแนวคิดที่จะหาวิธีการเก็บรักษาสมุนไพรของเกษตรกรของชุมชนดังกล่าว โดยการสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำขึ้นมา เพื่อจะได้ให้ชุมชนเก็บรักษาสมุนไพรได้นานและเพิ่มมูลค่าของสมุนไพรมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ
2. เพื่อหาอุณหภูมิกับระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งสมุนไพร

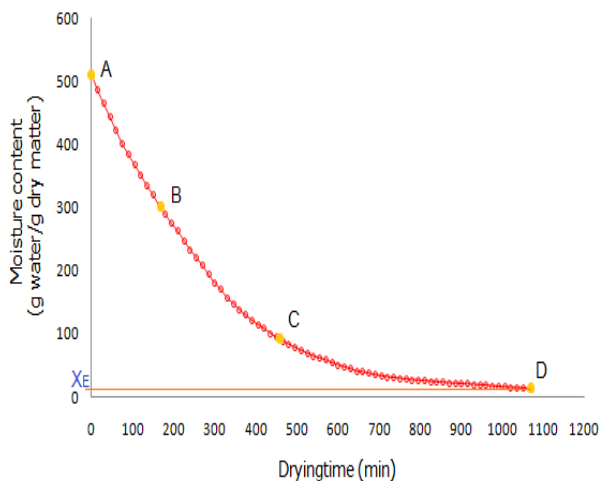
แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาวิธีการเก็บรักษาสมุนไพรของกลุ่มชุมชนบ้านลาน ตำบลวังหิน อำเภอเมืองจังหวัดตาก ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรโดยอาศัยด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำเพื่อจะได้เก็บรักษาสมุนไพรได้นานและเพิ่มมูลค่าของสมุนไพร โดยสามารถอบได้ปริมาณมากและใช้เวลาน้อย ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้ได้นำทฤษฎีทางวิศวกรรมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการสร้างเครื่องดังนี้

1. การถ่ายเทความร้อนและมวล (การคำนวณค่าปริมาณความร้อน, 2556) ซึ่งในการถ่ายเทความร้อนมี 3 ลักษณะคือ 1.การนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง สภาพนำความร้อน เป็นคุณสมบัติ

ของสารที่ประกอบกันขึ้นเป็นวัตถุซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันสภาพนำความร้อนขึ้นกับอุณหภูมิและความร้อนค่าสภาพนำความร้อนของน้ำจะมีค่ามากกว่าค่าของวัตถุแห้งที่เป็นอาหาร ซึ่งจะเกิดอาหารที่ลักษณะเป็นของแข็ง 2. การพาความร้อน จะเกิดกับอาหารที่เป็นของเหลวโดยกระแสความร้อน จะถูกพาผ่านช่องว่างที่เป็นอากาศหรือแก๊สจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง และ 3. การแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อน โดยการแผ่รังสีความร้อนไปยัง

อาหารซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีอบอาหารในสุญญากาศ และการอบแห้งแบบเยือกแข็งในทางปฏิบัติการถ่ายเทความร้อนในการอบแห้งอาจเกิดขึ้นพร้อมกันทั้ง 2 หรือ 3 แบบก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะอาหารที่นำไปอบแห้ง โดยการทำให้แห้งสมุนไพรเป็นการถ่ายเทความร้อน 2 แบบ ระหว่าง การพาความร้อนและการนำความร้อนโดยอัตราการอบแห้ง (Drying rate) และความชื้น ในสารนั้น (Moisture content) แบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ดังรูปที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นฐานแห้งกับเวลา

2. การหาค่าความชื้นหลังการอบ เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ค่าความชื้นของวัสดุโดยใช้แบบ Hot air oven method (อุณหภูมิของน้ำอิมิตัว, 2557) ซึ่งง่ายและสะดวกต่อการศึกษาในการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดังสมการ

$$= \frac{w - w_1}{w} \times 100 \quad (1)$$

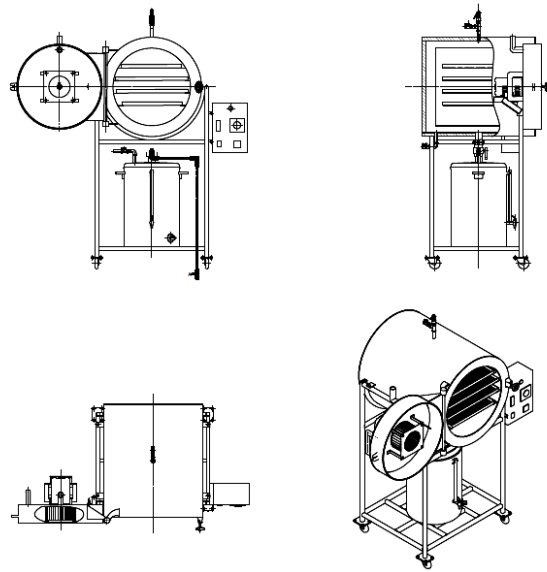
เมื่อ w = น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)

w_1 = น้ำหนักหลังอบ (กรัม)

วิธีการวิจัย

สำหรับขั้นตอนในการศึกษาวิจัยและสร้างเครื่องมือขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลและเขียนแบบเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ เขียนแบบและคำนวณชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องอบ เพื่อความถูกต้องความสะดวก รวดเร็วในการผลิต และประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งได้ทำการออกแบบและเขียนแบบเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ ดังรูปที่ 2

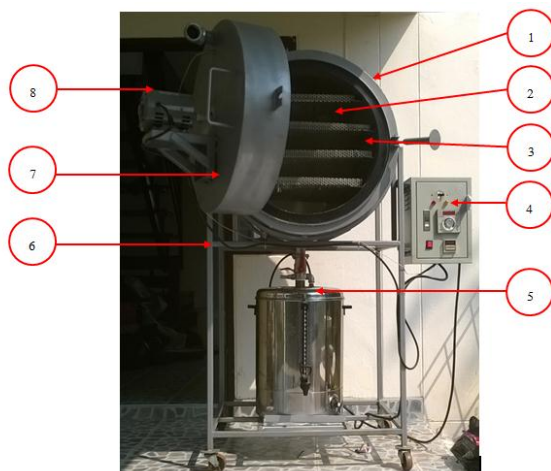


ภาพที่ 2 เครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ

- (ก) ภาพประกอบด้านหน้าของเครื่องอบสมุนไพร
- (ข) ภาพประกอบด้านข้างของเครื่องอบสมุนไพร
- (ค) ภาพประกอบด้านล่างของเครื่องอบสมุนไพร
- (ง) ภาพ Isometric

2. การสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำนี้จะนำไอน้ำที่ได้จากการต้มน้ำและใช้พัดลมเป่ากระจายความร้อนและป้องกันการควบแน่นของไอน้ำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศภายในถังอบ ตัวถังทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร สามารถบรรจุดอกอัญชันหรือใบเตยได้ครั้งละ 2 กิโลกรัม และสามารถปรับ

อุณหภูมิในการอบสูงสุดไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส ในการทดลองการอบแห้งทำการทดลอง 3 ช่วง อุณหภูมิ คือ 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส โดยมีตัววัดอุณหภูมิ (Thermocouple) (เทอร์โมคัปเปิล Thermocouple, 2557) เป็นตัวควบคุมซึ่งรายละเอียดของเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ แสดงดังรูปที่ 3



ภาพที่ 3 เครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ

- | | |
|------------------------|------------------|
| (1) ตู้อบสมุนไพร | (5) หม้อต้มน้ำ |
| (2) ถาดวางสมุนไพร | (6) โครงเครื่อง |
| (3) ชั้นวางถาดสมุนไพร | (7) ประตู่ |
| (4) ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า | (8) คี้อ มอเตอร์ |

3. ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบ โดยความชื้นเริ่มต้นของวัสดุที่นำมาอบแห้งคือ 100% ในการทดลองจะใช้ดอกอัญชันหรือใบเตยครั้งละ 2 กิโลกรัมในการอบโดยกำหนดอุณหภูมิอบอยู่ 3 ช่วงคืออุณหภูมิ 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส ในการอบแห้งจะต้องทำการควบคุมความชื้นให้ได้ร้อยละ 12 ของดอกอัญชันและความชื้นที่ร้อยละ 20 ของใบเตย

4. เก็บและบันทึกผลการทดลองเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ และนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับระยะเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการอบแห้งสมุนไพร

ผลการวิจัย

ผลการทดลองในการสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำแบ่งออกเป็น 3 ด้านดังนี้

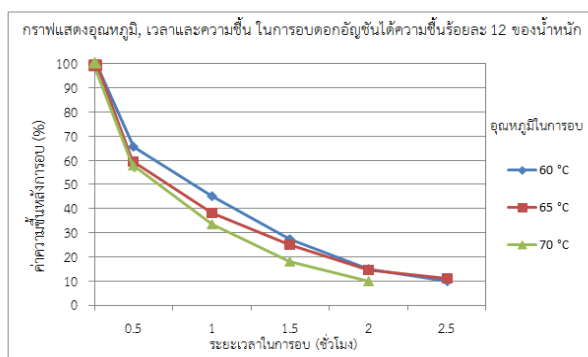
1. ความสัมพันธ์ด้านเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบอบดอกอัญชันและใบเตย ที่อุณหภูมิ 60, 65 และ 70 องศาเซลเซียส จำนวน 3 ครั้ง ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นการทดลอง 3 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดอกอัญชันหลังการอบที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ น้ำหนักก่อนอบ 2 กิโลกรัม ที่ เปอร์เซ็นต์ความชื้นร้อยละ 12 ของน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นที่ 100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก)

เวลาอบ (ชั่วโมง)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
	เปอร์เซ็นต์ความชื้น				
อุณหภูมิต้องศาเซลเซียส					
60	65.5	45	27.5	15	10
65	59.5	38	25	14.5	11
70	58	33.5	18	10	

จากตารางที่ 1 การทดลองอบดอกอัญชัน 2 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้ความชื้นร้อยละ 10 ของน้ำหนัก ระยะเวลาอบ 2.5 ชั่วโมง ที่ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ได้ความชื้นร้อยละ 11 ของน้ำหนัก ระยะเวลาอบ 2.5 ชั่วโมง และที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ได้ความชื้นร้อยละ 10

ของน้ำหนัก ระยะเวลาอบ 2.0 ชั่วโมง จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาทำให้ความชื้นลดลง ดังรูปที่ 4 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นหลังการอบกับระยะเวลาในการอบดอกอัญชันที่น้ำหนัก 2 กิโลกรัม



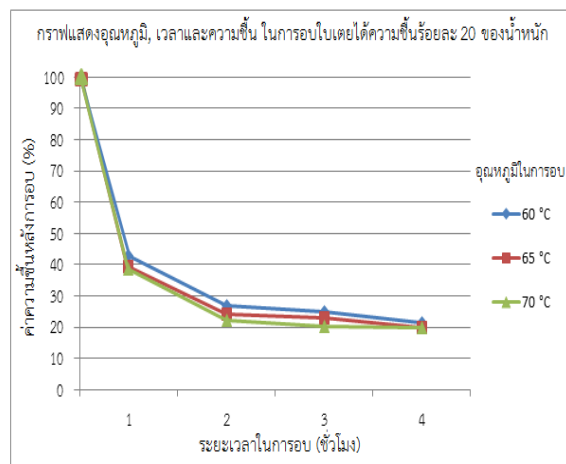
ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นหลังการอบกับระยะเวลา ในการอบดอกอัญชันที่น้ำหนัก 2 กิโลกรัม

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของใบเตยหลังการอบที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ น้ำหนักก่อนอบ 2 กิโลกรัมที่ เปอร์เซ็นต์ความชื้นร้อยละ 20 ของน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้นที่ 100 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัก)

เวลาอบ (ชั่วโมง)	1.0	2.0	3.0	4.0
	เปอร์เซ็นต์ความชื้น			
อุณหภูมิต้องศาเซลเซียส				
60	43	27	25	21.5
65	39.5	24	23	21
70	38.5	22	20.3	20

จากตารางที่ 2 การทดลองอบใบเตย 2 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นร้อยละ 21.5 ของน้ำหนัก ระยะเวลาอบ 4.0 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นร้อยละ 21 ของน้ำหนัก ระยะเวลาอบ 4.0 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ได้

เปอร์เซ็นต์ความชื้นร้อยละ 20 ของน้ำหนัก ระยะเวลาอบ 4 ชั่วโมง จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาทำให้ความชื้นลดลง ดังรูปที่ 5 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นหลังการอบกับระยะเวลาในการอบใบเตยที่น้ำหนัก 2 กิโลกรัม



ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นหลังการอบกับระยะเวลาในการอบใบเตยที่น้ำหนัก 2 กิโลกรัม

2. ด้านจุดคุ้มทุน (การคำนวณค่าเสื่อมราคา มูลค่าทรัพย์สินอัตราค่าเสื่อมราคาทรัพย์สิน, 2557) ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนพบว่าเครื่องอบมีอายุ 2 ปี ราคาเครื่อง 35,000 บาท คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือนเท่ากับ 1563.45 บาท ในการอบดอกอัญชัน ต้นทุน 320 บาทต่อกิโลกรัม ราคาขายที่ผ่านการอบแล้ว 500 บาทต่อกิโลกรัม มีจุดคุ้มทุนในการอบดอกอัญชัน 9 กิโลกรัมต่อเดือนและใบเตยต้นทุนราคา 100 บาทต่อกิโลกรัม หลังจากผ่านการอบแล้วราคาขายเท่ากับ 500 บาท จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 4 กิโลกรัมต่อเดือน ซึ่งจากการศึกษาในการคิดจุดคุ้มทุนเห็นว่าการสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรดังกล่าวเหมาะสมต่อชุมชนดังกล่าว

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองในการทำงานของเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำ พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบดอกอัญชันอยู่ที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบใบเตย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งจากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งสมุนไพรคือ ความชื้น อุณหภูมิและเวลา

สรุป

จากการศึกษาและทดลองในการสร้างเครื่องอบแห้งสมุนไพรด้วยพลังงานความร้อนจากไอน้ำสรุปผลดังนี้คืออุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบดอกอัญชันที่ความชื้นร้อยละ 12 อยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบใบเตย ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่เวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งทั้งนี้จะเห็นได้ว่ายิ่งอุณหภูมียิ่งสูงขึ้นระยะเวลาจะลดลงแสดงถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ผลต่ออบสมุนไพรคือ เปอร์เซ็นต์ความชื้น อุณหภูมิและเวลา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ที่ให้ความอนุเคราะห์ ในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

การคำนวณค่าปริมาณความร้อน. (2556). สืบค้นเมื่อ 8 ธันวาคม 2556, จาก http://plataloscience1.blogspot.com/2011/02/blog-post_2687.html.

การคำนวณค่าเสื่อมราคามูลค่าทรัพย์สินอัตราค่าเสื่อมราคาทรัพย์สิน. สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2557.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสมุนไพรแห้ง. (2557). สืบค้นเมื่อ วันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2557, จาก http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps480_47.pdf.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. (2535). วิศวกรรมการแปรรูปอาหารการถนอมอาหาร. กรุงเทพมหานคร. โอเอส.พรินติ้งเฮ้าส์, 330-360.

เสกสรรค์ วนยางค์กุล, และคณะ. (2557). การออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งไล่ความชื้นในยอดใบชาโดยรังสีอินฟราเรด. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2557, จาก <http://www.ind.crru.ac.th/articleind/3.pdf>.

เทอร์โมคัปเปิล Thermocouple. สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2557, จาก <http://www.docstoc.com/docs/22698267/Thermocouple>.

อุณหภูมิของน้ำอิมตัว. สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2557, จาก <http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/thermomechanics/Para-t.htm>.

มือกลห้านิ้วควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

Five Fingers Robotics Hand Controlled by Microcontroller

อมร อ้นกรอง^{1*}, ประเสริฐ มั่นใจ², พิสิษฐ์ เรืองวิชัยวัฒน์³ และ อนุพงษ์ เทพารักษ์⁴
Amorn Onkrong^{1*}, Prasert Manjai², Pisit Rueangwichaiwat³ and Anuphong Thepharak⁴

^{1,2,3,4} สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

^{1,2,3,4} Department of Electrical engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology lanna Tak

* Corresponding author e-mail: amorn04198511@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างมือกลห้านิ้วควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้เทคโนโลยีการรู้จำคำพูด เพื่อนำไปควบคุมมือกลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino AT mega 2560 ควบคุมการเคลื่อนไหวมือกลโดยรับคำสั่งเสียงแล้วส่งคำสั่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้าที่พอร์ต A0, A1 เมื่อค่าที่ได้รับถึงค่าที่กำหนดไว้โปรแกรมจะสั่งงานเพื่อควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ดีซี 2.5 วัตต์ จำนวน 5 ตัว ควบคุมมือกลให้สามารถหยิบจับชิ้นงานและเคลื่อนไหวได้ใกล้เคียงกับมือมนุษย์ เพื่อพัฒนาสำหรับผู้พิการทางด้านมือต่อไปได้

วิธีการออกแบบมือกลห้านิ้วควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหลักการทำงานใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวควบคุมโดยรับคำสั่งเสียงผ่านโทรศัพท์แอนดรอยด์แล้วส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมเพื่อให้มือกลสามารถเคลื่อนไหวได้ใกล้เคียงกับมือมนุษย์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทางการแพทย์ต่อไปได้ การทดสอบมือกลโดยหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตและหยิบจับชิ้นงานรูปทรงทั่วไป โดยพบว่าการหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดเล็ก มีความผิดพลาดในการหยิบจับชิ้นงาน 13.33 % จากชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดเล็กทั้งหมดการหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดกลาง มีความผิดพลาดในการหยิบจับชิ้นงาน 11.11 % จากชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดกลางทั้งหมดการหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดใหญ่ มีความผิดพลาดในการหยิบจับชิ้นงาน 16.67 % จากชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดใหญ่ทั้งหมดการหยิบจับชิ้นงานรูปทรงทั่วไป มีความผิดพลาดในการหยิบจับชิ้นงาน 22.92 % จากชิ้นงานรูปทรงทั่วไปทั้งหมดและสามารถหยิบจับชิ้นงานที่มีน้ำหนักสูงสุดได้ 1100 กรัม

คำสำคัญ: การรู้จำคำพูด, มือกล, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This paper presents the design and build five fingers robotics hand controlled by microcontroller by speech recognition technology to controlled robotics hand by microcontroller Arduino ATmega 2560. Controlled movement of robotics hand by receive voice command then send to microcontroller at port A0, A1. When receive value equal to set value program will order to controlled servo motor dc 2.5 watt amount 5 pieces. Controlled robotics hand can pick model and move similar like human hand. For develop of hand orthopedically handicapped patients from now on.

Design of five fingers robotics hand controlled by microcontroller. Control- led by receive voice command from android phone then send to microcontroller. Controlled robotics hand to move similar like human hand and can apply with medical field from now on. Tested robotics hand by pick up geometry shapes and pick up general shape. It was found pick up geometries small an error 13.33% from of all geometries small. Pick up geometries medium an error 11.11% from of all geometries medium. Pick up geometries a large an error 16.67% from of all geometries a large. Pick up General shape an error 22.29% from of all General shape and can pick up maximum weight 1100 grams.

Keywords: speech recognition, robotics hand, microcontrolle

บทนำ

ปัจจุบันมีผู้พิการทางด้านแขนเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ เช่น อุบัติเหตุทางถนน อุบัติเหตุระหว่างการทำงาน ภัยสงคราม หรือผู้มีความพิการแต่กำเนิดเป็นต้น ซึ่งความพิการนี้เป็นอุปสรรคต่อการดำเนินชีวิตของผู้พิการอย่างยิ่ง ทำให้ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้อย่างเต็มที่ หรือทำกิจวัตรประจำวันได้อย่างเป็นปกติ อย่างไรก็ตามแม้ในปัจจุบันจะมีอวัยวะเทียมเช่น แขนและขาเทียมแก่ผู้พิการ แขนเทียมและขาเทียมนั้นช่วยทำให้ผู้พิการสามารถเดินได้และช่วยทำให้การที่เคลื่อนไหวร่างกายดีขึ้นได้ในระดับหนึ่ง ทำให้ผู้พิการสามารถใช้ชีวิตประจำวันได้ดีขึ้น แต่แขนและขาเทียมที่มีนั้นยังมีข้อจำกัดในด้านการเคลื่อนไหว เพราะไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ตามที่ผู้พิการต้องการ ทั้งนี้ผู้คิดค้นมีเทียมเพื่อให้คนที่มีความพิการด้านมือได้สามารถดำรงชีวิตดีกว่าเดิม แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิตของผู้คนที่พิการเหล่านี้

ดังนั้นบทความนี้จะจึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมมือกลผ่านเทคโนโลยีการรู้จำเสียงพูดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมเพื่อให้มือกลสามารถ

เคลื่อนไหวได้ใกล้เคียงกับมือมนุษย์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผู้พิการทางด้านมือต่อไปในอนาคต

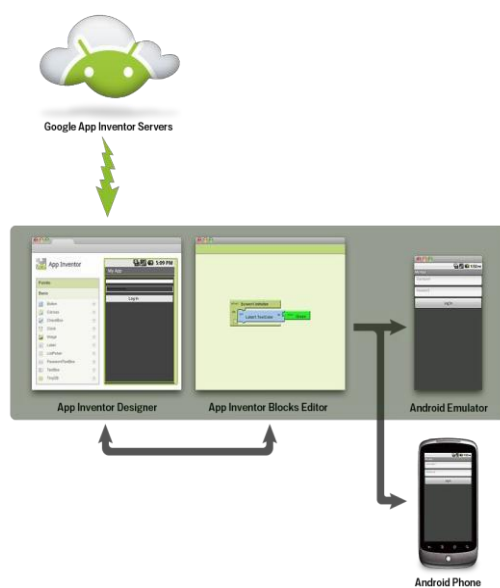
วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของมือกล

2.2 เพื่อเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนามือกลเพื่อผู้พิการทางด้านมือในการหยิบจับสิ่งของ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. MIT App Inventor ถูกถือร่วมมือกับเอมไอทีพัฒนาโปรแกรม App Inventor ใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมบนมือถือ Android โดยโปรแกรมนี้ให้บริการผ่านอินเทอร์เน็ต (App Inventor server) โดยข้อมูลของโปรเจกต์ต่างๆ จากผู้ใช้จะถูกเก็บไว้ที่เครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการ (Cloud computing) App Inventor 2 เป็นโปรแกรมประยุกต์บนเว็บเบราว์เซอร์ที่ช่วยให้คุณสามารถพัฒนาโปรแกรมสำหรับโทรศัพท์ แท็บเล็ตแอนดรอยด์โดยใช้เว็บเบราว์เซอร์เป็นเครื่องมือมีระบบจำลองเครื่องโทรศัพท์ให้เห็นการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ที่สร้างขึ้นอย่างเสมือนจริงหรือการใช้โทรศัพท์ของท่านในการแสดงผลโปรแกรม

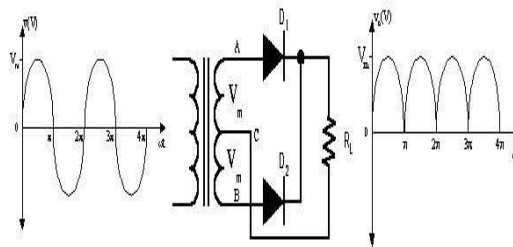


ภาพที่ 1 การทำแอปพลิเคชันจาก App Inventor 2

จากภาพที่ 1 แสดงการทำงานแอปพลิเคชัน จาก App Inventor 2 เชื่อมต่อกับอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ

2. วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier Circuit) วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นสามารถแก้ไขปัญหาโดยใช้วงจรที่เรียกว่าวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นวงจรเรียง

กระแสแบบนี้ใช้ไดโอดอย่างน้อย 2 ตัวอยู่ในวงจรเพื่อที่จะทำให้ไดโอดสามารถนำกระแสในแต่ละครึ่งไซเคิลของกระแสสลับไดโอดทั้งสองจึงทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายกระแสให้กับความต้านโหลดตัวละครึ่งไซเคิล แต่ต้องจ่ายให้ทิศทางเดียวกัน ดังนั้นวงจรจึงสามารถจ่ายไฟกระแสตรงได้ตรงกว่าแบบครึ่งคลื่น



ภาพที่ 2 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบเซนเตอร์แทป

จากภาพที่ 2 การทำงานรูปวงจรรีกระแสเต็มคลื่นแบบเซนเตอร์แทป คือครึ่งไฟบวกเข้ามาที่อินพุตทางด้านขดปฐมภูมิศักดาไฟฟ้า ที่จุด B จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับ A หรือ C และศักย์ไฟฟ้าที่จุด C จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับจุด A ดังนั้น ไดโอด D1 จะไม่นำกระแสไฟฟ้า และเมื่อแรงดันไฟในครึ่งไซเคิลต่อมา คือครึ่งไฟลบเข้าที่อินพุตทางด้านขดปฐมภูมิศักดา ไฟฟ้าที่จุด A มีค่าบวกเมื่อเทียบกับ B หรือ C และศักย์ไฟฟ้าที่จุด C มีค่าบวกเมื่อเทียบกับจุด B ดังนั้น ไดโอด D2 จะไม่นำกระแสไฟฟ้า ส่วนไดโอด D1 นำกระแสได้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นในวงจรค่าพารามิเตอร์ในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นดังนี้

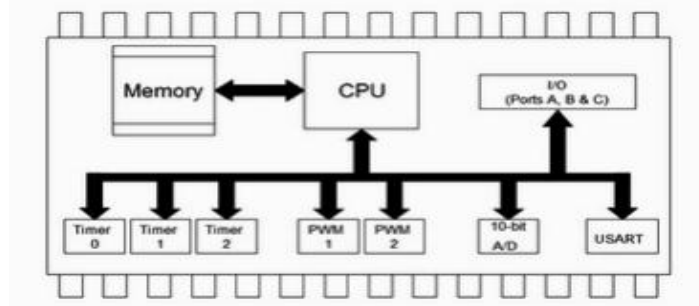
$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} = 0.636I_m \quad (1)$$

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = 0.636V_m \quad (2)$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

3. ไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่างๆไว้ภายในตัวของอุปกรณ์ โดยมีโครงสร้างใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์ คือ ภายในประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูลและโปรแกรมหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผล



ภาพที่ 3 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากภาพที่ 3 โครงสร้างภายในประกอบด้วย หน่วยรับข้อมูลและโปรแกรมหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผล

4. Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ AVR ขนาดเล็กเป็นตัวประมวลผลสั่งงาน

เหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์แลนำมาประยุกต์ใช้งานการควบคุมอุปกรณ์ (Input Output) ได้มากมายทั้งในรูปแบบที่เป็นการทำงานตัวเดียวอิสระหรือเชื่อมต่อสั่งงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆดังแสดงในภาพที่ 4

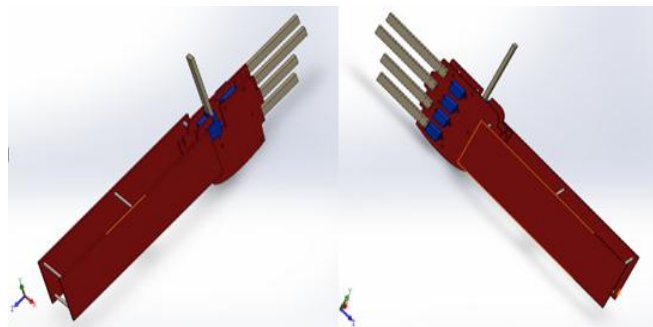


ภาพที่ 4 ArduinoMega2560

การออกแบบ

1.การออกแบบมือกล ส่วนโครงสร้างของมือกล ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำหรับการเคลื่อนที่ของมือ โดยมีมือกลที่จัดทำเป็นมือกลที่มี 5 นิ้วมีโครงสร้างเหมือนมือมนุษย์มีการเคลื่อนที่ได้ 10 องศาแยกอิสระ (Degree Of Freedom: DOF) ซึ่งแบ่ง

ออกเป็นนิ้วละ 2 องศาแยกอิสระ จึงมีการใช้สปริงโลหะจํารูปทั้งหมด 10 เส้น ทำให้โดยมือกลสามารถแสดงสัญลักษณ์ทางมือเลียนแบบมนุษย์ได้และสามารถหยิบจับวัตถุลักษณะทรงกระบอก โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 45 ถึง 70 มิลลิเมตร



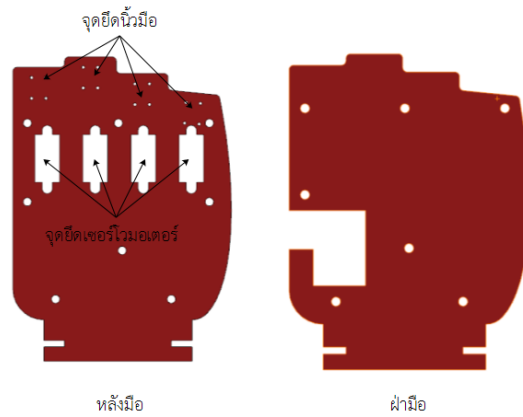
ภาพที่ 5 การออกแบบมือกล 5 นิ้ว

การออกแบบมือกลนั้นได้คำนึงถึงลักษณะโครงสร้าง ข้อต่อ จุดหมุน และลักษณะทางกายภาพของมือมนุษย์เป็นสำคัญ โดยโครงสร้างของแขนทำจากแผ่นอะคริลิคแบบหนา นิ้วมือทำมาจากซิลิโคนหนาและออกแบบมือกลให้มีลักษณะ 5 นิ้ว ซึ่งสามารถเคลื่อนไหวได้อิสระจากกัน และมีโครงสร้างที่แข็งแรงสามารถรองรับน้ำหนักของส่วนประกอบ

อื่นๆได้ มีน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนไหวได้ใกล้เคียงมือมนุษย์ ดังแสดงในภาพที่ 5

โดยสามารถแบ่งโครงสร้างออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. มือและนิ้วมือ
2. แขนวงจรควบคุมมอเตอร์

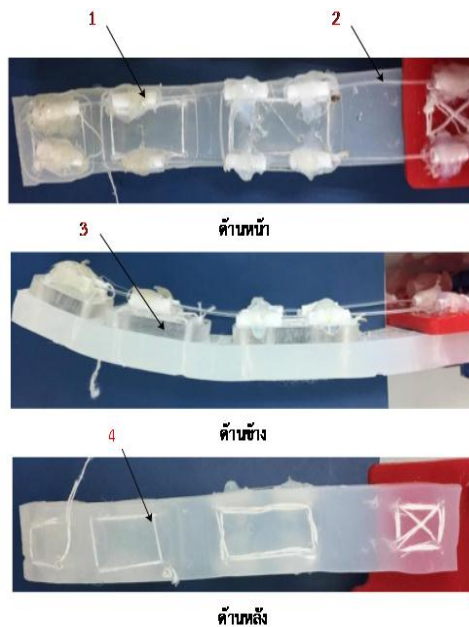


ภาพที่ 6 แบบมือสำหรับมือกล

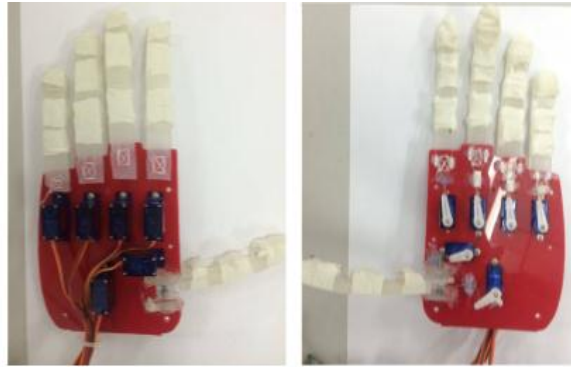
ส่วนรูปที่ 6 แสดงแบบมือสำหรับมือกลดังนี้

- หลังมือ ทำหน้าที่เป็นจุดยึดเซอร์โวมอเตอร์และนิ้วมือ ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องมีความแข็งแรง สามารถรองรับแรงดึงและน้ำหนักของเซอร์โวมอเตอร์น้ำหนักนิ้วมือและชิ้นงานที่ต้องการจับได้ จึงเลือกใช้แผ่นอะคริลิกหนา 3 มิลลิเมตร ตัดตามแบบหลังมือที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นนำเซอร์โวมอเตอร์ SG90 และนิ้วมือที่สร้างขึ้นมายึดติดกับหลังมือ ดังภาพที่ 7

- ฝ่ามือ ทำหน้าที่เป็นส่วนป้องกันเฟืองของเซอร์โวมอเตอร์สำหรับควบคุมนิ้วมือกับชิ้นงานที่จับไม่ให้สัมผัสกัน ทำให้ชิ้นส่วนของเฟืองเซอร์โวมอเตอร์ได้รับความเสียหายได้ โดยใช้แผ่นอะคริลิกหนา 3 มิลลิเมตร ตัดตามแบบฝ่ามือที่ได้ออกแบบไว้ และยึดติดกับหลังมือโดยมีระยะห่างระหว่างฝ่ามือและหลังมือ 2 เซนติเมตร เพื่อให้มีช่องว่างสำหรับเฟืองเซอร์โวมอเตอร์ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 โครงสร้างทางกลของนิ้วมือ



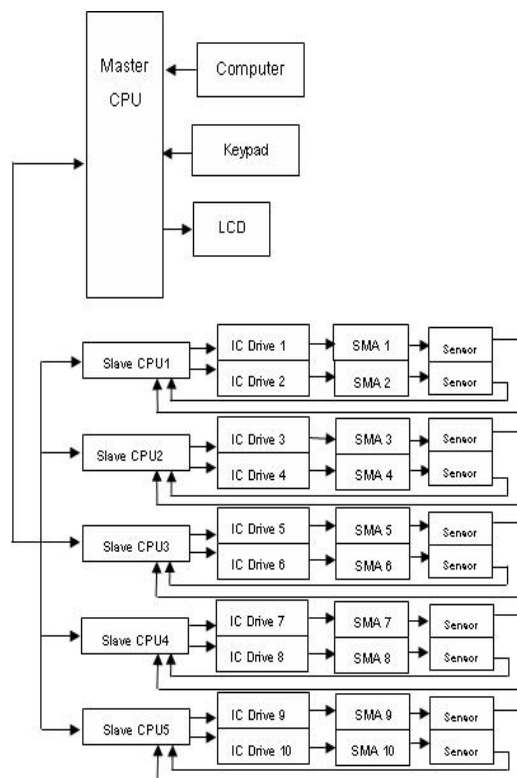
หมัดมือ ตักเหล้า

หมัดมือ ตักน้ำ

ภาพที่ 8 โครงสร้างทางกลของนิ้วมือ

จากภาพที่ 7 และภาพที่ 8 เป็นโครงสร้างทางกลของนิ้วมือทั้ง 5 นิ้วมีโครงสร้างเหมือนมือมนุษย์มีการเคลื่อนที่ได้ 10 องศาแยกการทำงานอิสระ

2. การออกแบบวงจรไฟฟ้า



ภาพที่ 9 โครงสร้างวงจรการทำงานของต้นแบบมือกล

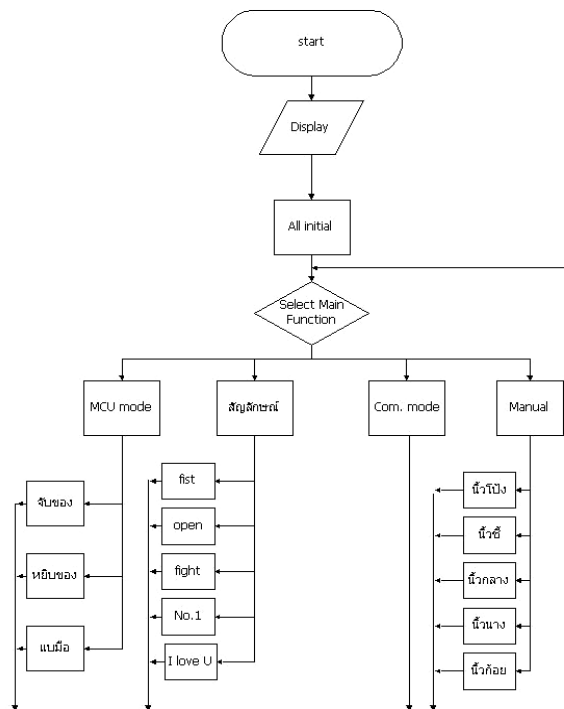
จากภาพที่ 9 เป็นต้นแบบมือกลใช้โลหะจํารูปเป็นตัวขับเคลื่อนโดยมีชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของนิ้วมือทั้งมือแบบหลายตัวประมวลผล(Multiprocessor)

โดยแต่ละนิ้วมีตัวประมวลผลรอง 1 ตัว และมีตัวประมวลผลหลักควบคุมการทำงานตัวประมวลผลรองทั้งหมดอีก 1 ตัว รวมทั้งหมด 6 ตัว การทำงาน

ของวงจรควบคุมการทำงานของมือกลจะประกอบไปด้วยวงจรหลักๆอยู่ 5 วงจรคือ วงจรแหล่งจ่ายไฟ วงจรตัวตรวจจับการสัมผัส วงจรขยายสัญญาณการควบคุม วงจรควบคุมมือกล โดยรับข้อมูลการควบคุมการทำงาน และวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยการทำงานเบื้องต้น จะสั่งงานผ่านทางปุ่มกด เมื่อทำการกดปุ่มแล้วสัญญาณส่งไปยังหน่วยประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลสัญญาณที่ส่งมาว่าต้องการให้มือกลทำอะไร จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์หลักทำการประมวลผลส่งสัญญาณไปยังส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งงานผ่านวงจรขับเคลื่อนการทำงานของขดลวดโลหะจำรูปให้ทำงานตามคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์หลักได้ประมวลผลออกมาแล้วนิ้วมือจะเริ่มเคลื่อนที่ไปตามทิศทางเคลื่อนที่ของขดลวดโลหะจำรูป โดยที่บริเวณนิ้วจะมี

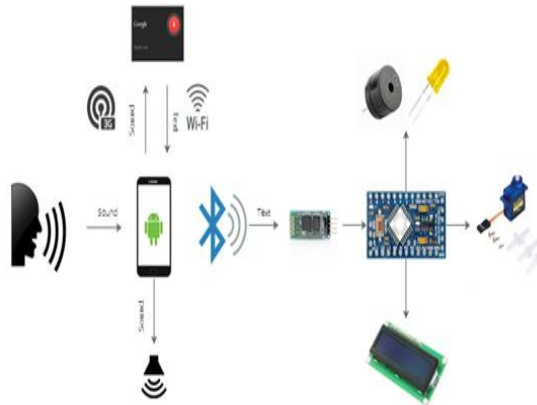
ตัวตรวจจับการสัมผัสติดตั้งไว้เพื่อเป็นตัวส่งสัญญาณกลับมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ประมวลผลเมื่อถึงจุดที่กำหนดไว้แล้วจากไมโครคอนโทรลเลอร์ก็หยุดสั่งแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ก็รอรับคำสั่งจากปุ่มคำสั่งต่อไป

3.การออกแบบการควบคุมการทำงาน การออกแบบการควบคุมมือกลได้ออกแบบให้มี 4 โหมด การควบคุม โหมดที่ 1 คือ MCU mode เป็นโหมดที่มือกลสามารถหยิบหรือจับวัตถุต่างๆได้โดยจะมีการตรวจจับการสัมผัสด้วยไมโครสวิทช์ที่ถูกติดตั้งไว้ที่นิ้วมือ โหมดที่ 2 คือการแสดงผลลักษณะทางมือซึ่งมีรูปแบบการกำมือ การแบมือ การนับนิ้วตั้งแต่ 1 ถึง 5 โหมดที่ 3 คือการเลือกการควบคุมผ่านการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และโหมดที่ 4 คือการเลือกการควบคุมแบบอิสระได้ทุกองศาการเคลื่อนที่



ภาพที่ 10 ขั้นตอนการควบคุมการทำงานมือกล

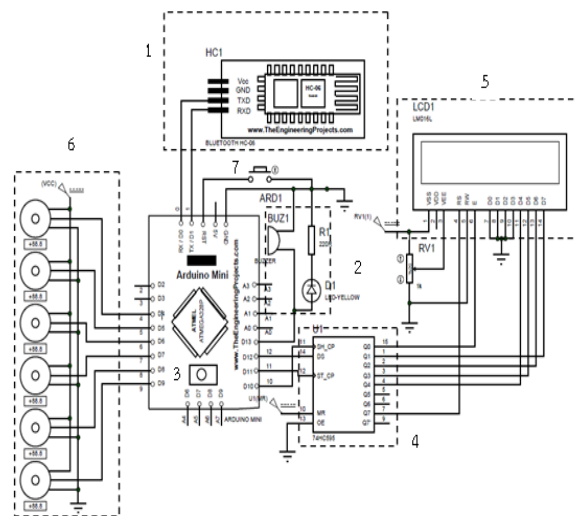
จากภาพที่ 10 แสดงการทำงานการควบคุมมือกลโดยผ่านคำสั่งของการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการทำงานด้วยมือกล 5 นิ้ว

จากภาพที่ 11 เป็นการทำงานของมือกล 5 นิ้ว ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเริ่มต้นจาก ผู้ใช้งานพูดเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์โดยบลูทูธ Voice Recognizer ที่สร้างขึ้นจาก MIT App inventor จากนั้นโปรแกรมจะทำการส่งข้อมูลเสียงไปยังเซิร์ฟเวอร์ เพื่อทำการแปลงสัญญาณเสียงเป็นข้อความ จากนั้นผลลัพธ์ที่ได้ถูกส่งกลับมาและทำการตรวจสอบกับฐานข้อมูลตัวอักษรที่ผู้ใช้กำหนดขึ้นและทำการส่งตัวอักษรที่ได้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านสัญญาณบลูทูธ และเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับค่าตัวอักษรสั่งให้ขา 13 ON เป็นเวลา 250 มิลลิวินาที

เพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่าขณะนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับค่าตัวอักษรที่ส่งมาแล้ว จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเปรียบเทียบตัวอักษรกับฟังก์ชันที่กำหนดไว้ หากตรงกับฟังก์ชันไว้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้เซอร์โวมอเตอร์ดึงให้นิ้วมือให้เคลื่อนไหวตามองศาที่กำหนดไว้ โดยทำการตรวจสอบตำแหน่งของมอเตอร์จำนวน 5 รอบภายในระยะเวลา 1500 มิลลิวินาที จากนั้นเตรียมพร้อมสำหรับการรับคำสั่งต่อไป หากไม่ตรงก็เตรียมพร้อมสำหรับการรับคำสั่งต่อไป และนอกจากนี้หากเกิดกรณีผิดพลาดสามารถสำหรับยกเลิกคำสั่งและรีเซ็ตค่าทั้งหมดเป็นค่าเริ่มต้นโดยใช้ปุ่มกดได้

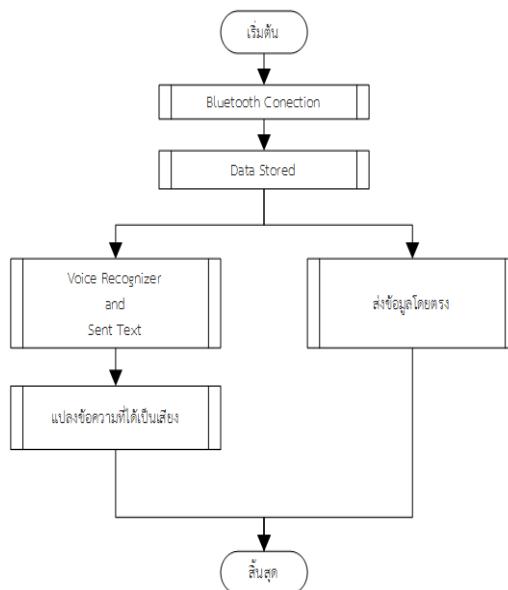


ภาพที่ 12 วงจรการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

จากภาพที่ 12 วงจรควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ เซอร์โวมอเตอร์ SG90 ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ ทำงานโดยเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลฟังก์ชันเรียบร้อยแล้ว จะทำการส่งสัญญาณ PWM (Pulse Width

Modulation)เป็นการสร้างสัญญาณความกว้างของพัลส์ให้แก่เซอร์โวมอเตอร์ เพื่อสั่งให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนตามองศาที่กำหนดไว้ในฟังก์ชันดังกล่าวและทำการตรวจสอบ

4.การออกแบบแอปพลิเคชันแอนดรอยด์



ภาพที่ 13 การทำงานของแอปพลิเคชันแอนดรอยด์

จากภาพที่ 13 หลักการทำงานของแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ทำงานโดยอาศัย Google Speech Recognizer API ซึ่งพัฒนาโดย Google ทำหน้าที่แปลงเสียงแปลงสัญญาณเสียงเป็นข้อความโดยเริ่มจากรับคำสั่งเสียงจากผู้ใช้ผ่านโทรศัพท์มือถือระบบแอนดรอยด์ จากนั้นส่งข้อมูลเสียงที่ได้ไปยังเซิร์ฟเวอร์ของ Google ผ่านการเชื่อมต่อ WIFI หรือ 3G จากนั้นจะทำการประมวลผลและส่งผลลัพธ์ที่ได้มายังโทรศัพท์มือถือ โทรศัพท์มือถือทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับฐานข้อมูลในโทรศัพท์ที่ผู้ใช้สร้างขึ้น หากตรงกับฐานข้อมูลทำการส่งตัวอักษรหรือตัวเลขที่ตรงกับผลลัพธ์ไปยัง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ หากผลลัพธ์ที่ได้ไม่ตรงกับฐานข้อมูลใดๆ แอปพลิเคชันทำการส่งผลลัพธ์ที่ได้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านการเชื่อมต่อสัญญาณแบบบลูทูธ โดยมีขั้นตอนการทำงาน

วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ




- 1).การหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิต
- 2).การหยิบจับชิ้นงานทั่วไป
- 3) ฟังก์ชันการทำงานของมือกล

ตารางที่ 1 การหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดเล็ก

หยิบชิ้นงาน	ขนาดเล็ก	น้ำหนัก (g)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส		10 g	✓	✓	✓
รูปทรงหกเหลี่ยม		8 g	✓	✓	✓
รูปทรงสามเหลี่ยม		10 g	✗	✓	✓
รูปทรงพีระมิด		12 g	✗	✓	✓
รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู		14 g	✓	✓	✓



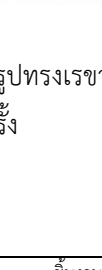

จากตารางที่ 1 ผลการหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดเล็ก พบว่าสามารถหยิบจับชิ้นงานได้ทั้ง 3 ครั้ง แต่รูปทรงสามเหลี่ยมและรูปทรงพีระมิดไม่สามารถหยิบได้ 1 ครั้ง

ตารางที่ 2 การหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดกลาง

หยิบชิ้นงาน	ขนาดกลาง	น้ำหนัก (g)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส		22 g	✓	✓	✓
รูปทรงหกเหลี่ยม		20 g	✓	✓	✓
รูปทรงสามเหลี่ยม		21 g	✗	✓	✓






จากตารางที่ 2 ผลการหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดกลาง พบว่าสามารถหยิบจับชิ้นงานได้ทั้ง 3 ครั้ง แต่รูปทรงสามเหลี่ยมไม่สามารถหยิบได้ 1 ครั้ง

ตารางที่ 3 การหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดใหญ่

หยิบชิ้นงาน	ขนาดใหญ่	น้ำหนัก (g)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส		34 g	✓	✓	✓
รูปทรงหกเหลี่ยม		30 g	✓	✓	✓
รูปทรงสามเหลี่ยม		27 g	✗	✗	✓
รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู		34 g	✓	✓	✓

จากตารางที่ 3 ผลการหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดใหญ่ พบว่าสามารถหยิบจับชิ้นงานได้ทั้ง 3 ครั้ง แต่รูปทรงสามเหลี่ยมไม่สามารถหยิบได้ 2 ครั้ง

ตารางที่ 4 น้ำหนักที่สามารถหยิบได้

หยิบชิ้นงาน	ชิ้นงาน	น้ำหนักโดยประมาณที่สามารถหยิบได้ตามชิ้นงาน (g)
ขวดเล็ก		150 g
ขวดใหญ่		200 g
แก้วน้ำ		200g
กล่องกระดาษ		150 g
กล่องเครื่องมือ		1100 g


จากตารางที่ 4 ผลการหยิบจับชิ้นงานรูปทรงทั่วไป พบว่าเมื่อสามารถหยิบจับชิ้นงานได้น้ำหนักสูงสุดที่สามารถหยิบจับชิ้นงานมีดังนี้ ขวดเล็ก 150 g ขวดใหญ่ 200 g, แก้วน้ำ 200 g, กล่องกระดาษ 150 g และน้ำหนักที่หยิบได้มากที่สุดคือ กล่องเครื่องมือ 1100 g สรุปสามารถหยิบจับชิ้นงานน้ำหนักสูงสุดได้ 360 g โดยเฉลี่ย


ตารางที่ 4 ฟังก์ชันการทำงาน

ฟังก์ชันการทำงานของมือกล	ท่าทางที่ต้องการ	ท่าทางที่ทำจากมือกล	ลักษณะขององศานิ้วมือ
1.กำมือ			องศาขอมอเตอร์ทุกนิ้วจะอยู่ที่ 170 องศา
2.แบมือ			องศาขอมอเตอร์ทุกนิ้วจะอยู่ที่ 10 องศา
3.สามนิ้ว			องศาขอมอเตอร์นิ้วนางกับนิ้วก้อยจะอยู่ที่ 170 องศา
4.จับขวด			องศาขอมอเตอร์ทุกนิ้วจะอยู่ที่ 150 องศา
5.รับของ			องศาขอมอเตอร์นิ้วโป้ง170องศา ส่วนสี่นิ้วที่เหลือ 50 องศา
6.ชี้นิ้ว			องศาขอมอเตอร์นิ้วชี้ 10 องศา สี่นิ้วที่เหลือ 170 องศา
7.หิ้วของ			องศาขอมอเตอร์นิ้วโป้ง10 องศา สี่นิ้วที่เหลือจะอยู่ที่ 170 องศา

จากตารางที่ 4 ฟังก์ชันการทำงานของมือกลพบว่ามือกลสามารถทำท่าทางได้ตามที่ต้องการ

ตารางที่ 5 การหยิบจับชิ้นงาน

หยิบชิ้นงาน	ชิ้นงาน	คำสั่งที่ใช้ในการหยิบจับชิ้นงาน
หัวแร้ง		→ กำมือ → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
นาฬิกา		→ กำมือ → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
ขวดเล็ก		→ จับขวด → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
ขวดใหญ่		→ จับขวด → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
แก้วน้ำ		→ สามนิ้ว → สามนิ้ว (หยิบชิ้นงาน) → ปลอ่ย (เตรียมหยิบชิ้นงานโดยใช้ฟังก์ชันสามนิ้วอีกครั้ง) → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
รีโมท		→ สามนิ้ว → สามนิ้ว (หยิบชิ้นงาน) → ปลอ่ย (เตรียมหยิบชิ้นงานโดยใช้ฟังก์ชันสามนิ้วอีกครั้ง) → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
กล่องกระดาษ		→ กำมือ → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
ปากกา		→ สามนิ้ว → สามนิ้ว (หยิบชิ้นงาน) → ปลอ่ย (เตรียมหยิบชิ้นงานโดยใช้ฟังก์ชันสามนิ้วอีกครั้ง) → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
ปากกาเมจิก		→ สามนิ้ว → สามนิ้ว (หยิบชิ้นงาน) → ปลอ่ย (เตรียมหยิบชิ้นงานโดยใช้ฟังก์ชันสามนิ้วอีกครั้ง) → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
คัตเตอร์		→ สามนิ้ว → สามนิ้ว (หยิบชิ้นงาน) → ปลอ่ย (เตรียมหยิบชิ้นงานโดยใช้ฟังก์ชันสามนิ้วอีกครั้ง) → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
ส้อม		→ สามนิ้ว → สามนิ้ว (หยิบชิ้นงาน) → ปลอ่ย (เตรียมหยิบชิ้นงานโดยใช้ฟังก์ชันสามนิ้วอีกครั้ง) → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
แผ่น cd		→ รับของ → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
ไขควง		→ กำมือ → แบนมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)

กระเป๋		→ หัวของ → แบมือ (เตรียมใช้งานฟังก์ชันอื่น)
--------	---	--

จากตารางที่ 5 เป็นการหยิบจับชิ้นงานรูปทรงต่างๆโดยใช้คำสั่งในการหยิบจับชิ้นงานเป็นขั้นตอนตามลำดับการหยิบจับชิ้นงานโดยฟังก์ชันของมือกล

สรุปผลการทดลอง

มือกลทำนิ้วควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์จากการทดสอบพบว่าเมื่อทำการทดสอบมือกลสามารถหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดเล็ก, กลาง และใหญ่ พบว่าสามารถหยิบจับชิ้นงานได้ทั้ง 3 ครั้ง แต่จะมีบางรูปทรงจะไม่สามารถหยิบได้ทั้ง 3 ครั้ง

จากผลการทดลองการหยิบจับชิ้นงานรูปทรงทั่วไป พบว่าสามารถหยิบจับชิ้นงานได้ทั้ง 3 ครั้ง แต่นาฬิกา, รีโมต, ปากกา, ปากกาเมจิก, คัตเตอร์, ส้อม และหลอด ไม่สามารถหยิบได้ทั้ง 3 ครั้ง

1. น้ำหนักที่สามารถหยิบได้โดยมือกล จากผลการทดสอบมือกลในการหยิบจับชิ้นงานรูปทรงทั่วไปพบว่า เมื่อสามารถหยิบจับชิ้นงานได้ น้ำหนักสูงสุดที่สามารถหยิบจับชิ้นงานมีดังนี้ ขวดเล็ก 150 g, ขวดใหญ่ 200 g, แก้วน้ำ 200 g, กล้องกระดาษ 150 g และน้ำหนักที่หยิบได้มากที่สุดคือ กล้องเครื่องมือ 1100 g

2. โปรแกรมควบคุมมือกลจากการศึกษาและทำการเขียนโปรแกรมในการควบคุมมือกล เพื่อสั่งการมอเตอร์เมื่อทำการทดสอบมือกลพบว่ามือกลสามารถทำงานตามโปรแกรมและฟังก์ชันที่กำหนดได้ตามที่ต้องการ

3. สรุปผลการหยิบจับชิ้นงานมือกลพบว่า การหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดเล็ก มีความผิดพลาดในการหยิบจับชิ้นงาน 13.33 % จากชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดเล็กทั้งหมด

การหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดกลาง มีความผิดพลาดในการหยิบจับชิ้นงาน

11.11 % จากชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดกลางทั้งหมด

การหยิบจับชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดใหญ่ มีความผิดพลาดในการหยิบจับชิ้นงาน 16.67 % จากชิ้นงานรูปทรงเรขาคณิตขนาดใหญ่ทั้งหมด

การหยิบจับชิ้นงานรูปทรงทั่วไป มีความผิดพลาดในการหยิบจับชิ้นงาน 22.92 % จากชิ้นงานรูปทรงทั่วไปทั้งหมด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ทุนงานวิจัยงบประมาณประจำปี 2558

เอกสารอ้างอิง

- ณรงค์ฤทธิ์ แซ่จั้น และณรงค์ บวบทอง. (2555). การออกแบบระบบรับรู้จำเสียงพูดคำโดดบน เอพพีจีเอ: ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี. ฦัฐพงค์ นิธิอุทัย และสถาพร ลักษณะเจริญ. (2550). แขนเทียมขับเคลื่อนด้วยกล้ามเนื้อเทียม ควบคุมด้วยสัญญาณ EMG: ปริญญาานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรม เครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. รุจิศักดิ์ เมืองสง วุฒิชัย พลวิเศษ และ อนรรช ันชะชวานะ. (2559).การพัฒนาต้นแบบมือกล สำหรับคนพิการโดยใช้โลหะจำรูป. สืบค้นจาก http://www.me.psu.ac.th/ME_NETT20/article/pdf/drc/DRC043.pdf

ศักรินทร์ สิ้นไชย .(2550). การรู้จำคำพูดโดยใช้
โครงข่ายประสาทเทียมด้วยการสกัดลักษณะ
เด่นด้วยสัมประสิทธิ์แอลพีซี: ปรินญาณินพนธ์
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรม
โทรคมนาคม. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง เขตลาดกระบังกรุงเทพมหานคร.

เอกชัย มะกา.(2552). เรียนรู้เข้าใจใช้งาน
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR. พิมพ์ครั้งที่
ที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท อีทีที จำกัด.

(2559). **Android**. สืบค้นจาก
[http://th.wikipedia.org/wiki/แอนดรอยด์_](http://th.wikipedia.org/wiki/แอนดรอยด์_(ระบบปฏิบัติการ))
(ระบบปฏิบัติการ).

(2559). **Bluetooth**. สืบค้นจาก
<http://www.siamphone.com/news/bluetooth/page.htm>.

(2559). **Google Voice Search**. สืบค้นจาก
https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Voice_Search.

(2559). **Speech Recognition**. สืบค้นจาก
https://en.wikipedia.org/wiki/Speech_recognition.

(2559). **วงจรเรียงกระแส**. สืบค้นจาก
<http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?action=dlattach;topic=1053.0;attach=4461>.

(2558). **ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega2560**.
สืบค้นจาก <http://www.datasheetbank.com/data>.

(2558). **ArduinoMega2560**. สืบค้นจาก
<http://www.arduitronics.com/product/5/arduino>.

(2558). **ส่วนประกอบเซอร์โวมอเตอร์**. สืบค้นจาก
https://app.enit.kku.ac.th/mis/administrator/c_upload/20100324141239.pdf.

การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเมื่อใช้เชื้อเพลิงร่วมก๊าซชีวภาพ และเฉพาะก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง

A Comparative Study on Engine Performance of Modified Diesel Engine with Dual Biogas and Biogas Pure Fuel

ประเทือง ฝั้นแก้ว^{1*}, คณิน พงศ์พุฒิ², บดีศร พึ่งสุข³ และพุฒิพงศ์ ณ ลำปาง⁴
Pratuang Funkeaw^{1*}, Kaninb Pongput², Bodeesorn Puengsuk³ and Puttipong Na Lampang⁴

^{1,2,3,4} สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

^{1,2,3,4} Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Lampang

* Corresponding author e-mail: K_Pratuang@yahoo.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเมื่อใช้เชื้อเพลิงร่วมก๊าซชีวภาพ และดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงเฉพาะก๊าซชีวภาพอย่างเดียว เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบคือเครื่องยนต์ดีเซลเล็กยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่น DI-700 ขนาด 353 cc. 7 HP ห้องเผาไหม้เป็นแบบเผาไหม้ตรง ขับเบนเนอเรเตอร์ขนาด 3 HP ให้ภาระงานโดยใช้หลอดไฟฟ้า ก่อนการดัดแปลงเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซชีวภาพ เครื่องยนต์มีอัตราส่วนกำลังอัด 18:1 ผลการทดสอบที่อัตราส่วนของน้ำมันดีเซลต่อก๊าซชีวภาพที่ 30:70 เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากเครื่องยนต์ไม่มีอาการน็อคเกิดขึ้น ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงสุดที่ 18.49% โหลดทางไฟฟ้า 3,000 Watt อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล 10 cc/min และมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ 24 lit/min เมื่อดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเครื่องยนต์มีอัตราส่วนกำลังอัดลดลงเหลือ 10:1 ใช้เชื้อเพลิงเฉพาะก๊าซชีวภาพเพียงอย่างเดียว ผลการทดสอบ ได้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงสุดที่ 6.95% โหลดทางไฟฟ้า 500 Watt มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ 17 lit/min เมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณต้นทุนต่อการให้กำลังพบว่าเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้เชื้อเพลิงร่วมก๊าซชีวภาพ ได้ที่ 4.02 บาท/kW.hr ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงเฉพาะก๊าซชีวภาพอย่างเดียว ได้ที่ 3.44 บาท/kW.hr

คำสำคัญ: ก๊าซชีวภาพ, เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ, การทดสอบเครื่องยนต์

Abstract

This paper presents a comparative study of engine performance on modified diesel engine using Biogas and modified Diesel engine tube Gasoline engine with using only Biogas. The engine tested in this study was small Diesel engine Mitsubishi type model DI-700 size 353 cc.7 HP, the directly combustion chamber type which drives generator size 3 kW, input load electric light bulb. Before adapting the engine when using Biogas Dual fuel, the compression ratio was 18:1. From the experiment, it was indicated that ratio of Diesel engine to Biogas was 30:70 which the most appropriate period as there is no any sign of failure to the engine, the peak efficiency of the engine; highest electric load is 3000 Watts. The ratio of biogas consumption was 24 litre/min and the ratio of diesel consumption was 10 cc/min. After modified the Diesel engine to be Gasoline engine, the engine power was decreased to 9.88:1 as using only Biogas. From testing result of using only Biogas, it appeared the highest efficiency of the engine was 6.95 %, highest electric load was 500 watts. The ratio of biogas consumption was 1.7 litre/min. Upon taking the testing result to be calculated of the unit cost of using the energy of the Diesel engine, when using with the Biogas result Baht 4.02 kilowatt-hour, For the modified diesel engine to be Gasoline engine using only Biogas, appear Baht 3.44 per kilowatt- hour.

Keyword: Biogas, Diesel Engine, Engine Testing

บทนำ

ก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายของมูลสัตว์ รวมไปถึงผลผลิตที่เหลือทิ้งทางการเกษตรอีกด้วย ในปัจจุบันฟาร์มปศุสัตว์ได้นำเอาก๊าซชีวภาพนี้ไปใช้เป็นพลังงานทดแทนภายในฟาร์ม และส่วนใหญ่จะนำมาใช้เครื่องยนต์เล็กดีเซล เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า หรือแม้กระทั่งระบบการหมุนเวียนอากาศภายในฟาร์มทางผู้วิจัยได้สังเกตเห็นข้อแตกต่างระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลร่วมกับก๊าซชีวภาพ และเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ ว่าเครื่องยนต์ทั้งสองชนิด ชนิดไหนที่ได้สมรรถนะการทำงานและความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด จึงได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเมื่อใช้เชื้อเพลิงร่วมก๊าซชีวภาพและเฉพาะก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง และประเมินผลการทดสอบเพื่อมาใช้ในการตัดสินใจในการลงทุน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเล็กดัดแปลงใช้เชื้อเพลิงร่วมก๊าซชีวภาพ และเฉพาะก๊าซชีวภาพ
2. เพื่อประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ในการนำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงแบบใช้ร่วมกับน้ำมันดีเซล และเฉพาะก๊าซชีวภาพ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ก๊าซชีวภาพ (Biogas, digester gas) หรือไบโอแก๊ส คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการหมักย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน (anaerobic digestion) โดยทั่วไปจะหมายถึง ก๊าซ มีเทน ที่เกิดจากการหมัก (fermentation) ของ สารอินทรีย์ โดยกระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ในหลุมขยะ กองมูลสัตว์ และก้นบ่อแหล่งน้ำนิ่ง กล่าวคือเมื่อไรก็ตามที่มีสารอินทรีย์หมักหมมกันเป็นเวลานานก็อาจเกิดก๊าซชีวภาพ แต่นี่เป็นเพียงแค่หลักการทางทฤษฎี

องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแก๊สมีเทน(CH_4) ประมาณ 50-70% และ ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือเป็นแก๊สชนิดอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) ไนโตรเจน(N_2) และไอน้ำ (กิติเตย,2558)

2. เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ (Biogas Engine) การนำก๊าซชีวภาพมาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในนั้นต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ก่อนเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงมีอยู่ 3 แบบ

2.1 เครื่องยนต์ ก๊าซ ดีเซล (Gas Diesel Engine) คือนำเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเปลี่ยนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงคือน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซชีวภาพโดยให้ก๊าซชีวภาพผสมกับอากาศเข้าห้องเผาไหม้ ส่วนการจุดระเบิดยังใช้น้ำมันดีเซลฉีดเข้าไปยังก๊าซชีวภาพกับอากาศที่อัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูงในกระบอกสูบ เครื่องยนต์ต้องการน้ำมันดีเซลเพื่อไปจุดระเบิดประมาณ 10-20 % ของการใช้เครื่องยนต์ดีเซลปกติ ทำให้สามารถประหยัดน้ำมันประมาณ 80-90 %

2.2 เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (Modification of a Diesel Engine into a Gas Otto Engine) โดยนำเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปมาดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซลที่อัดอากาศให้มีความดันและอุณหภูมิสูงแล้วฉีดน้ำมันดีเซลเข้าไปเกิดการเผาไหม้ เปลี่ยนมาเป็นอัดอากาศผสมก๊าซชีวภาพให้มีความดันและอุณหภูมิสูงแล้วจุดระเบิดด้วยหัวเทียน ซึ่งในการดัดแปลงเครื่องยนต์จะต้องกระทำดังนี้

- 1) เปลี่ยนอัตราส่วนการอัด (Compression ratio) ของเครื่องยนต์ให้ได้ประมาณ 10 - 12
- 2) เปลี่ยนการจุดระเบิดโดยการฉีดน้ำมันดีเซลมาเป็นจุดระเบิดด้วยหัวเทียน
- 3) เพิ่มอุปกรณ์ Venturi mixer gas ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศเข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์

2.3 เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ (Gas Otto Engine) โดยการนำเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทั่วไปที่ใช้ น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงมาเป็นก๊าซชีวภาพแทนโดยเปลี่ยนจากคาร์บูเรเตอร์ที่มีหน้าที่

ผสมน้ำมันกับอากาศเป็นไอติมาเป็น Venturi mixer gas ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศแทน เมื่อตัดแปลงแล้วมีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ลดลงประมาณ 20 %

ตารางที่ 1 Features of Biogas Engines

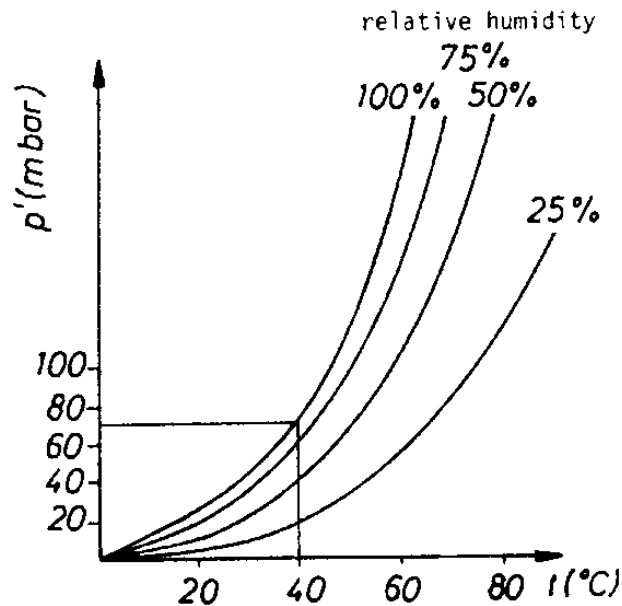
Design data	Gas diesel	Gas Otto
Compression ratio (ϵ)	15....18	10....12
Excess air ratio (λ)	1.3....40	0.9....1.3
Specific fuel consumption	0.55....0.75 m ³ /kW.h (+pilot fuel)	0.65....1.0 m ³ /kW.h
Exhaust gas temperature	500....700°C	500....900°C
Ignition type	Self-ignition of pilot injected into a hot compressed mixture of and gas which is ignited by the pilot fuel subsequently	As in other Otto engines

ที่มา: Mitzlaff (1988)

3.การคำนวณหาค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ การนำก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์สันดาปภายในจะต้องคำนึงถึงค่าความร้อน (H_u) ซึ่ง

จะขึ้นกับสัดส่วนก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ ความดันรวมและอุณหภูมิในถังหมัก (Mitzlaff, 1988)

$$\text{สัดส่วนปริมาณก๊าซมีเทนในก๊าซชีวภาพ} \\ \%CH_4 = 100\% - \%CO_2 \quad (1)$$



ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของความดันของไอน้ำกับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในก๊าซชีวภาพ

ความดันของก๊าซชีวภาพ (P_{act})

$$P_{act} = P_a + P_d - P' \quad (2)$$

โดย P_{act} คือ ความดันของก๊าซชีวภาพ, mbar

P_a คือ ความดันบรรยากาศ, mbar

P_d คือ ความดันในบ่อหมัก, mbar

P' คือ ค่าความดันของไอน้ำหาได้จากรูปที่

1

ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน ($\rho_{CH_4,act}$) ใน
ก๊าซชีวภาพ

$$\rho_{CH_4,act} = \frac{\rho_{CH_4,std} \times P_{act} \times T_{std}}{P_{std} \times T_{act}} \quad (3)$$

$\rho_{CH_4,act}$ คือ ความหนาแน่นของก๊าซมีเทน, kg/m^3

$\rho_{CH_4,std}$ คือ ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่สภาวะ
มาตรฐาน = $0.72 kg/m^3$

P_{act} คือ ความดันของก๊าซชีวภาพ, mbar

T_{std} คือ อุณหภูมิของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน
(273 K)

P_{std} คือ ความดันของก๊าซมีเทนที่สภาวะมาตรฐาน

= 1013 mbar

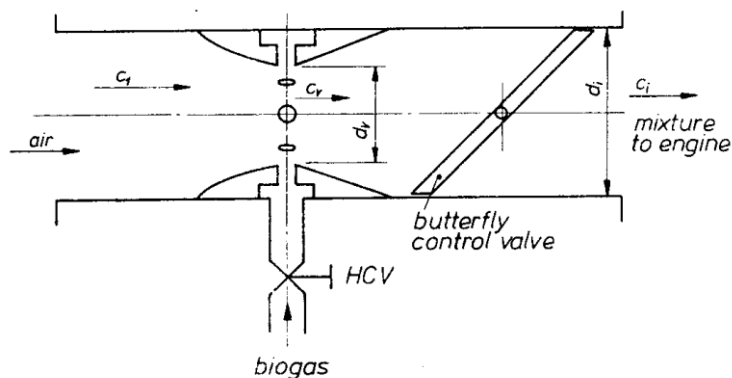
T_{act} คือ อุณหภูมิของก๊าซชีวภาพ, K

โดยค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่ใช้งาน
($H_{u,act}$) จะสัมพันธ์กับสัดส่วนของก๊าซมีเทนในก๊าซ
ชีวภาพ (V_{CH_4}/V_{total}) ความหนาแน่นของก๊าซมีเทนที่
ใช้งาน ($\rho_{CH_4,act}$) และค่าความร้อนต่ำของก๊าซ
มีเทนที่สภาวะมาตรฐาน ($H_{u,act} = 50,000 kJ/kg$)

$$H_{u,act} = \frac{V_{CH_4}}{V_{total}} \times \rho_{CH_4,act} \times H_{u,std} \quad (4)$$

4. การหาขนาดของคาร์บูเรเตอร์ก๊าซ

คาร์บูเรเตอร์ทั่วไป มีหน้าที่จ่ายส่วนผสม
เชื้อเพลิงกับอากาศให้เครื่องยนต์ คาร์บูเรเตอร์ก๊าซ
ดังรูปที่ 2 มีหน้าที่เช่นเดียวกับคาร์บูเรเตอร์ทั่วไป
เพียงแต่เปลี่ยนจากน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นก๊าซชีวภาพ
แทน การหาขนาดของคาร์บูเรเตอร์ก๊าซ คำนวณได้
จากสมการดังนี้



ภาพที่ 2 คาร์บูเรเตอร์ก๊าซ

4.1 ปริมาณของอากาศเข้ากระบอกสูบ
เครื่องยนต์

$$\dot{V}_i = \frac{V_h \times N}{2000 \times 60} \cdot \eta_v \quad (5)$$

โดย \dot{V}_i คือ ปริมาณอากาศที่เข้ากระบอกสูบ

เครื่องยนต์, m^3/s

V_h คือ ปริมาตรกระบอกสูบเครื่องยนต์, liter

N คือ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, rpm

η_v คือ ประสิทธิภาพเชิงดูดของเครื่องยนต์
สันดาปภายในมีค่าอยู่ระหว่าง 80-90%

4.2 ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของคอคอด

$$\dot{V}_i = A_v \times C_v \quad (6)$$

โดย d_v คือ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของคอคอด

C_v คือ ความเร็วของอากาศที่ผ่านคอคอด ควรมีค่า

ระหว่าง 100-150 m/s

A_v คือ พื้นที่หน้าตัดของคอคอด, m^2

$$d_v = \sqrt{\frac{A_v \times 4}{\pi}} \times 1000, \text{ mm} \quad (7)$$

4.3 ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของคาร์บูเรเตอร์ก๊าซ

อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางของคาร์บูเรเตอร์

ก๊าซ(d_i)กับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของคอคอด

(d_v) ควรมียุทธศาสตร์ประมาณ 1.5-1.7

$$d_i = 1.6d_v, \text{ mm} \quad (8)$$

4.4 การหาขนาดของพื้นที่หน้าตัดของท่อเชื้อเพลิง

$$\frac{A}{F} = \frac{A_v C_{d,a} \sqrt{(2g) \cdot (\rho_a) \cdot (\Delta P_a)}}{A_f C_{d,f} \sqrt{(2g) \cdot (\rho_f) \cdot (\Delta P_f)}} \quad (9)$$

โดย A_v คือ พื้นที่หน้าตัดคอคอด, m^2

A_f คือ พื้นที่หน้าตัดท่อเชื้อเพลิง, m^2

$C_{d,a}$ คือ สัมประสิทธิ์การไหลของอากาศผ่านคอคอด อัตราไหลความเร็วสูง = 0.99

$C_{d,f}$ คือ สัมประสิทธิ์การไหลของเชื้อเพลิง = 0.75

สำหรับคาร์บูเรเตอร์ทั่วไป

ρ_a คือ ความหนาแน่นของอากาศ, kg/m^3

ρ_f คือ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง, kg/m^3

g คือ แรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

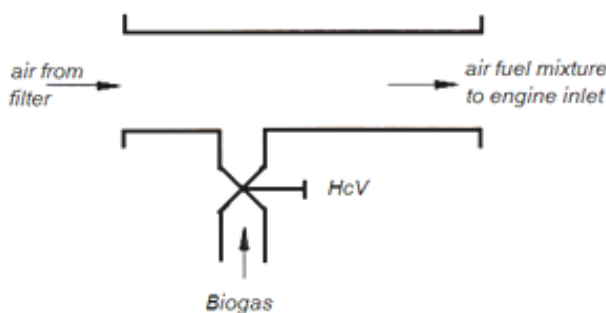
ΔP_a คือ ความแตกต่างของความดันของอากาศที่บรรยากาศกับคอคอด, mbar

ΔP_f คือ ความแตกต่างของความดันของก๊าซชีวภาพที่บ่อหมักกับคอคอด, mbar

A/F คือ อัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิงทางทฤษฎี

5. การหาขนาดท่อก๊าซแบบ T-Type

โดยเครื่องยนต์ดีเซลเปลี่ยนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงคู่คือน้ำมันดีเซลร่วมกับก๊าซชีวภาพจำเป็นต้องมีการดัดแปลงท่อร่วมไอดีให้สามารถใช้เชื้อเพลิงร่วมได้ โดยต่อท่อก๊าซเข้ากับท่อร่วมไอดีเป็นลักษณะคล้ายรูปตัว T เรียกว่าแบบ T-Type โดยมีวิธีการออกแบบในการหาขนาดของท่อก๊าซดังนี้



ภาพที่ 3 ท่อก๊าซแบบ T-Type

การหาปริมาณของอากาศเข้ากระบอกสูบ เครื่องยนต์คำนวณเช่นเดียวสมการ (5)

5.1 ความเร็วของอากาศในท่อไอดี

$$v_i = \frac{\dot{V}_{air}}{A_i} \quad (10)$$

เมื่อ v_i คือ ความเร็วของอากาศในท่อไอดี, m/s

A_f คือ พื้นที่หน้าตัดท่อไอดี, m^2

5.2 ปริมาณความต้องการเชื้อเพลิง

$$fc = sfc \times power \quad (11)$$

เมื่อ fc คือ ปริมาณความต้องการเชื้อเพลิง, m^3/s

Sfc คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ, $m^3/kW.s$

Power คือ กำลังงานของเครื่องยนต์, kW

5.3 ความต้องการก๊าซชีวภาพ

$$fc_{bio} = \%bio \times fc \quad (12)$$

เมื่อ $\%bio$ คือ เปอร์เซ็นต์ของก๊าซชีวภาพโดยปริมาตรที่เครื่องยนต์ต้องการ

$$A_{bio} = \frac{fc_{bio}}{v_{bio}} \quad (13)$$

5.4 ขนาดพื้นที่ของท่อก๊าซชีวภาพ

เมื่อ A_{bio} คือ ขนาดพื้นที่ของท่อก๊าซชีวภาพ, m^2

v_{bio} คือ ความเร็วก๊าซชีวภาพ, m/s

5.5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อก๊าซชีวภาพ

fc_{bio} คือ ความต้องการก๊าซชีวภาพ, m^3/s

$$d_{bio} = \sqrt{\frac{4}{\pi} A_{bio}} \quad (14)$$

6. ประสิทธิภาพทางความร้อน (η_{th})

$$\eta_{th} = \frac{power}{\dot{m}_f H_{u,diesel} + \dot{m}_b H_{u,bio}} \quad (15)$$

เมื่อ Power = IV

\dot{m}_f คือความสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล, kg/s

\dot{m}_b คือความสิ้นเปลืองก๊าซชีวภาพ, kg/s

$H_{u,diesel}$ คือ ค่าความร้อนของน้ำมันดีเซล, kJ/kg

$H_{u,bio}$ คือ ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ, kJ/kg

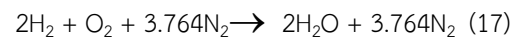
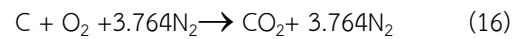
I คือ กระแสไฟฟ้าที่ใช้, Amp

V คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้, Volt

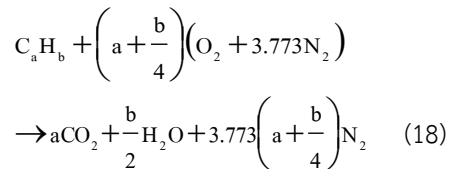
7. การเผาไหม้ (Combustion)

การเผาไหม้ คือ การทำปฏิกิริยาระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ และได้ความร้อนออกมาโดยทั่วไป เชื้อเพลิงประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนและคาร์บอน (HC) ธาตุเหล่านี้เมื่อรวมกับออกซิเจนแล้วได้น้ำ (H_2O) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (มนตรี, 2544)

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงส่วนมากเอาออกซิเจนจากอากาศ



การเผาไหม้ที่พอดีๆ คือมีอัตราส่วนของอากาศกับเชื้อเพลิงที่ถูกต้องเรียกว่า Stoichiometric chemically correct หาได้จากสมการ 18



a = จำนวนโมลของ Carbon ในเชื้อเพลิง

b = จำนวนโมลของ Hydrogen ในเชื้อเพลิง

อัตราการส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงโดยน้ำหนักหาได้สมการ 19

$$\frac{A}{F} = \frac{34.56(4+y)}{12.011+1.008y} \quad (19)$$

อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงในทางทฤษฎีเทียบกับอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงในการเผาไหม้จริง เรียกว่า อัตราส่วนสมมูล (Equivalence ratio,

ϕ) โดยหาได้จากสมการ 20

$$\phi = \frac{A/F,stoich}{A/F,actual} \quad (20)$$

$\phi = 1$ stoichiometric air/fuel ratio

$\phi > 1$ air excess (mixture lean)

$\phi < 1$ air shortage (mixture rich)

อุปกรณ์

1. เครื่องยนต์เล็กดีเซล 4 จังหวะ 1 สูบ ยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่น DI-700 ขนาด 353 cc. 7 HP ดัดแปลงสามารถใช้เชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซชีวภาพ และดัดแปลงสามารถใช้เฉพาะเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ(อำพล, 2544)
2. เยนเนอเรเตอร์ ขนาด 3 kW ทำงาน 1500 rpm
3. Gas Meter ยี่ห้อ AMPY Email Metering รุ่น HP 750
4. มานอมิเตอร์วัดแรงดัน
5. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ FLUKE รุ่น 78
6. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย ยี่ห้อ EMS รุ่น 5002

วิธีการวิจัย

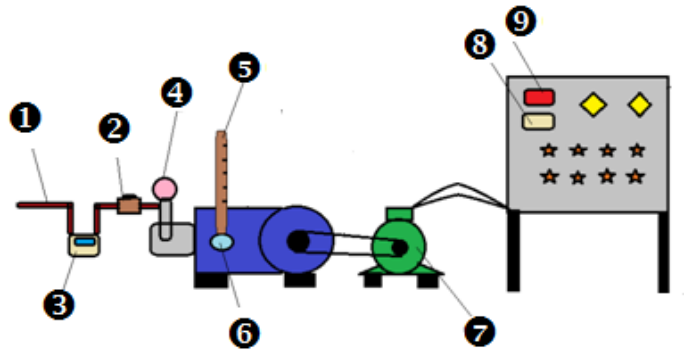
1. เก็บข้อมูลก๊าซชีวภาพก่อนการออกแบบท่อไอดีแบบ T-Type โดยค่าต่างๆของก๊าซชีวภาพได้ค่าเฉลี่ยดังนี้ก๊าซชีวภาพมี $CH_4=67\%$ โดยปริมาตร ความดันของก๊าซชีวภาพในบ่อหมักเท่ากับ $2\text{ m, H}_2\text{O}$ หรือ 967.613 mbar ความชื้นสัมพัทธ์ 84% และอุณหภูมิ 31.6°C ตามลำดับ คำนวณได้ค่าความร้อนก๊าซชีวภาพมี (H_u) $33,500\text{ kJ/kg}$
2. การดัดแปลงท่อไอดีของเครื่องยนต์ทำการดัดแปลงท่อไอดีของเครื่องยนต์ให้สามารถใช้เชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซชีวภาพได้ ซึ่งออกแบบให้มีลักษณะเป็นแบบ T-Type โดยได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อก๊าซชีวภาพ ประมาณ 10 mm . ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การติดตั้งท่อไอดีแบบ T-Type

3. ทดสอบเครื่องยนต์เล็กดีเซลใช้เชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซชีวภาพ ทำการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องที่ดัดแปลงให้สามารถใช้เชื้อเพลิงร่วมได้ เครื่องยนต์ที่นำมาดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์เล็กดีเซล 4 จังหวะ 1 สูบ ยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่น DI-700ขนาด 353 cc. 7 HP โดยดัดแปลงท่อไอดีให้เป็นแบบ T-Type เพื่อทำหน้าที่ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศก่อนไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เครื่องกำเนิด

ไฟฟ้าทดสอบที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm 3 kW ทดสอบที่กำลังไฟฟ้าต่างๆ กันเพิ่มภาระขึ้นครั้งละ 40 Watt โดยปรับให้ใช้ก๊าซชีวภาพมากที่สุดที่เครื่องยนต์ไม่เกิดการน็อก (ประเทือง,2554) วัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล และก๊าซชีวภาพ แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและปริมาณก๊าซไอเสีย ทดสอบดังภาพที่ 5



- | | | |
|----------------------|-------------------|----------------|
| 1.ทางเดินก๊าซ | 2.อุปกรณ์ปรับก๊าซ | 3.gas meter |
| 4.ท่อไอดี | 5.วาล์ว | 6.เครื่องยนต์ |
| 7.เครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 8.โวลต์มิเตอร์ | 9.แอมป์มิเตอร์ |

ภาพที่ 5 การทดสอบสมรรถนะเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซชีวภาพ

3. การออกแบบคาร์บูเรเตอร์ก๊าซ ก๊าซชีวภาพ มี $CH_4=67\%$ โดยปริมาตร ความดันของก๊าซชีวภาพ ในบ่อหมักเท่ากับ 2.18 m, H_2O หรือ 1191.7mbar คำนวณหา $A/F= 5.43$ โดยน้ำหนัก ได้ขนาดคาร์บูเรเตอร์ก๊าซตามแบบดังภาพที่ 6 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของคอคอด (d_c) 10 mm,

เส้นผ่าศูนย์กลางของคาร์บูเรเตอร์ก๊าซ (d_r) 17 mm เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อก๊าซชีวภาพ (d_f) 2 mm จำนวน 4 รู รอบคอคอด ตั้งองศาจุดระเบิดที่ 35 องศา ก่อนศูนย์ตายบน ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1500 rpm.



ภาพที่ 6 แสดงชิ้นส่วนต่างๆ ของคาร์บูเรเตอร์ก๊าซ

4. การดัดแปลงเครื่องยนต์โดยดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ ซึ่งในการดัดแปลงเครื่องยนต์ทำดังนี้

1) เปลี่ยนอัตราส่วนการอัด (Compression ratio) ของเครื่องยนต์ โดยการเพิ่มประเก็นฝาสูบอีก 1 แผ่น มีความหนา 4 mm ทำให้อัตราส่วนการอัดลดเหลือเป็น 9.88: 1



ภาพที่ 7 เพิ่มประเก็นฝาสูบอีก 1 แผ่นหนา 4 mm

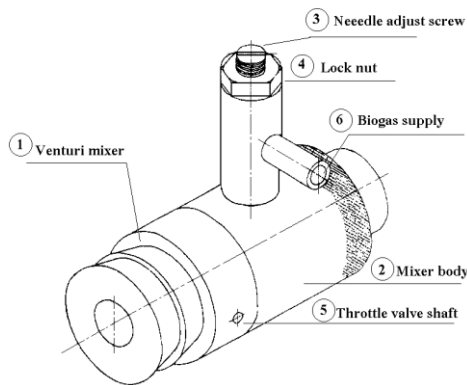
2) เปลี่ยนการจุดระเบิดโดยการฉีดน้ำมันดีเซล
มาเป็นจุดระเบิดด้วยหัวเทียนถอดอุปกรณ์ระบบ
น้ำมันเชื้อเพลิงออก และติดตั้งอุปกรณ์ระบบจุด

ระเบิดแบบ DC CDI มีหัวเทียนเป็นอุปกรณ์จุดระเบิด
เชื้อเพลิงในกระบอกสูบ



ภาพที่ 8 ฝาสูบที่ทำการใส่หัวเทียนเรียบร้อยแล้ว

3) เพิ่มอุปกรณ์ Venturi mixer gas ผสมก๊าซชีวภาพกับอากาศเข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์



ภาพที่ 9 คาร์บูเรเตอร์ก๊าซชีวภาพ (Venturi mixer gas)

5. ทดสอบเครื่องยนต์เล็กดีเซลดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ ทำการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ที่ดัดแปลงจากเครื่องยนต์เล็กดีเซล 4 จังหวะ 1 สูบ ยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่น DI-700 ขนาด 353 cc. 7 HP เป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ สามารถใช้เชื้อเพลิงเฉพาะก๊าซชีวภาพได้ ทำการทดสอบสมรรถนะเช่นเดียวกับ แบบใช้เชื้อเพลิงร่วม ความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ 1,500 rpm 3 kW ทดสอบที่กำลังไฟฟ้าต่างๆ กันเพิ่มภาระขึ้นครั้งละ 40 Watt โดยปรับอัตราส่วนผสมอากาศกับก๊าซชีวภาพตั้งองศาการจุดระเบิด ให้เครื่องยนต์ทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด วัดอัตราการสิ้นเปลืองก๊าซ

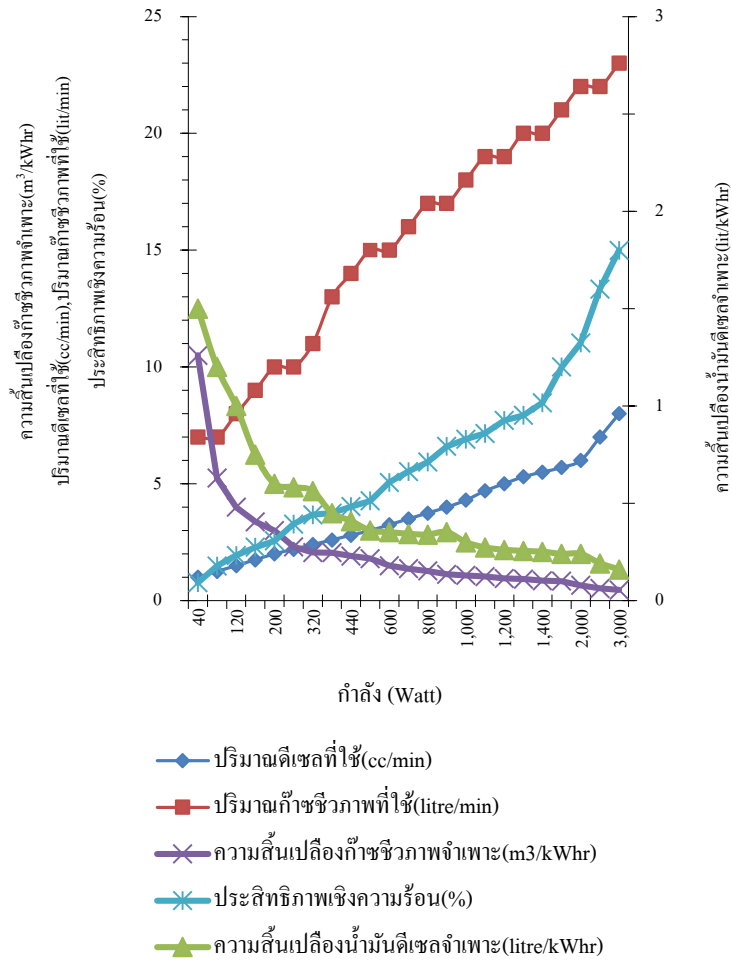
ชีวภาพแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและปริมาณก๊าซไอเสีย แต่ไม่มีการวัดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ผลการทดสอบ

ทดสอบที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ 1500 rpm เท่ากับความเร็วรอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่อัตราทดของพลูเลย์ 1:1

1. ผลการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลเล็ก ใช้เชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซชีวภาพ ใช้เครื่องยนต์เล็กดีเซล 4 จังหวะ 1 สูบ ยี่ห้อมิตซูบิชิ รุ่น DI-700 ขนาด 353 cc. 7 HP โดยดัดแปลงท่อไอดีให้เป็นแบบ T-Type ให้ภาระโดยใช้หลอดไฟฟ้า เพิ่มทีละ 40 Watt ปรับให้ใช้ก๊าซชีวภาพมากที่สุดที่เครื่องยนต์ไม่เกิดการน็อกได้ผลการทดสอบ ดังกราฟภาพที่ 9

กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วม

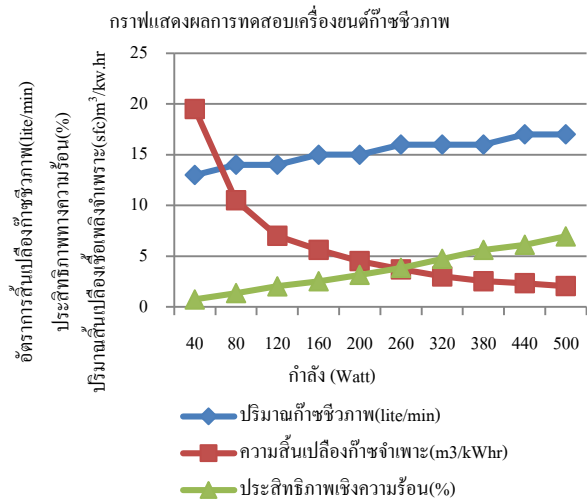


ภาพที่ 10 กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วม

อัตราส่วนระหว่างน้ำมันดีเซลกับก๊าซชีวภาพที่ปรับให้มากที่สุดเครื่องยนต์ไม่เกิดการน็อกที่ 30:70 และได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 18.49% ที่กำลังเครื่องยนต์ 3,000 Watt อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล 10 cc/min อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ 24 lit/min ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลจำเพาะ 0.20

lit/kW.hr และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพจำเพาะต่ำสุด 0.48 m³/kW.hr

2. ผลการทดสอบเครื่องยนต์เล็กดีเซลดัดแปลงเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กดีเซลเครื่องยนต์ห้อมิตซูบิชิ รุ่น DI-700ขนาด 353 cc. 7 HP เป็นเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ได้ผลการทดสอบดังกราฟภาพที่ 10



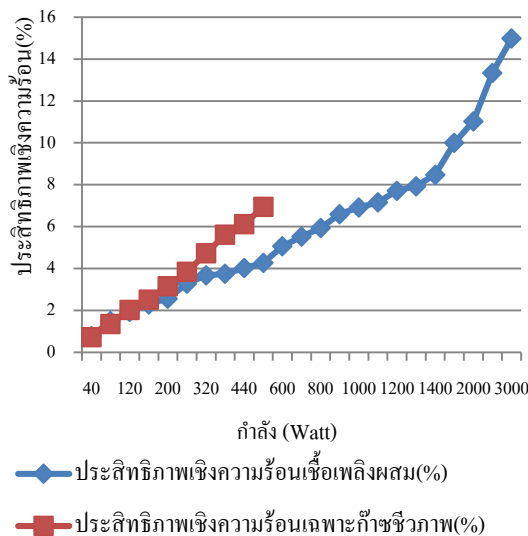
ภาพที่ 11 กราฟแสดงผลการทดสอบเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพ

ผลการทดสอบเครื่องยนต์ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 6.95% ที่กำลัง 500 Watt อัตราความสิ้นเปลืองก๊าซชีวภาพเชื้อเพลิง 17 lit/min และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ 2.04 m³/kW.hr น้อยกว่าการใช้เชื้อเพลิงร่วม

3. เมื่อนำผลการทดสอบเครื่องยนต์ทั้งสองแบบนำมาเปรียบเทียบดังกราฟรูปที่ 12 เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมกับเครื่องยนต์ที่ใช้เฉพาะก๊าซ

ชีวภาพ ได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงกันที่ภาระงานเท่ากัน โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนเครื่องยนต์ที่ใช้เฉพาะก๊าซชีวภาพสูงเพียงเล็กน้อย แต่เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมสามารถทำงานที่ภาระงานมากกว่า ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้เฉพาะก๊าซชีวภาพทำงานที่ภาระงานได้สูงสุดไม่เกิน 500 Watt

กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมกับใช้เฉพาะก๊าซชีวภาพ



ภาพที่ 12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมกับใช้เฉพาะก๊าซชีวภาพ

4. การคำนวณหาต้นทุนต่อการใช้พลังงานโดยกำหนดเงื่อนไขดังนี้

1) ก๊าซชีวภาพที่ได้มีอยู่แล้วไม่คิดราคาต้นทุน
2) เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ มีการทำงาน 1 ปี โดยทำงาน 12 ชั่วโมงต่อ 1 วัน คิดเป็น 4380 ชั่วโมงต่อปี

3) ราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 25.14 บาท ณ วันที่ 31 พฤษภาคม 2559

4) การบำรุงรักษาและซ่อมแซมเครื่องยนต์ของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงร่วมกับเครื่องยนต์ที่ใช้เฉพาะก๊าซชีวภาพ ถ่ายน้ำมันเครื่องทุก 1 เดือน หรือ 240 ชั่วโมงทำงาน ตรวจเช็คหัวฉีดเชื้อเพลิงและเปลี่ยนหัวเทียน ทุก 1000 ชั่วโมงทำงาน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายเท่ากัน

5) ราคาดัดแปลง เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงเฉพาะก๊าซชีวภาพ 7,550 บาท

เครื่องยนต์ดีเซลใช้เชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซชีวภาพมีต้นทุนต่อการใช้กำลัง 4.02 บาท/kW.hr

เครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพดัดแปลง ต้นทุนต่อการใช้กำลัง 3.44 บาท/kW.hr

อภิปรายผลการวิจัย

1. ก๊าซชีวภาพมีค่าความร้อนแปรผันตามปริมาณก๊าซมีเทนและอุณหภูมิของก๊าซชีวภาพ แต่จะผันผวนกับปริมาณไอน้ำที่ปนอยู่กับก๊าซชีวภาพ

2. เครื่องยนต์ดีเซลใช้เชื้อเพลิงร่วมมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนมากกว่าเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงใช้เฉพาะก๊าซชีวภาพเนื่องจากค่าความร้อนของน้ำมันมากกว่าก๊าซชีวภาพ

3. เครื่องยนต์ดีเซลใช้เชื้อเพลิงร่วมสตาร์ทติดง่ายกว่าเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงใช้เฉพาะก๊าซชีวภาพ และมีปัญหาการใช้งานน้อยกว่าเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงใช้เฉพาะก๊าซชีวภาพ เนื่องจากมีระบบการจ่ายเชื้อเพลิงที่ไม่ยุ่งยาก และหากก๊าซชีวภาพหมดยังสามารถใช้เฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงได้

สรุปผลการวิจัย

1. อัตราส่วนระหว่างน้ำมันดีเซลกับก๊าซชีวภาพที่ปรับให้มากที่สุดเครื่องยนต์ไม่เกิดการน็อกที่ 30:70 และได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 18.49% ที่กำลังเครื่องยนต์ 3,000 Watt อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล 10 cc/min อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ 24 lit/min ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลจำเพาะ 0.20 lit/kW.hr และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพจำเพาะต่ำสุด 0.48 m³/kW.hr

2. เครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงใช้เฉพาะก๊าซชีวภาพ ทดสอบได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 6.95% ที่กำลัง 500 Watt อัตราความสิ้นเปลืองก๊าซชีวภาพเชื้อเพลิง 17 lit/min และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ 2.04 m³/kW.hr

3. ต้นทุนต่อการใช้กำลังของเครื่องยนต์ดีเซลใช้เชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซชีวภาพ 4.02 บาท/kW.hr มากกว่าเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพดัดแปลงที่มีต้นทุนต่อการใช้กำลัง 3.44 บาท/kW.hr

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลดัดแปลงเมื่อใช้เชื้อเพลิงร่วมกับก๊าซชีวภาพ และเฉพาะก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงเป็นโครงการที่ได้รับทุนอุดหนุนวิจัย โครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน ประเภททุน HRM: Hands-on Researcher (Medium) 30,000 บาท/ทุน งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2558 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ประเทือง ฝันแก้ว. (2554). การหาสมรรถนะของ
เครื่องยนต์เล็กดีเซล โดยใช้เชื้อเพลิง ร่วมกับ
ก๊าซชีวภาพ. การประชุมวิชาการครุศาสตร์
อุตสาหกรรมระดับชาติครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ:
156-161.
มนตรี พิรุณเกษตร. (2544). เครื่องยนต์สันดาป
ภายใน. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2558). ก๊าซชีวภาพ.
สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2559, จาก
<http://th.wikipedia.org/wiki/ก๊าซชีวภาพ>.
อำพล ชื่อดวง. (2544). แดตารถยนต์ 2, (3).
กรุงเทพฯ:แผง 22 จตุจักร.
Klaus von Mitzlaf. (1988). Engine for Biogas.
Federal Republic of Germany:
Lengericher Handelsdruckerei.

การพัฒนาเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ

The Development of Low-Cost Solar Water Heater

ประเทือง ฝั้นแก้ว^{1*}, พงษ์กร อ้วนมาก², จีรวัดน์ ชัดทุ่งฝาย³ และวีรพล ชัดทุ่งฝาย⁴

Pratuang Funkeaw^{1*}, Pongkon Uanmak², Jeerawat Khatthungfai³ and Weerapol Khatthungfai⁴

^{1,2,3,4} สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

^{1,2,3,4} Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Lanna Lampang

* Corresponding author e-mail: K_Pratuang@yahoo.com

บทคัดย่อ

โครงการพัฒนาเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำมีจุดประสงค์ เพื่อพัฒนาเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำของโครงการสาขาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ปีการศึกษา 2555 ส่วนที่พัฒนาคือ ถังเก็บน้ำอุ่นปริมาตร 60 ลิตร เปลี่ยนขนาดความจุเป็น 100 ลิตร เปลี่ยนฉนวนกันความร้อนจากฉนวนโฟม เป็นฉนวนกันความร้อนพีอีหนา 5 มิลลิเมตร ซึ่งเคลือบด้วยแผ่นอลูมิเนียมบางและเพิ่มท่อน้ำจากถังเก็บน้ำร้อนให้น้ำไหลกลับไปยังแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ ส่วนประกอบอื่นคงเดิม คือ แผงท่อบังคับรังสีแสงอาทิตย์ที่ใช้ท่อเหล็กประปาเคลือบกัลวาไนซ์ ฉนวนกันความร้อนของถังเก็บน้ำอุ่นซึ่งใช้ซีเมนต์เคลือบ ถังครอบฉนวนซีเมนต์เคลือบใช้ถังเหล็กขนาดความจุ 200 ลิตร และมีพื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์ 1.4 ตารางเมตร ทำการทดสอบเครื่องทำน้ำอุ่นที่สร้างขึ้นใหม่ ตามหลักการของ ASHRAE 93-77 โดยการติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ให้หันหน้าไปทางทิศใต้ เอียงทำมุมกับแนวระดับ 18 องศา ทดสอบในช่วงเวลาเดือน มีนาคม – เมษายน 2559 ผลที่ได้คือตัวรับรังสีแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพ 47.6 เปอร์เซ็นต์ ค่าแฟกเตอร์การสูญเสียความร้อนจากผิวดูดรังสีสู่สิ่งแวดล้อม (F_{RUL}) 49.4 วัตต์ต่อตารางเมตร องศาเคลวิน และแฟกเตอร์การดึงความร้อนของตัวรับรังสี ($F_{R\Box}$) = 60.7 เปอร์เซ็นต์ สามารถให้พลังงานความร้อนทั้งปีเท่ากับ 616.85 กิโลวัตต์ชั่วโมง และเมื่อประเมินทางเศรษฐศาสตร์ระยะเวลาคืนทุนเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ เท่ากับ 3 ปี 9 เดือน

คำสำคัญ: เครื่องทำน้ำอุ่น, พลังงานแสงอาทิตย์, ทดสอบแผงรับรังสีอาทิตย์

Abstract

Development low-cost the solar water heaters projects, of model with the aim to develop low-cost solar water heaters model of the project Mechanical Technology Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang Year 2012. For the better part of the development. A 100 liters tank instead of a 60 liters tank. A 5 mm insulation coated aluminum instead of a foam insulation add a pipe water connected a thermal storage to flow back to the solar panel. Other components are the same, the solar panel pipe plumbing pipe coating galvanizing. Insulation of hot water tanks, the ashes of chaff. Ashes of chaff bushel insulated steel tank with 200 liters of space solar 1.4 square meters. Testing the solar water heater is rebuilt. According to the ideally of ASHRAE 93-77 installing solar panel zenith angle 18 degree angle to the horizontal test period March - April 2016, the result of collector efficiency 47.6 percent. The effective transmittance absorptance factor (F_{RUL}) 49.4 watts per meter kelvin, and the collector heat removal factor ($F_{R\Box}$) 60.7 percent to thermal energy all year 616.85 kWh. The economic evaluation of low-cost solar water heaters payback period to three years nine months.

Keywords: solar water heater, solar energy, testing solar collector

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ ที่ละติจูด 5 - 20 ละติจูด องศา เหนือ ซึ่งมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ในปี พ.ศ. 2542 โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากรได้ประเมินศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ได้เฉลี่ย 18.2 เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน(เสริม, 2557) แต่ประเทศไทยมีการใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์น้อยมากไม่ค่อยแพร่หลาย เนื่องจากมีราคาแพง ดังนั้นการศึกษาศักยภาพและการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับประเทศไทย จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อการพัฒนาและส่งเสริมระบบทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ และสามารถสร้างใช้เอง โดยการหาวัสดุและอุปกรณ์ที่จะนำมาทดแทนที่มีราคาเหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่เทียบเท่ากับท้องตลาดที่วางขายอยู่ ผู้วิจัยได้นำเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำของโครงการสาขาเทคโนโลยีเครื่องกล

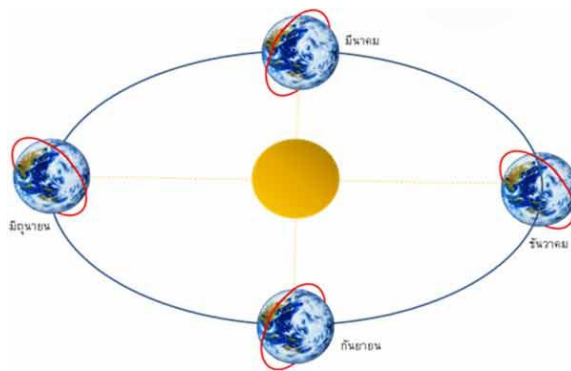
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ปีการศึกษา 2555 ที่มีอยู่แล้ว มาพัฒนาให้ดีขึ้น(วชิรพันธุ์, 2555)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ
2. เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพและประเมินผลเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ
3. เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำกับเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่วางขายตามท้องตลาด

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. รังสีอาทิตย์และตัวรับรังสีอาทิตย์ (The Solar and Solar collectors) ดวงอาทิตย์ (The Sun) คือ ดาวฤกษ์ที่อยู่ตรงศูนย์กลางของระบบสุริยะ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 ล้านกิโลเมตร หรือ 109 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางโลก

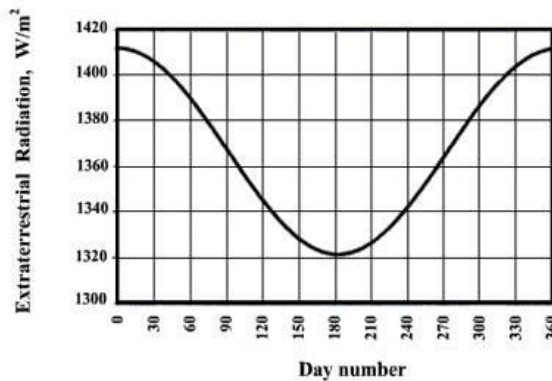


ภาพที่ 1 การโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลก(สมพงษ์, 2551)

อยู่ห่างจากโลก 149 ล้านกิโลเมตร ดวงอาทิตย์มีมวลมากกว่าโลก 333,000 เท่าแต่มีความหนาแน่นเพียง 0.25 เท่าของโลก

ค่าคงตัวรังสีอาทิตย์ (Solar constant, G_{sc}) คือค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ที่ระยะห่างเฉลี่ย

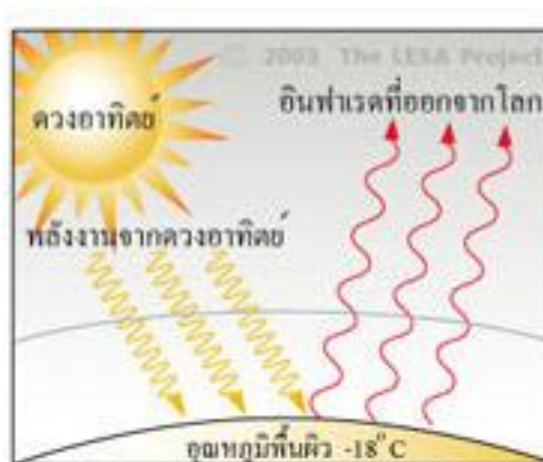
ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ซึ่งมีค่าประมาณ $1,367 \text{ W/m}^2$ (หรือ $1.960 \text{ Cal/m}^2 \text{ -min}$, $432 \text{ But/ft}^2 \text{ -hr}$, $4.921 \text{ MJ/m}^2 \text{ -hr}$)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งตารางเมตรเหนือบรรยากาศโลกในวันต่างๆตลอดปี (Duffie & Beckman, 1991)

การแผ่รังสีอาทิตย์ (Solar Radiation) การแผ่รังสี จากดวงอาทิตย์นอกชั้นบรรยากาศโลกจะมีค่า การแผ่รังสีเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,350-1,440 W/m² โดยมีค่าแปรผันไปตามช่วงความยาวคลื่นของรังสีซึ่ง

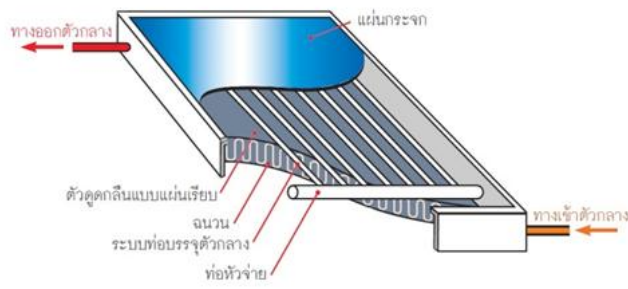
อยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบไปด้วย รังสีช่วงคลื่นยาว ได้แก่ รังสีอินฟราเรด จนถึงรังสีช่วง คลื่นสั้น ได้แก่ รังสีอัลตราไวโอเล็ต (LESA, 2556)



ภาพที่ 3 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มายังโลก

ตัวรับ รังสี อ า ทิ ต ย์ (Solar collectors) ตัวรับรังสีอาทิตย์เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ไปเป็น พลังงานความร้อนโดยถูกถ่ายเทให้กับของไหล ภายในตัวรับรังสี ตัวรับรังสีแบ่งออกเป็นสองประเภท ใหญ่ ๆ คือตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ (Flat-plate collectors) และ ตัวรับ รังสี แ บ บ ร ว ม แ ส ง (Concentrating collector) ตัวรับรังสีแบบรวมแสง

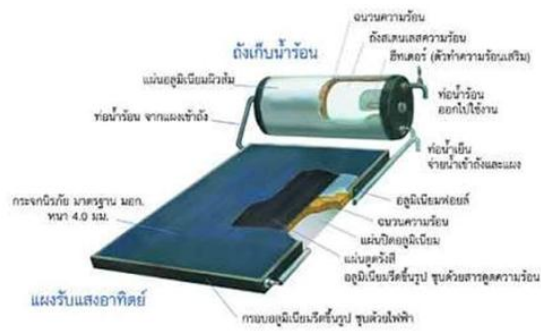
ทำหน้าที่เป็นตัวสะท้อนรังสี (Reflector) เมื่อค่าความเข้มรังสีอาทิตย์สูงพอ รวมแสงไปยังผิวดูดกลืนรังสี ตัวรับรังสีแบบรวมแสงต้องมีค่ารังสีแสงอาทิตย์สูง มีความสามารถดูดกลืนรังสีอาทิตย์ได้ดีมีการสูญเสีย ความร้อนน้อยและสามารถถ่ายเทความร้อนที่ ดูดกลืนให้แก่ของไหลใช้งานได้อย่างรวดเร็ว (นิธิ , 2544)



ภาพที่ 4 ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการ
ใช้รังสีอาทิตย์เพื่อผลิตเป็น ความร้อนโดยมี

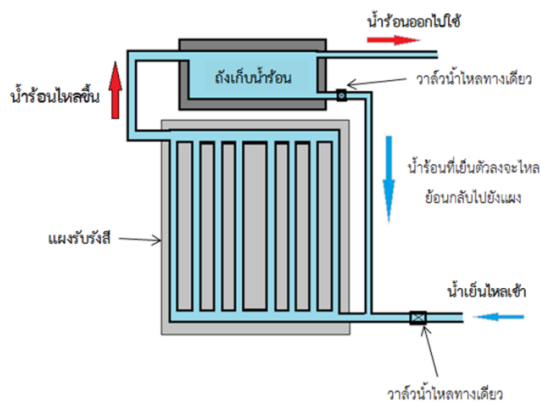
ส่วนประกอบสำคัญคือแผงรับรังสีอาทิตย์
(Collector) ถึงเก็บความร้อน (Storage tanks)



ภาพที่ 5 เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงาน
แสงอาทิตย์ เมื่อแผงรับรังสีอาทิตย์ได้รับความร้อน
จากดวงอาทิตย์ จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อน
ระหว่างแผงรับรังสีอาทิตย์กับน้ำที่ไหลเวียนอยู่ใน

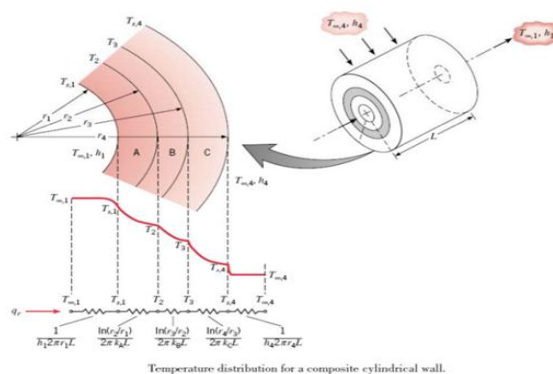
แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ ส่งผลให้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น
และความหนาแน่นของน้ำจะลดลงทำให้น้ำร้อน
ลอยตัวเคลื่อนที่ไปด้านบนของแผงรับรังสีอาทิตย์
และไหลไปกักเก็บไว้ในถังเก็บน้ำอุ่นเพื่อรอการใช้งาน



ภาพที่ 6 หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

2. การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังหลายชั้น (The composite wall) ผนังหลายชั้นที่ประกอบไปด้วยวัสดุต่างชนิดกันมักใช้ในงานวิศวกรรมที่ต้องการให้ความร้อนสูญเสียไปน้อยที่สุดถ้าใช้ฉนวนชนิดเดียวกันอาจต้านทานความร้อนไว้ไม่ได้ ดังนั้นผนังหลายชั้นที่มีวัสดุต่างชนิดกันสามารถต้านทานความร้อนได้ดีกว่า การหุ้มฉนวนหลายชั้นมีทั้งแบบอนุกรม

และขนาน ดังรูปที่ 7 ผนังหลายชั้นต่อแบบอนุกรม เพื่อให้ความสะดวกแก่การวิเคราะห์ได้แสดงเป็นวงจรรวมความร้อนไว้ แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนหนึ่งมิติของผนังหลายชั้นและเขียนเป็นวงจรไฟฟ้า อัตราการถ่ายเทความร้อนหนึ่งมิติของผนังหลายชั้นสามารถคำนวณหาความร้อนไหลผ่านได้ดังนี้ (จิรพัฒน์, 2556)



ภาพที่ 7 วงจรรวมความร้อนสำหรับผนังหลายชั้นต่อแบบอนุกรม

การสูญเสียความร้อนของถังเก็บน้ำอุ่น สู่บรรยากาศ ซึ่งหาได้จากสมการ(1)

$$Q_r = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\frac{1}{2\pi r_1 h_1} + \frac{\ln(\frac{r_2}{r_1})}{2\pi k_A L} + \frac{\ln(\frac{r_3}{r_2})}{2\pi k_B L} + \frac{\ln(\frac{r_4}{r_3})}{2\pi k_C L} + \frac{1}{2\pi r_4 h_4}} \quad (1)$$

- $T_{\infty,1}$ คือ อุณหภูมิของน้ำอุ่นในถังเก็บน้ำอุ่น, °C
- T_1 คือ อุณหภูมิของถังเก็บน้ำอุ่นด้านใน, °C
- T_2 คือ อุณหภูมิของถังเก็บน้ำอุ่นด้านนอก, °C
- T_2 คือ อุณหภูมิของถังเก็บน้ำอุ่นด้านนอก, °C
- T_3 คือ อุณหภูมิของถังเก็บน้ำอุ่นด้านใน, °C
- T_4 คือ อุณหภูมิผิวของถังเก็บน้ำอุ่นด้านนอก, °C
- $T_{\infty,4}$ คือ อุณหภูมิของอากาศภายนอก, °C
- h_1 คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของวัตถุที่ 1, $W/m^2 - K$

- h_4 คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของวัตถุที่ 2, $W/m^2 - K$
- k_A คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของวัตถุที่ 3, $W/m^2 - K$
- k_B คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของวัตถุที่ 4, $W/m^2 - K$
- k_C คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของวัตถุที่ 5, $W/m^2 - K$
- r_1 คือ ความหนาแน่นระหว่างจุดศูนย์กลางถึงขอบผนังชั้นที่ 1, m^2
- r_2 คือ ความหนาแน่นระหว่างจุดศูนย์กลางถึงขอบผนังชั้นที่ 2, m^2
- r_3 คือ ความหนาแน่นระหว่างจุดศูนย์กลางถึงขอบผนังชั้นที่ 3, m^2
- r_4 คือ ความหนาแน่นระหว่างจุดศูนย์กลางถึงขอบผนังชั้นที่ 4, m^2

A_{12} คือ พื้นที่หน้าตัดของถังเก็บน้ำอุ่นที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของพลังงานความร้อน

A_{23} คือ พื้นที่หน้าตัดของแลกเปลี่ยนที่ติดตั้งฉากกับทิศทางการไหลของพลังงานความร้อน (พื้นที่เฉลี่ยระหว่างพื้นที่ของถังเก็บน้ำอุ่นและถังเหล็ก)

A_{34} คือ พื้นที่หน้าตัดของถังเหล็กที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของพลังงานความร้อน

3. มาตรฐานการทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ASHRAE 93-77 ได้กำหนดมาตรฐานการทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ใช้ของเหลวและอากาศ โดยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นของเหลว และเป็นระบบปิดสำหรับการทำความร้อน

(Duffie, 1980)

ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ระบบเป็นการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการทดสอบตัวรับรังสีอาทิตย์มาพล็อตกราฟเป็นสมการเส้นตรงตามมาตรฐานของ ASHRAE 93-77 เพื่อหาสมรรถนะของตัวรับรังสีอาทิตย์

1) การหาค่าความร้อนชั่วขณะของตัวรับรังสีอาทิตย์จากสมการที่(2)

$$q_c = \dot{m} c_p (T_o - T_i) \quad (2)$$

เมื่อ q_c คือ พลังงานความร้อน, W

\dot{m} คือ อัตราการไหล, kg/s

c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะ, kJ/kg.K

T_o คือ อุณหภูมิน้ำทางออก, K

T_i คือ อุณหภูมิน้ำทางเข้า, K

2) หาสมรรถนะชั่วขณะของตัวรับรังสีอาทิตย์จากสมการที่(3)

$$\eta_h = \frac{q_c}{A_c I_T} \quad (3)$$

เมื่อ A_c คือ พื้นที่รับรังสีอาทิตย์ของตัวรับรังสี, m^2

I_T คือ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบของตัวรับรังสีอาทิตย์, W/m^2

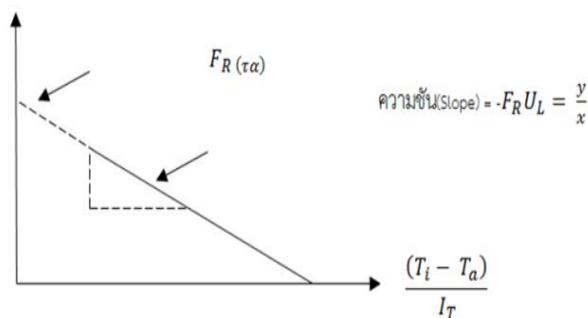
q_c คือ พลังงานความร้อน, W

โดยการนำพลังงานความร้อนชั่วขณะที่ได้หารความเข้มรังสีอาทิตย์รวมและพื้นที่รับรังสีของแผงรับรังสีอาทิตย์

3) ทำการวิเคราะห์โดยการพล็อตกราฟ η_h เป็นค่าแกน Y และ $(T_i - T_o)/I_T$ เป็นแกน X ของตัวรับรังสีอาทิตย์ โดยตัวรับรังสีอาทิตย์เป็นแบบแผ่นเรียบ ที่มีแผ่นปิดใสด้านบนและมีแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ มีรูปแบบสมการที่ (4)

$$\eta_h = \frac{q_c}{A_c I_T} = F_R(\tau\alpha) - \frac{F_R U_L (T_i - T_a)}{I_T} \quad (4)$$

4) นำค่าที่ได้จากกราฟสมรรถนะของตัวรับรังสีอาทิตย์ $F_R(\tau\alpha)$ ที่ตัดกับจุดแกน Y และค่าความชัน $F_R U_L$ ดังภาพที่ 8 การทดสอบหาค่า $F_R(\tau\alpha)$ และค่า $F_R U_L$ ของตัวเก็บรังสีอาทิตย์นั้น ทดสอบในช่วงของความเข้มรังสีอาทิตย์ค่อนข้างคงที่ ส่วนมากจะทดสอบที่เวลา 12.00 – 14.00 น. และเปลี่ยนค่าอุณหภูมิของน้ำเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์



ภาพที่ 8 เส้นแสดงสมรรถนะของแผงรับรังสีอาทิตย์

5) หากค่าสมรรถนะทางความร้อนของตัวถังเก็บรังสีอาทิตย์ที่ทำงานได้ภาวะที่ซึ่งสามารถเขียนได้ใหม่ดังสมการ (4) ซึ่งค่า $F_R(\tau\alpha)$ และ ค่า $F_R U_L$ ได้จากกราฟสมรรถนะแผงรับรังสีอาทิตย์

$$q_c = A_c F_R [I_T (\tau\alpha) - U_L (T_i - T_a)] \quad (5)$$

เมื่อ A_c คือ พื้นที่รับรังสีอาทิตย์ของตัวรับรังสีอาทิตย์, m^2

U_L คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนจากผิวดูดรังสีสู่สิ่งแวดล้อม, W/m^2K

T_a คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม, K

I_T คือ ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบของตัวรับรังสีอาทิตย์, W/m^2

$\tau\alpha$ คือ สัมประสิทธิ์การส่องผ่านและการดูดกลืนประสิทธิผล

F_R คือ แฟกเตอร์การดึงความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์ซึ่งเป็นอัตราส่วนความร้อนที่ได้จริงจากตัวรับรังสีอาทิตย์ต่อพลังงานความร้อนถ่ายเทที่ถูกต้อง โดยของไหลใช้งานบนตัวรับรังสีอาทิตย์ เมื่ออุณหภูมิของไหลที่เข้าตัวรับรังสีค่าอาทิตย์ ค่า F_R มีลักษณะคล้ายกับประสิทธิผลของตัวรับรังสีอาทิตย์เนื่องจากเป็นอัตราส่วนของพลังงานความร้อนจริงต่อค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดที่เป็นไปได้จากตัวรับรังสีอาทิตย์

4. การประเมินทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ประเมินผลหาความคุ้มค่าของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อหา

ระยะเวลาคืนทุนของราคาเครื่องทำน้ำอุ่นเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้า หาได้จากสมการที่ (6) (ทะนงเกียรติ, 2539)

$$SPB = \frac{\text{เงินลงทุนเบื้องต้น}}{\text{รายได้เฉลี่ยทั้งปี} - \text{รายจ่ายเฉลี่ยทั้งปี}} \quad (6)$$

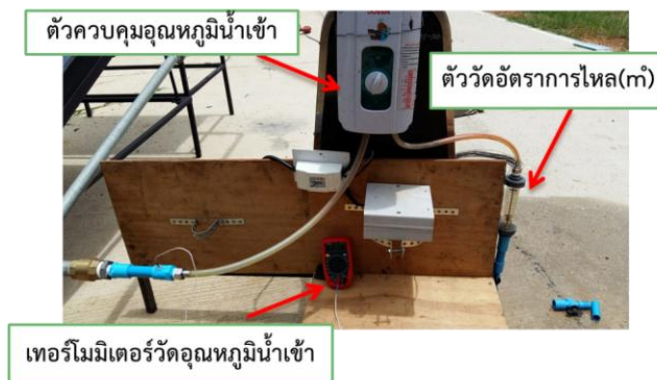
วิธีการวิจัย

1. การทดลองหาสมรรถนะแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ ของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ ทดลองในช่วงเดือนมีนาคม 2559 ประมาณเวลา 14.00 น. พื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์ $1 \times 1.4 \text{ m}^2$ ตามหลักการของ ASHRAE 93-77

วิธีการทดลองตามหลักการASHRAE 93-77

1) ทดสอบโดยติดตั้งเครื่องที่บริเวณที่โล่งกว้าง ไม่มีร่มเงาโดยแผงทำมุมเอียงที่ 18 องศาจากแนวระดับและปรับแผงรับรังสีอาทิตย์ไปทางทิศใต้

2) ป้อนน้ำเข้าระบบของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำจนเต็มระบบ จากนั้นปล่อยน้ำเข้าระบบและไหลออกที่อัตราการไหล 0.01 kg/s และควบคุมอุณหภูมิน้ำเข้าให้มีค่าคงที่โดยให้อุณหภูมิน้ำเข้าในแต่ละครั้งเพิ่มขึ้นทีละ $2^\circ C$



ภาพที่ 9 การติดตั้งเครื่องมือทดสอบ

2. การทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ เป็นการทดสอบเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำทั้ง

ชุด ทดสอบช่วงเดือนเมษายน 2559 เริ่มทดสอบตั้งแต่ 08.00 น. ถึง 18.00 น.



ภาพที่ 10 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ

ผลการทดสอบ

1. การทดลองสมรรถนะแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำทดลองในช่วงเดือนมีนาคม 2559 ทดสอบที่ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 640 W/m^2 อุณหภูมิบรรยากาศ 36°C หรือประมาณเวลา 14.00

น. พื้นที่รับรังสีแสงอาทิตย์ $1 \times 1.4 \text{ m}^2$ ตามหลักการของ ASHRAES 93 - 77 ติดตั้งแผงรับอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศใต้เอียงทำมุมกับแนวระดับ 18 องศา มีอัตราการไหลของน้ำที่ใช้ทดสอบ 0.01 kg/s (C_p ของน้ำ 4.184 kJ/kg.K)

ตารางที่ 1 ผลการทดลองแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ

ครั้งที่ทดลอง	q_c (W)	I_T (W/m^2)	m (kg)	\dot{m} (kg/s)	T_i ($^\circ\text{C}$)	T_o ($^\circ\text{C}$)	T_a ($^\circ\text{C}$)
1	460.24	638	100	0.01	40	51	37
2	334.72	636	100	0.01	42	50	36
3	543.92	643	100	0.01	44	57	38
4	376.59	641	100	0.01	46	55	37
5	418.40	642	100	0.01	48	58	37

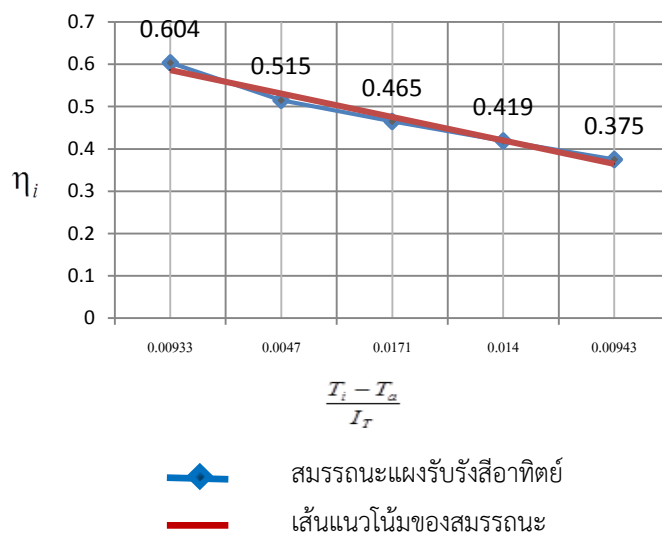
2. ผลจากการทดสอบสมรรถนะของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบท่อความร้อนมีพื้นที่รับรังสีอาทิตย์

$1 \times 1.4 \text{ m}^2$ แผงรับรังสีแสงอาทิตย์หันไปทางทิศใต้และทำมุม 18 องศา กับแนวระดับ มีข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการทดลองแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ

ครั้งที่ทดลอง	η_i %	T_a ($^{\circ}\text{C}$)	$\frac{T_i - T_a}{I_T} \left(\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W/m}^2} \right)$
1	60.4	38	0.009331
2	51.5	37	0.004702
3	46.5	37	0.017134
4	41.9	37	0.014041
5	37.5	36	0.009434

3. นำสมรรถนะประสิทธิภาพของแผงรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบมาเขียนกราฟสมรรถนะร่วมกับจะได้กราฟสมรรถนะดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 กราฟสมรรถนะแผงรับรังสีอาทิตย์

จากภาพที่ 11 หาความชัน

$$-F_R U_L = \frac{0.604 - 0.375}{0.00933 - 0.0047} = -49.4$$

การหาค่า

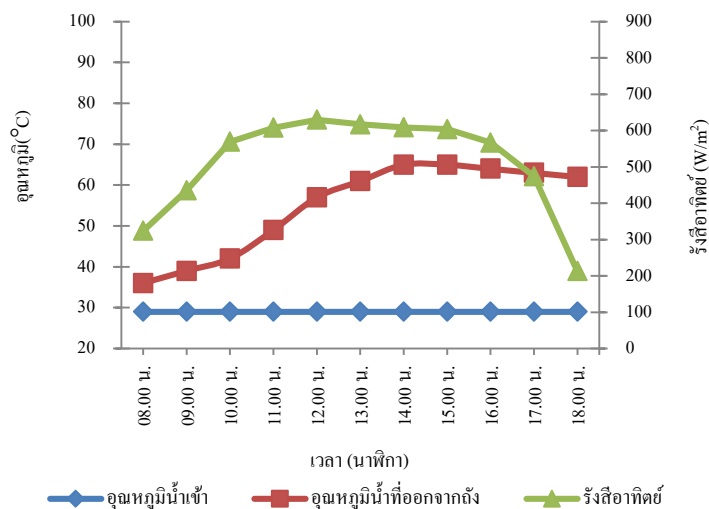
$$F_R(\tau\alpha) \Rightarrow \text{ที่ } x(0); \frac{y - 0.375}{0 - 0.0047} = -49.44$$

$$x(0); y = 0.607 \text{ (60.7\%)}$$

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำที่จุดทดสอบช่วงเดือนเมษายน 2559 เริ่มทดสอบตั้งแต่ 08.00 น. ถึง 18.00 น. ได้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่แสดงในกราฟภาพที่ 12

ตารางที่ 3 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำทั้งหมด

วันที่ทดลอง	เวลาที่ทำการทดลอง	อุณหภูมิน้ำเข้า (T _i , °C)	อุณหภูมิน้ำที่ออกจากถัง (T _o , °C)	รังสีอาทิตย์ (I _T , W/m ²)
4 มิ.ย.59	08.00 น.	29	36	324
	09.00 น.	29	39	435
	10.00 น.	29	42	569
	11.00 น.	29	49	608
	12.00 น.	29	57	630
	13.00 น.	29	61	617
	14.00 น.	29	65	609
	15.00 น.	29	65	604
	16.00 น.	29	64	567
	17.00 น.	29	63	474
	18.00 น.	29	62	213
วัดอุณหภูมิน้ำตอนเช้า			48 °C	



ภาพที่ 12 กราฟสมรรถนะของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ

จากภาพที่ 12 อุณหภูมิของน้ำในถังน้ำอุ่นเพิ่มขึ้นตามค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิของน้ำในถังน้ำอุ่นสูงสุด 65°C ที่เวลา 14.00 น. จากนั้นเมื่อรังสีอาทิตย์เริ่มลดตามเวลาแต่อุณหภูมิของน้ำในถังน้ำอุ่นยังรักษาอุณหภูมิคงที่และค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากความร้อนถูกถ่ายเทของสู่บรรยากาศ

แต่ยังมีอุณหภูมิสูงพอที่จะใช้อุปโภคตอนเช้าของอีกวัน

4. การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำสามารถให้พลังงานความร้อนทั้งปี 616.85 กิโลวัตต์ชั่วโมง คิดเป็นเงิน 1,868.80 บาทต่อปีราคาเครื่องทำน้ำอุ่น

พลังงานแสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำที่สร้างขึ้น 10,300 บาทโดยเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานไฟฟ้าในท้องตลาด ราคาเฉลี่ย 3,285 บาทนำค่ามาคำนวณหาระยะเวลา คืนทุนได้เท่ากับ 3 ปี 9 เดือน

อภิปรายผลการวิจัย

1. เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ต้นทุนต่ำสามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นได้ โดยอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนความร้อนของน้ำ ตาม หลักการทฤษฎีของเทอร์โมไดนามิกส์

2. เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ต้นทุนต่ำที่มีสมรรถนะของแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ใช้ท่อ เหล็กประปาต่ำกว่าการใช้ท่อทองแดงหรือหลอดแก้ว สูญญากาศ

3. ถังเก็บน้ำอุ่นที่ใช้แลกเปลี่ยนเป็นฉนวนเก็บ ความร้อนมีการถ่ายเทความร้อนมากกว่าการใช้ ฉนวนใยแก้ว จึงทำให้สูญเสียการเก็บความร้อนของ น้ำในถังมากกว่า

4. เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ต้นทุนต่ำที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพดีขึ้นจากของเดิมที่ ปรับปรุงแต่ยังต่ำกว่าที่มีขายทั่วไป

สรุปผลการวิจัย

1. ได้เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ต้นทุนต่ำที่มีถังเก็บน้ำอุ่นขนาด 100 ลิตรซึ่งเพียงพอ ต่อการอุปโภคหนึ่งครอบครัวจำนวน 4 คน

2. การทดสอบเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงาน แสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำตามหลักการของ ASHRAE 93 – 77 ผลที่ได้ตัวรับรังสีอาทิตย์มีสมรรถนะ 47.6 เปอร์เซ็นต์ ค่าแฟกเตอร์การสูญเสียความร้อนจากผิว ดูดรังสีสุลิ่งแวดล้อม (F_{RUL}) 49.4 วัตต์ต่อตารางเมตร องศาเซลเซียส และแฟกเตอร์การดึงความร้อนของ ตัวรับรังสีอาทิตย์ ($F_{RT\alpha}$) 60.7 เปอร์เซ็นต์

3. เครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์แบบ ต้นทุนต่ำสามารถให้พลังงานความร้อนทั้งปี 616.85

กิโลวัตต์ชั่วโมงและเมื่อประเมินทางเศรษฐศาสตร์ ระยะเวลาคืนทุนเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ แบบต้นทุนต่ำเท่ากับ 3 ปี 9 เดือน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการพัฒนาเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงาน แสงอาทิตย์แบบต้นทุนต่ำ เป็นโครงการที่ได้รับการ อุดหนุนวิจัยโครงการยกระดับปริญญาโท เป็น งานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการ วิชาการสู่ชุมชน ประเภททุน HRS : Hands-on Researcher (Small) 15,000 บาท/ทุน งบประมาณ แผ่นดิน ประจำปี 2558 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลธัญบุรี จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

ทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2539). การออกแบบ

ระบบพลังงานความร้อน. (3). กรุงเทพฯ:

งานเอกสารและการพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าธนบุรี

ธีรพัฒน์ ชมพูคำ. (2556). วงจรความร้อนสำหรับ

ผนังหลายชั้น. สืบค้นจาก [http://www.](http://www.engineer.msu.ac.th/personal/engmsu_tee)

engineer.msu.ac.th/personal/engmsu_tee

rapat/teerapat/download/CH2_CONDUCT

ION.pdf.

นิธิ สุวรรณเบญจกุล และคณะ. (2544). พลังงาน

ความร้อนและพลังงานไฟฟ้าจากพลังงาน

แสงอาทิตย์. เล่มที่ 2 กรุงเทพฯ: สำนักงาน

พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

วชิรพันธ์ บรรลือ และคณะ. (2555). การออกแบบ

และสร้างเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์

แบบต้นทุนต่ำ. ปริญญาโทอุตสาหกรรม

ศาสตรบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ลำปาง.

สมพงษ์ เลี้ยงโรคาพาร. (2551). **ยานสำรวจสำหรับการรับรู้จากระยะไกล**. เอกสารประกอบการสอนวิชา GIS Remote Sensing. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. สืบค้นจาก http://rs1boss56170147.blogspot.com/2014/12/blog-post_86.html.

เสริม จันทร์ฉาย. (2557). **รังสีอาทิตย์**. ตำราประกอบการสอนภาควิชาฟิสิกส์: หน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Duffie & Beckman. (1980). **Solar Engineering of Thermal Processes**. New York: John Wiley & Sons.

LESA. (2556). **ภาวะเรือนกระจก**. สืบค้นจาก http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/lele212/5/greenhouse/greenhouse/greenhouse.html.

การศึกษาเบื้องต้นการเกิดขยะเศษผักจากตลาดสด

A Preliminary Study of Vegetable Waste Generation from Fresh Market

ลดาวัลย์ วัฒนชะจิระ^{1*}, ภาคภูมิ รักษ์ร่วม², ครรชิต เงินคำคง³,

วีรยา ไชยวงศ์⁴ และ หฤทัย ชุ่มใจ⁵

Ladawan Wattanachira^{1*}, Pharkphum Rakruam², Kunchit Nguenkamkong³,

Weeraya Chaiwong⁴ and Haruetai Chumjai⁵

^{1,3,4,5} สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

² ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

* Corresponding author e-mail: lwattanachira@gmail.com

บทคัดย่อ

ขยะชุมชนโดยเฉพาะขยะจากตลาดสดเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ โดยการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจ ปริมาณขยะเศษผักและแสดงไดอะแกรมการเกิดขยะเศษผักของตลาดสดสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ ทำการศึกษาโดยใช้แบบสอบถามสำรวจกลุ่มตัวอย่างตัวแทนผู้บริหารจัดการตลาดและร้านค้าผัก นอกจากนี้ได้เก็บข้อมูลปริมาณผักและการเกิดขยะเศษผัก โดยเก็บข้อมูลต่อเนื่องตลอด 1 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าตลาดสดมีการบริหารจัดการขยะที่ดี ในส่วนปริมาณขยะเศษผักที่เกิดขึ้นจะแปรตามปริมาณผักที่นำเข้าเพื่อจำหน่ายซึ่งจะเกิดขยะมากในวันศุกร์ เสาร์ อาทิตย์ และวันกลางสัปดาห์คือ วันพุธและพฤหัสบดี ปริมาณการเกิดขยะเศษผักเฉลี่ย 48.82 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งเมื่อคิดอัตราเกิดขยะเศษผักของร้านค้าขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก และแผงผัก คิดเป็น 5.47, 1.91 และ 0.76 กิโลกรัมต่อร้านค้าต่อวัน ตามลำดับ

คำสำคัญ: การเกิดขยะ เศษผัก ตลาดสดสุเทพ (ตันพะยอม) จังหวัดเชียงใหม่

Abstract

Municipal solid waste, especially waste from fresh market is the major environmental problem. This study was aimed to investigate vegetable waste and show the diagram of vegetable waste generation of Suthep fresh market, Chiang Mai. The basic information about waste management of the market was obtained from questionnaire of two sample groups i.e. management persons and vegetable shop. In addition, the amount of vegetable input and vegetable waste from vegetable shop during 7 days was investigated. From the obtained results, it was found that the market has good waste management systems. The amount of vegetable waste was depended on the input of vegetable product in each day which higher in weekend (Friday, Saturday and Sunday) and the middle of week (Wednesday or Thursday). The vegetable waste generation was 48.82 kg/d. The rate of vegetable waste generation from big shop, small shop and stall were 5.47, 1.91 and 0.76 kg /shop/day, respectively.

Keywords: Generation Waste, Vegetable Waste, Suthep Fresh Market (Tonpayom) Chiangmai.

บทนำ

ปัญหาขยะเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นทั่วโลก โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้รายงานสถานการณ์ขยะไว้ว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2553 และ 2544 มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้นเฉลี่ย 42,532 และ 42,881 ตัน ตามลำดับ โดยประเทศไทยมีระบบการจัดการขยะในทุกองค์กรปกครองและทุกระดับ โดยเฉพาะในด้านการนำขยะกลับมาใช้ใหม่เพิ่มมากขึ้นในทุกๆปี ซึ่งใช้วิธีการต่างๆกัน คือ การรีไซเคิล และการนำขยะย่อยสลายได้ไปทำปุ๋ยหมัก (กรมควบคุมมลพิษ, 2556) ทั้งนี้ โดยหลักการจัดการด้านขยะมูลฝอยจำเป็นต้องสำรวจสภาพทั่วไปของการเกิดขยะในพื้นที่ มีรายละเอียดของการเกิดขยะมูลฝอยของพื้นที่ศึกษา จึงสามารถวางแผนการเก็บขยะเพื่อการคัดแยกที่นำไปหาปริมาณขยะได้ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับดำเนินการจัดการขยะมูลฝอยต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Tchobanoglous G, Thiesen H, Vigil S. , 1993) โดย Maso and Blasi , 2007 ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์การไหลเวียนของวัสดุที่เกิดจากตลาดสดว่า เป็นการวินิจฉัยที่สำคัญเกี่ยวกับปัญหาขยะ โดยข้อมูลสำคัญของตลาดควรได้มาจากการสอบถามทั้งผู้บริหารจัดการตลาด ผู้ประกอบการร้านค้า เพื่อให้สามารถบอกปริมาณและลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นได้ โดยควรเป็นข้อมูลขยะที่รวบรวมเก็บอย่างต่อเนื่องตลอดหนึ่งสัปดาห์ และทำการคัดแยกเพื่อบอกถึงอัตราส่วนของขยะที่คัดแยกต่างๆ กันเช่น ขยะอินทรีย์ ขยะพลาสติก โลหะ กระดาษ แก้ว และเศษผ้า เป็นต้น (Maso MA, Blasi AB., 2008) พันชัย เม่นฉาย และคณะ 2557 ได้ศึกษาพฤติกรรมของประชาชนในการทิ้งขยะ ที่ตลาดสดในจังหวัดสมุทรสาคร 3 แห่ง คือ ตลาดสดลีลา ตลาดมหาชัยเมืองใหม่ และตลาดทะเลไทย เพื่อการวิเคราะห์และการจัดการปัญหาขยะใน

ตลาดสดอย่างยั่งยืนโดยการมีส่วนร่วมของประชาชน : กรณีศึกษาจังหวัดสมุทรสาคร โดยเก็บข้อมูลพฤติกรรมของประชาชนในการทิ้งขยะรวบรวมได้จากแบบสอบถาม โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ใช้บริการตลาดสด จำนวน 400 ตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มผู้ซื้อ และผู้ชาย มีความรู้ระดับสูง ด้านกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีระดับความรู้ในระดับปานกลาง โดยระดับการศึกษา อาชีพ ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ มีผลต่อการรับรู้ข่าวสารด้านการจัดการขยะในระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งผลการศึกษาได้พบว่า การรับรู้ข่าวสารมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และการทิ้งขยะมูลฝอยมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการขยะมูลฝอยสูงสุด รองลงมาเป็นด้านการลดปริมาณขยะมูลฝอย และ ด้านการคัดแยกขยะมูลฝอย ตามลำดับ (พันชัย เม่นฉาย ปารินดา สุขสบาย และ สิริวัลภ์ เรื่องช่วยตู้ประกาย, 2557) วรณธณี กองจันทร์ 2555 ศึกษาการจัดการขยะของผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิ และตลาดสดนครไทย เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้แบบสอบถามสำหรับผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิ 109 ตัวอย่าง และตลาดสดนครไทย จำนวน 69 ตัวอย่าง ตั้งแต่พฤศจิกายน พ.ศ.2555-มกราคม พ.ศ.2556 ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้ค้าตลาดสดบางกะปิได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะภายในตลาดสดอยู่ในระดับสูง ส่วนตลาดสดนครไทยผู้ค้าส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะภายในตลาดสดอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งผลการทดสอบสมมติฐานระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ค้าในตลาดสดบางกะปิ และตลาดสดนครไทย โดยสรุปพบว่า ผู้ค้าในตลาดสดทั้งสองแห่งซึ่งมีรูปแบบการบริหารจัดการที่ต่างกัน มีความรู้ในการจัดการขยะและทัศนคติต่อการจัดการขยะแตกต่างกัน แต่มีการจัดการขยะไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (วรณธณี กอง

จันทร์ดี, 2555) บุญสม วิจัยจันทร์ 2550 ได้ศึกษาการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะในตลาดสดเทศบาลนครขอนแก่น โดยวิธีการลดขยะด้วยการนำขยะไปใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยใช้แบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง 300 คน ซึ่งผลที่ได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษา พบว่าลักษณะส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นหญิง อายุ 50 ปีขึ้นไป จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา ประกอบอาชีพค้าขาย โดยรวมผู้ประกอบการและประชาชนในตลาดบางลำพู และตลาดสดเทศบาล 1 ให้ความสำคัญกับการลดปริมาณขยะในระดับปานกลาง กล่าวคือ ผู้ประกอบการและประชาชนได้ให้ความสำคัญมากกับการทิ้งขยะลงถัง หรือถังขยะที่แยกประเภทแล้ว โดยเข้าใจว่าวิธีนี้เป็นการลดปริมาณขยะที่ดีที่สุด และไม่ได้คำนึงถึงปริมาณของขยะที่ทิ้งลงไป ขยะที่ย่อยสลายยาก เช่น พลาสติก โฟม เป็นต้น สำหรับในส่วนของ การนำขยะไปใช้ให้เกิดประโยชน์นั้น พบว่าผู้ประกอบการและประชาชนไม่ได้ให้ความสำคัญและไม่มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้เท่าที่ควร ไม่ว่าจะเป็นการนำขยะไปทำปุ๋ยชีวภาพ และขยะมีพิษเช่น หลอดไฟฟ้า ถ่านไฟฉาย เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยได้เสนอว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความรู้ และสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการทำปุ๋ยชีวภาพและขยะมีพิษให้กับประชาชนเพิ่มมากยิ่งขึ้น (บุญสม วิจัยจันทร์, 2550)

คณะวิจัยสนใจศึกษาเบื้องต้นที่มุ่งเน้นเฉพาะขยะเศษผัก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจสภาพทั่วไปของตลาดสดสุเทพ หรือ ตลาดต้นพะยอม อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ด้วยการใช้แบบสอบถามผู้จัดการตลาดและเจ้าหน้าที่ดูแลตลาด รวมทั้งเจ้าของร้านค้าผัก และเก็บข้อมูลปริมาณขยะเศษผักที่เกิดขึ้นจริงต่อเนื่องนานหนึ่งสัปดาห์ ข้อมูลที่รวบรวมได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เขียนแสดงไต่อะแกรมการเกิดขยะเศษผัก และหาอัตราการเกิด

ขยะเศษผัก จากตลาดสดสุเทพ โดยผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลสำคัญเบื้องต้นการเกิดขยะเศษผักเพื่อใช้ศึกษาและแก้ปัญหาขยะเศษผักของตลาดสดสุเทพที่มีประสิทธิภาพได้ต่อไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2556) ซึ่งแนวคิดของขยะย่อยสลายได้ที่มีปริมาณมากและเหลือทิ้งจากตลาด หากสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยการทำเป็นปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดี จะกลับไปส่งเสริมเรื่องการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งส่งผลดีทั้งในด้านการมีคุณภาพชีวิตที่ดี และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วย นอกจากนี้ตลาดที่มีการจัดการและดูแลขยะได้ดีจะทำให้เป็นตลาดที่สะอาดและน่าซื้อ ตลาดสดยังเป็นการแสดงถึงวิถีชีวิตของคนในชุมชนได้อย่างดี และสอดคล้องกับการเข้าสู่อาเซียนได้โดยตลาดสดอาจเป็นส่วนหนึ่งของการท่องเที่ยวได้

วิธีการศึกษา

การศึกษาเบื้องต้นการเกิดขยะเศษผักจากตลาดสด วิทยาลัยอาชีวศึกษาสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีรายละเอียด ดังนี้

1. พื้นที่ศึกษา ประชากร และระยะเวลาที่ใช้ศึกษาพื้นที่ศึกษา คือ ตลาดสดสุเทพ ตั้งอยู่ที่ 363 ถ.สุเทพ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200 มีขนาดพื้นที่โดยประมาณ 2,968.72 ตารางเมตร

ประชากรสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถาม ดังนี้ ผู้จัดการตลาด และเจ้าหน้าที่ดูแลตลาด อย่างละ 1 ชุด ส่วนร้านค้าผักในตลาดมีทั้งหมด 10 ร้านค้า ซึ่งเจ้าของร้านค้าผักที่สามารถให้ข้อมูลได้จำนวน 6 ร้านค้า โดยเป็นร้านขนาดใหญ่ ขนาดเล็ก และขนาดเล็กมากหรือแผงผัก อย่างละ 2 ร้านค้า ซึ่งอีก 4 ร้านค้าที่เหลือ เป็นร้านขนาดเล็กมากที่การเปิดปิดร้านไม่แน่นอนคือไม่เปิดเป็นประจำทุกวัน ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ในช่วงเวลาการศึกษา

ระยะเวลาที่ทำการศึกษา ตั้งแต่ กรกฎาคม 2558 ถึง มีนาคม 2559

2. การเก็บข้อมูลโดยแบบสอบถาม

แบบสอบถามที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล มี 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 ใช้สอบถามผู้จัดการและเจ้าหน้าที่ดูแลตลาด ซึ่งเก็บข้อมูลสภาพทั่วไป และการจัดการขยะภายในของตลาดสด ชุดที่ 2 ใช้สอบถามจากร้านค้าผัก เพื่อเก็บข้อมูลสภาพทั่วไปของตลาดสด ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขยะและการจัดการขยะ

3. การเก็บข้อมูลปริมาณสินค้าผัก และขยะเศษผักที่เกิดจากร้านค้าผัก

ทำการเก็บข้อมูลปริมาณสินค้าผักและขยะเศษผักที่เกิดขึ้นจริงต่อเนื่อง 1 สัปดาห์ โดยเก็บครบวันในรอบสัปดาห์ และครอบคลุมวันทำการและวันหยุดสุดสัปดาห์ ระยะเวลา 5-7 วัน (ลดาวัลย์ วัฒนะจิระ พัทธราพรธรณ พุทธเจริญ และ อรรถพล ปุระณะพรรค, 2550). ทำโดยสอบถามปริมาณสินค้าผักแต่ละวัน และเก็บข้อมูลปริมาณขยะเศษผักจริงที่เกิดขึ้นแต่ละวัน โดยนำถุงเก็บขยะไปให้ร้านค้าผักแต่ละร้าน แล้วไปเก็บรวบรวมเพื่อชั่งน้ำหนักขยะเศษผักที่เกิดขึ้นทุกวัน ตลอดทั้ง 7 วัน [2,3,7] โดยช่วงเวลาที่การรวบรวมข้อมูลดังกล่าวทำในระหว่าง วันพฤหัสบดี 29 ตุลาคม ถึงวันพุธที่ 4 พฤศจิกายน 2558

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ข้อมูลจากแบบสอบถาม

1) ผู้บริหารจัดการตลาดสด

จากการสอบถามในส่วนผู้บริหารจัดการตลาดพบว่า ตลาดสดสุเทพ ก่อตั้งตลาดมานานถึง 56 ปี โดยเปิดทำการทุกวันตั้งแต่เวลา 05.00 – 20.00 น. ทุกวัน

การรักษาความสะอาดของตลาดสดสุเทพ มีระเบียบที่ร้านค้าต้องดูแลรับผิดชอบ คือ หลังจากปิดร้านในแต่ละวัน ต้องทำความสะอาดรอบๆ บริเวณร้านค้าของตนเอง และนำขยะของตนเองไปทิ้งที่ถัง

ขยะส่วนกลาง โดยในการบริหารจัดการตลาดของตลาดสดสุเทพนี้ จะจัดให้มีการทำความสะอาดพื้นที่ตลาดสดหลังปิดตลาด โดยใช้รถบรรทุกและฉีดน้ำของทางเทศบาล ซึ่งจะมาให้บริการและทำความสะอาดใหญ่ทุกๆ เดือน เดือนละ 1 ครั้ง เป็นประจำ

การดำเนินการจัดเก็บขยะของตลาดสดทั้งหมดได้ว่าจ้างบริษัทเอกชนเป็นผู้รับผิดชอบดำเนินการ ซึ่งเป็นการเก็บขยะด้วยระบบถังเคลื่อนที่ (Haul Container System (Tchobanoglous G, Thiesen H, Vigil S., 1993) โดยบริษัทจะนำถังขยะปริมาตร 6 ลูกบาศก์เมตร มาเปลี่ยนให้ใหม่ ณ จุดที่ตั้งถังขยะส่วนกลางของตลาดสดซึ่งอยู่หลังตลาดสด โดยทำการเก็บถังขยะที่ทิ้งขยะแล้วทุกวันเพื่อไปทิ้งที่จุดทิ้งขยะ ช่วงเวลาที่มาเก็บขนขยะคือประมาณ 02.00 – 03.00 น. ของทุกวัน ค่าใช้จ่ายของการว่าจ้างจัดเก็บขยะ 10,000 บาทต่อเดือน โดยเจ้าของตลาดสดเป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมดผู้เดียว ร้านค้าไม่ต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายส่วนนี้ ซึ่งการให้บริการรวบรวมเก็บขยะเรียบร้อยดีมาโดยตลอด และเป็นที่พึงพอใจของทั้งฝ่ายผู้บริหารจัดการตลาดสด และเจ้าของร้านค้าในตลาดสดสุเทพ

จากการวิเคราะห์แบบสอบถาม สามารถกล่าวได้ว่า ตลาดสดสุเทพ จัดเข้ากลุ่มเป็นตลาดประเภทที่ 1 ทั้งนี้เป็นไปตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2542) ออกตามความในพระราชบัญญัติการสาธารณสุข กล่าวคือเป็นตลาดที่มีโครงสร้างอาคารและดำเนินกิจการเป็นประจำ ซึ่งมีองค์ประกอบครบถ้วนคือ พื้นที่ส่วนขายของที่ถูกสุขลักษณะ พื้นที่ส่วนขนถ่ายสินค้าซึ่งมีพื้นที่เพียงพอ สะดวกและรักษาความสะอาดเรียบร้อยดี ห้องส้วมมีเพียงพอเหมาะสมและถูกสุขอนามัย มีอ่างล้างมือให้บริการพื้นที่รวบรวมขยะมูลฝอย ที่ถูกหลักสุขาภิบาลโดยตั้งอยู่นอกอาคารตลาด มีพื้นที่เข้าออกสะดวกสำหรับรถบริการมาเก็บขยะ และขนาดของถังขยะที่ใช้รองรับขยะแต่ละวันเหมาะสมสอดคล้องกับวิธีการให้บริการเก็บรวบรวมขยะ และพื้นที่จอดรถที่

เหมาะสมตามเจ้าพนักงานท้องถิ่นกำหนด โดยมีเพียงพอและไม่ก่อให้เกิดปัญหาจราจร [2,8]

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเกณฑ์การยกระดับตลาดสดเพื่อเป็นตลาดสดน่าซื้อแล้วพบว่า ตลาดสดสุเทพ มีแนวโน้มยกระดับเป็นตลาดสดน่าซื้อในระดับดีได้ เนื่องจากตลาดสดมีการล้างตลาดที่ถูกหลักสุขาภิบาล โดยมีการทำความสะอาดทั้งตัวอาคาร แผงร้านค้า พื้น เพดาน รางระบายน้ำ ไม่มีสิ่งปฏิกูล และขยะตกค้าง มีการฆ่าเชื้อโรคและกำจัดพาหะนำโรคได้ดี (วรรณธณี กองจันทร์ดี, 2555) ซึ่งสอดคล้องกับแผนและนโยบายของผู้บริหารจัดการตลาดสดสุเทพ ที่ให้ข้อมูลว่าในอนาคตอันใกล้จะปรับปรุงพื้นที่ตลาดให้ยกระดับขึ้นเป็นตลาดสดน่าซื้อ โดยกำลังอยู่ในระหว่างพิจารณาก่อนการดำเนินการ เพื่อไม่ให้เกิดการปรับปรุงตลาดสดเกิดผลกระทบต่อด้านการค้าขายของร้านค้าต่างๆ และอาจเกิดความไม่สะดวกในการมาจับจ่ายของผู้บริโภค ซึ่งจะส่งผลเสียต่อกิจการของตลาดสด

2) ข้อมูลจากแบบสอบถามเจ้าของร้านค้าผัก

ข้อมูลที่ได้รวบรวมจากแบบสอบถามใน ส่วนข้อมูลทั่วไป พบว่า ร้านค้าผักที่สามารถให้ข้อมูลได้จำนวน 6 ร้านค้า ซึ่งแบ่งขนาดร้านค้าผักตามปริมาณสินค้าผักที่นำเข้ามาจำหน่ายให้ผู้บริโภค ดังนี้

ร้านค้าผักขนาดใหญ่ คือร้านที่รับสินค้าผักเข้ามาจำหน่าย วันละ มากกว่า 150 กิโลกรัม มีจำนวน 2 ร้านค้า

ร้านค้าผักขนาดกลาง คือร้านที่รับสินค้าผักเข้ามาจำหน่าย วันละ มากกว่า 100- 150 กิโลกรัม ซึ่งไม่มีร้านค้าผักขนาดกลางในตลาดที่ศึกษานี้

ร้านค้าผักขนาดเล็ก คือ ร้านที่รับสินค้าผักเข้ามาจำหน่าย วันละ มากกว่า 50-100 กิโลกรัม มีจำนวน 2 ร้านค้า

ส่วนอีก 2 ร้านค้าที่เหลือ จัดเป็นร้านค้าผักขนาดเล็กมากหรือ แผงผัก โดยรับสินค้าผัก วันละ ไม่เกิน 50 กิโลกรัม

ผลการรวบรวมข้อมูล พบว่าเจ้าของร้านค้าผักเป็นผู้หญิง ร้อยละ 100 โดยช่วงอายุของเจ้าของร้านค้าผัก อยู่ระหว่าง 45-59 ปี ระยะเวลาที่ทำการขายผักตั้งแต่ 10-40 ปี การศึกษาส่วนใหญ่จบระดับประถมศึกษา ซึ่งขนาดร้านค้าผัก อายุของเจ้าของร้านค้า และระยะเวลาที่ทำการขายผัก ไม่ได้มีความสัมพันธ์กัน สำหรับช่วงเวลาที่เปิดขายผัก ร้อยละ 50 เปิดขาย 6.00-19.30 น. ซึ่งพบว่าเป็นร้านขนาดใหญ่ ร้อยละ 100 และมีเพียงร้านขนาดเล็กอีกเพียง 1 ร้านค้า ที่เหลืออีกร้อยละ 50 เปิดขาย 9.00-19.30 น. ซึ่งพบว่าเป็นร้านขนาดเล็ก และร้านแผงผัก

เจ้าของร้านค้าผักทุกร้านยอมรับและพึงพอใจในด้านการจัดการขยะของตลาดสดที่มีการจัดการขยะที่ดี และเข้าใจว่าไม่มีปัญหาด้านการจัดการขยะของตลาดสด ทั้งนี้เนื่องจากขยะถูกเก็บรวบรวมทุกวันโดยไม่มีขยะเหลือ อันเกิดจากวิธีการให้บริการเก็บขนขยะตลาดนี้เป็นแบบเปลี่ยนถัง ซึ่งจากการสังเกตขยะที่ถูกทิ้งในถังขยะกลางของตลาดสดพบว่าเป็นการทิ้งขยะแบบรวมโดยไม่มีการคัดแยกขยะ และข้อมูลจากการสอบถาม พบว่ามีร้านค้าผักร้อยละ 50 ที่คัดแยกขยะเศษผักก่อนนำไปทิ้งขยะที่ถังขยะกลาง ซึ่งเนื่องมาจาก มีผู้ที่มีความต้องการมาขอเศษผักเพื่อนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ ร้านค้าผักอื่นๆ ที่เหลืออีกร้อยละ 50 จะไม่มีการคัดแยกขยะเศษผักออกจากขยะอื่นๆ ก่อนนำไปทิ้งที่ถังขยะกลางของตลาดสด

นอกจากนี้ ข้อมูลจากการสอบถามเกี่ยวกับการนำขยะเศษผักกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ด้วยการทำเป็นปุ๋ยหมัก พบว่า ร้านค้าผักทุกร้าน หรือ ร้อยละ 100 ไม่เคยทราบว่าขยะเศษผัก เปลือกผลไม้ต่างๆ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการใช้ทำปุ๋ยหมักได้ ซึ่งข้อมูลนี้ตรงกับการศึกษาที่ได้ทำไว้ โดยบุญสม วิจารณ์จันทร์ 2550 (บุญสม วิจารณ์จันทร์, 2550) และทำให้การศึกษาเบื้องต้นการเกิดขยะเศษผักของตลาดสดสุเทพมีแนวโน้มที่คณะวิจัยสนใจในการ

นำไปใช้ประโยชน์ในรูปของการทำปุ๋ยหมัก เช่นเดียวกัน

ส่วนข้อมูลด้านการบริหารจัดการขยะ ได้แก่ การจัดเก็บขยะ การทำความสะอาดตลาด การดูแลเรื่องกลิ่นและท่อระบายน้ำ อยู่ในระดับที่ร้านค้าผักพึงพอใจ ร้อยละ 100

2. ข้อมูลปริมาณสินค้าผัก และการเกิดขยะเศษผัก ที่เกิดจากร้านค้าผัก ตลาดสดสุเทพ

1) ปริมาณสินค้าผักที่ร้านค้าผักรับเข้ามาจำหน่ายและการเกิดขยะเศษผัก

ข้อมูลแสดงปริมาณเฉลี่ยของปริมาณสินค้าผักจากแหล่งผลิตเพื่อรับเข้ามาจำหน่ายในตลาดสด และปริมาณขยะเศษผักที่เกิด แสดงไว้ใน ตารางที่ 1 ซึ่งข้อมูลปริมาณสินค้าผักเข้า รวบรวมจากการสอบถามร้านค้าผัก 6 ร้านค้า และเก็บข้อมูลจริงของน้ำหนักขยะเศษผักที่เกิดขึ้นแต่ละร้านค้า โดยการเก็บข้อมูลทำต่อเนื่องกันและครบทั้ง 7 วัน (พฤหัสบดี ศุกร์ เสาร์ อาทิตย์ จันทร์ อังคาร และพุธ) โดยช่วงเวลาเก็บข้อมูลเป็นช่วงเวลาเดียวกัน คือ วันพฤหัสบดีที่ 29 ตุลาคม ถึงวันพุธที่ 4 พฤศจิกายน 2558 สำหรับข้อมูลปริมาณสินค้าที่ผู้บริโภคซื้อแต่ละวันเกิดจากการคำนวณโดยใช้ปริมาณสินค้าผักที่ร้านค้ารับเข้ามาจำหน่าย หักลบด้วยปริมาณขยะเศษผักที่เกิดขึ้น

จากตารางที่ 1 พบว่า ร้านค้าผักขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยปริมาณสินค้าผักเข้าในช่วง 175.00-250.00 กิโลกรัมต่อวัน โดยปริมาณสินค้ามากที่สุดในวันกลางสัปดาห์ คือวันพุธ โดยปริมาณสินค้าเข้าที่รองลงเป็นวันศุกร์ เสาร์ อาทิตย์ และจันทร์ ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน ร้านขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยปริมาณสินค้าผักเข้าในช่วง 60.00-90.00 กิโลกรัมต่อวัน โดย

ปริมาณสินค้าเข้ามากที่สุดวันอาทิตย์ ส่วนวันอื่นๆ ปริมาณใกล้เคียงกัน สำหรับร้านแผงผักมีมีค่าเฉลี่ยปริมาณสินค้าผักเข้าในช่วง 7.50- 37.50 กิโลกรัมต่อวัน โดยปริมาณสินค้ามากในวันกลางสัปดาห์ คือ อังคาร พุธ พฤหัสบดี และศุกร์

ปริมาณเฉลี่ยขยะเศษผักที่เกิดจากร้านค้าขนาดใหญ่ มีค่าในช่วง 25.75-36.25 กิโลกรัมต่อวัน โดยปริมาณเฉลี่ยขยะเศษผักที่เกิดจากร้านค้าขนาดเล็กมีค่าในช่วง 8.70-12.90 กิโลกรัมต่อวันปริมาณเฉลี่ยขยะเศษผักที่เกิดจากร้านค้าแผงผัก มีค่าในช่วง 1.70-9.70 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งจากข้อมูลที่ได้รวบรวมได้ พบว่าปริมาณขยะเศษผักที่เกิดจากร้านค้าผักขนาดใหญ่ และขนาดกลางค่อนข้างแน่นอนและมีปริมาณขยะใกล้เคียงกันโดยขยะที่เกิดแปรตามปริมาณสินค้าผักที่รับเข้ามาจำหน่าย ส่วนร้านค้าผักขนาดเล็กและแผงผัก ปริมาณขยะเศษผักที่เกิดไม่สัมพันธ์กับปริมาณสินค้าผักที่นำมาจำหน่าย ทั้งนี้ร้านค้าผักขนาดใหญ่รับสินค้ามาขายโดยเป็นสินค้าที่เป็นผักเศรษฐกิจทั่วไป และชนิดเดิมหรือใกล้เคียงทุกวัน สินค้าผักไม่จำเป็นต้องมีการตัดแต่งมากนักหรือเป็นสินค้าผักบรรจุถุง จึงทำให้เกิดขยะที่มีปริมาณตามชนิดสินค้าที่รับเข้ามาและใกล้เคียงกันทุกวัน ส่วนร้านค้าผักขนาดเล็กและแผงผักมีสินค้าที่เป็นชนิดของผักที่ไม่แน่นอน เช่น ผักอินทรีย์ ผักที่ปลูกเองและมีมากพอที่จะนำมาจำหน่ายได้ ในบางวันสินค้าบางชนิดต้องมีการตัดแต่งมากและน้อยแตกต่างกันออกไปขึ้นกับชนิดผักที่นำมาขาย ทำให้เกิดขยะมากขึ้นซึ่งเกิดและแปรตามชนิดของสินค้าผักที่ได้มาจากแหล่งผลิตที่ต่างกันไปในแต่ละวัน

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลปริมาณสินค้าผักเข้า และขยะเศษผักที่เกิดจากร้านค้าผักแต่ละร้านที่รวบรวมเก็บทุกวันต่อ
เนื่องครบวันในรอบสัปดาห์ ช่วงระหว่างวันพฤหัสบดี 29 ต.ค.-วันพุธที่ 4 พ.ย. 2558 ของตลาดสดสุเทพ

วันที่เก็บข้อมูล	ร้านค้าผักขนาดใหญ่			ร้านค้าผักขนาดเล็ก			ร้านค้าแผงผัก		
	ร้านที่เก็บ ข้อมูล	สินค้า ผักเข้า (กก.)	ขยะเศษผัก ที่เกิดขึ้น (กก.)	ร้านที่เก็บ ข้อมูล	สินค้า ผักเข้า (กก.)	ขยะเศษผัก ที่เกิดขึ้น (กก.)	ร้านที่เก็บ ข้อมูล	สินค้า ผักเข้า (กก.)	ขยะเศษผัก ที่เกิดขึ้น (กก.)
29 ต.ค.58 (พฤหัสบดี)	ร้านที่ 3	170.00	35.80	ร้านที่ 1	40.00	12.50	ร้านที่ 4	70.00	6.60
	ร้านที่ 5	190.00	34.60	ร้านที่ 2	80.00	6.80	ร้านที่ 6	0	0
30 ต.ค.58 (ศุกร์)	ร้านที่ 3	250.00	45.90	ร้านที่ 1	55.00	12.30	ร้านที่ 4	20.00	3.60
	ร้านที่ 5	150.00	26.60	ร้านที่ 2	80.00	9.90	ร้านที่ 6	30.00	7.00
31 ต.ค.58 (เสาร์)	ร้านที่ 3	260.00	46.70	ร้านที่ 1	50.00	18.10	ร้านที่ 4	0	1.80
	ร้านที่ 5	150.00	18.10	ร้านที่ 2	90.00	7.70	ร้านที่ 6	15.00	3.90
1 พ.ย.58 (อาทิตย์)	ร้านที่ 3	250.00	44.90	ร้านที่ 1	50.00	25.10	ร้านที่ 4	25.00	3.40
	ร้านที่ 5	170.00	20.70	ร้านที่ 2	130.00	7.10	ร้านที่ 6	0	0
2 พ.ย.58 (จันทร์)	ร้านที่ 3	250.00	44.00	ร้านที่ 1	45.00	11.10	ร้านที่ 4	50.00	7.60
	ร้านที่ 5	180.00	22.30	ร้านที่ 2	80.00	6.30	ร้านที่ 6	0	0
3 พ.ย.58 (อังคาร)	ร้านที่ 3	180.00	31.70	ร้านที่ 1	80.00	12.00	ร้านที่ 4	30.00	4.60
	ร้านที่ 5	170.00	19.80	ร้านที่ 2	80.00	10.20	ร้านที่ 6	50.00	5.60
4 พ.ย.58 (พุธ)	ร้านที่ 3	350.00	54.10	ร้านที่ 1	60.00	13.30	ร้านที่ 4	30.00	4.50
	ร้านที่ 5	150.00	14.20	ร้านที่ 2	80.00	8.10	ร้านที่ 6	45.00	14.90

หมายเหตุ : ร้านแผงผักมีบางวันที่ขายสินค้าผักที่รับเข้าของวันก่อนหน้า แต่มีปริมาณขยะเศษผักเกิดจากการตัดแต่ง

อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลตารางที่ 1 สามารถสรุป
เพื่อแสดงแสดงให้เห็นภาพรวมของค่าเฉลี่ยตลอด
สัปดาห์ที่เก็บข้อมูลสินค้าผักเข้า และการเกิดขยะ

เศษผักของร้านค้าผักแต่ละขนาด รวมทั้งคำนวณ
ปริมาณสินค้าผักที่ผู้บริโภคซื้อไป ของตลาดสดสุเทพ ดัง
แสดงไว้ใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณเฉลี่ยสินค้าผักเข้า ขยะเศษผัก และผักที่ซื้อไปโดยผู้บริโภค ของตลาดสดสุเทพ
(ช่วงระหว่าง 29 ต.ค.-4 พ.ย. 2558)

ขนาดร้านค้า	ปริมาณสินค้าผักเข้าตลาด (กก./วัน)	ปริมาณขยะเศษผักทั้งหมด (กก./วัน)	ผักที่ซื้อไปโดยผู้บริโภค (กก./วัน)
ใหญ่	205.00±55.56	32.82±14.83	172.18
เล็ก	71.43±24.24	11.46±4.88	59.97
แผงผัก	23.93±11.62	4.54±0.07	19.39
รวม	300.36	48.82	251.54

ผลจากตารางที่ 2 ปริมาณสินค้าผักที่นำมา
จำหน่ายรวม ปริมาณขยะเศษผักที่เกิดขึ้นรวม และ
ปริมาณสินค้าผักที่ผู้บริโภคซื้อไป 300.36, 48.82
และ 251.54 กิโลกรัมต่อวัน หรือคำนวณเป็นหน่วย

ตันต่อปี เท่ากับ 109.63, 17.82 และ 91.81 ตันต่อปี
ตามลำดับ

ข้อมูลปริมาณขยะทั้งหมดที่ถูกจัดเก็บโดยการ
ว่าจ้างบริษัทเอกชนเพื่อนำไปทิ้งที่จุดกำจัดขยะใน

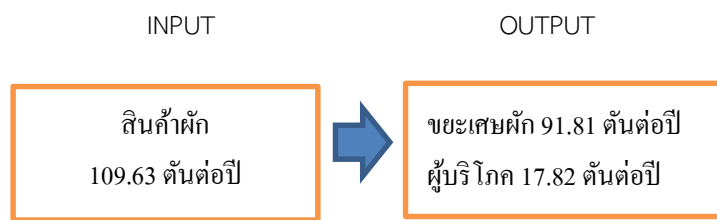
ช่วงเวลาที่ศึกษาเฉลี่ย (29 ตุลาคม ถึง 4 พฤศจิกายน 2558) 978.57 กิโลกรัมต่อวัน หรือคำนวณได้เป็น 357.17 ตันต่อปี และจากปริมาณการเกิดขยะเศษผัก 17.82 ตันต่อปี ดังนั้นขยะอื่นๆนอกเหนือจากขยะเศษผักจึงมีปริมาณโดยประมาณ 339.35 ตันต่อปี

ผลการศึกษาสามารถกล่าวได้ว่า ปริมาณการเกิดขยะเศษผักตลาดสด คิดเป็นร้อยละ 4.98 ของปริมาณขยะทั้งหมดของตลาด และเมื่อคำนวณเป็นอัตราเกิดของขยะเศษผักตลาดสดจากร้าค่าผักขนาดใหญ่

ใหญ่ ขนาดเล็ก และแผงผัก เท่ากับ 5.47, 1.91 และ 0.76 กิโลกรัมต่อร้านค้าผักต่อวัน

2) การแสดงไดอะแกรมการเกิดขยะเศษผัก

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาเขียนเป็นไดอะแกรมการเกิดขยะเศษผักของตลาดสดสุเทพ โดยแสดงปริมาณสินค้าผักที่นำเข้ามาจากแหล่งผลิตเพื่อมาจำหน่ายในตลาด ซึ่งจะทำให้เกิดขยะเศษผัก และสินค้าผักถูกซื้อไปโดยผู้บริโภค ที่เป็นตัวเลขสมมูล ดังแสดง ภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมแสดงการเกิดขยะเศษผักของตลาดสดสุเทพ (ต้นพะยอม)

ปัจจุบันขยะเศษผักที่เกิดขึ้นในตลาดสดถูกทิ้งแบบรวมกับขยะอื่นๆ (Commingled MSW) ในถังขยะกลางของตลาด โดยหากมีการคัดแยกเฉพาะขยะเศษผัก ซึ่งเป็นขยะที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบการหมักทำปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพดี ซึ่งศึกษาการหมักปุ๋ยที่ใช้ขี้ขี้หมูน้ำตาลต่อขี้ขี้วัวในอัตราส่วนที่เหมาะสม พบว่าลดมลพิษได้สูงถึงร้อยละ 72 (ลดาวัลย์ วัฒนะจิระ พัทธพรพรณ พุทธิเจริญ และ อรรถพล ปุระณะพรรค, 2550) และการหมักปุ๋ยจากเศษใบไม้แห้งผสมด้วยเศษผัก อัตราส่วนที่เหมาะสม สามารถลดมลพิษได้ร้อยละ 78-84 (Diaz, L.F. et al., 1993) ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าการลดลงของมลพิษที่เกิดจากการหมักปุ๋ยที่ให้อัจฉริยะและเงื่อนไขที่เหมาะสมจะสามารถลดมลพิษได้ประมาณร้อยละ 80 ซึ่งในกรณีของขยะเศษผักที่เกิดขึ้นจากตลาดสดนี้ 17.82 ตันต่อปี เมื่อนำแปรรูปโดยหมักทำปุ๋ยจึงอาจทำให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักคิดเป็น 3.56 ตันต่อปีโดยประมาณ และปริมาณของขยะเศษผักดังกล่าวไม่ต้องนำไปกำจัดโดยการฝังกลบและช่วยยืดอายุการใช้งานของหลุมฝังกลบได้ ทั้งนี้จำเป็นต้องส่งเสริมให้ตลาดสดมีการคัดแยกขยะเศษ

ผักออกจากขยะอื่นๆที่จุดทิ้งขยะส่วนกลางของตลาดอย่างเป็นทางการ (กระทรวงมหาดไทย, 2559)

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า

1) ตลาดสดสุเทพมีการบริหารจัดการขยะที่ดีเป็นที่พึงพอใจและยอมรับของร้านค้าในตลาด การให้บริการเก็บขยะของตลาดเป็นแบบเปลี่ยนถังจึงไม่มีขยะตกค้าง ซึ่งขยะที่ทิ้งยังคงเป็นแบบทิ้งรวมโดยไม่มีคัดแยก

2) ขยะเศษผักที่เกิดจากตลาดสดสุเทพมีปริมาณเฉลี่ย 48.82 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็น 17.82 ตันต่อปี เมื่อคำนวณเป็นอัตราเกิดขยะเศษผัก คิดเป็น 5.47 กิโลกรัมต่อร้านค้าผักขนาดใหญ่ต่อวัน 1.91 กิโลกรัมต่อร้านค้าผักขนาดเล็กต่อวัน และ 0.76 กิโลกรัมต่อร้านค้าแผงผักต่อวัน ตามลำดับ

3) ไดอะแกรมแสดงสมมูลการเกิดขยะเศษผักของตลาดสดสุเทพ คือ สินค้าผักรับเข้า 109.63 ตันต่อปี เท่ากับ ขยะเศษผัก 91.81 ตันต่อปี รวมสินค้าผักที่ผู้บริโภคซื้อไป 17.82 ตันต่อปี

4) ข้อมูลขยะเศษผ้าที่ได้ หากมีการคัดแยกที่ดี สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ด้วยวิธีหมักทำปุ๋ย ซึ่งคำนวณปริมาณปุ๋ยหมักที่สามารถทำได้จากขยะเศษผ้าของตลาดสดนี้ได้ 3.56 ตันต่อปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้เงินทุนวิจัยอุดหนุน ขอขอบพระคุณผู้บริหารตลาดสด และเจ้าของร้านค้าผ้าที่ให้ความร่วมมือด้วยดีในการตอบแบบสอบถามและอนุญาตให้เก็บข้อมูล จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2556). รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อมประจำปี 2556. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2556, จาก http://www.pcd.go.th/public/Publication/print_report.cfm?task=report2546.

กระทรวงมหาดไทย. (2559). พรบ. กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น เรื่องมาตรฐานตลาด. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2556, จาก <http://www.dla.go.th/work/eb1/std210550/23/4.pdf>.

_____. (2559). ขอบเขตความหมายนิยามศัพท์ตลาดสดนำซื้อ และองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาตลาด. สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2556, จาก www.lbo.moph.go.th.

ธเรศ ศรีสถิต. (2553). วิศวกรรมการจัดการมูลฝอยชุมชน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญสม วิจารย์จันทร์. (2550). รายงานการวิจัยเรื่อง การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะในตลาดสดเทศบาลนครขอนแก่น. สาขาวิชาการปกครองท้องถิ่น. วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พันชัย เม่นฉาย ปารินดา สุขสบาย และ สิริวัลภ์ เรื่องช่วยตู้ประกาย. (2557). รายงานการวิจัย เรื่องการวิเคราะห์และการจัดการปัญหาขยะในตลาดสดอย่างยั่งยืน. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

ลดาวัลย์ วัฒนะจีระ พัชราพรรณ พุทธเจริญ และ อรรถพล ปุระณะพรรค. (2550). ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักปุ๋ยกองแฉะจากขยะอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้. ใน การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 6. สวสท. 7-9 มีค. 2550. โรงแรมอมรินทร์ลากูน. จังหวัดพิษณุโลก.

ลดาวัลย์ วัฒนะจีระ พัชราพรรณ พุทธเจริญ และ อรรถพล ปุระณะพรรค. (2549). การหมักปุ๋ยจากเศษใบไม้แห้ง และเศษผัก โดยวิธีหมักแบบกองแฉะ. ใน การประชุม วิชาการสิ่งแวดล้อม นครสวรรค์ ครั้งที่ 2. 28 - 29 มิ.ย. 2549. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์. จังหวัดพิษณุโลก.

วรรณธณี กองจันทร์ดี. (2555). การจัดการขยะของผู้ค้าในตลาดสด ศึกษากรณีตลาดสดบางกะปิ และตลาดสดนครไทย เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, (การจัดการสิ่งแวดล้อม). คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

Diaz, L.F. et al. (1993). **Composting and Recycling Municipal Solid Waste.** London: Lewis Publisher.

Maso MA, Blasi AB. (2008). Evaluation of Composting as a Strategy for Managing Organic Wastes from a municipal Market in Nicaragua. **Bio-resource Technology.** 99:5120-5124.

Tchobanoglous G, Thiesen H, Vigil S. (1993). **Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues.** New York : McGraw-Hill.

การลดความชื้น ขนาด และการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยน้ำว้าอบแห้งในพาราโบลาโดม

Moisture Content Reduction dimension and Color Change of Dried Bananas in Parabola Dome

ไพโรจน์ จันทร์แก้ว^{1*}, อนูรัตน์ เทวตา² ประสาท เจาะบำรุง³ และ อภิรักษ์ ขัดวิลาศ⁴
Phairoach Chunkaew^{1*}, Anurat Tevata², Prasat Chorbamrung³ and Aphirak Khadwilard⁴

^{1,2,3,4} สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

^{1,2,3,4} Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak

* Corresponding author e-mail: phairoac9@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความชื้น ขนาด และการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยน้ำว้าอบแห้งในพาราโบลาโดม โดยการสุ่มตัวอย่างกล้วยน้ำว้าในแต่ละวันในช่วงระหว่างเวลาการอบแห้ง โดยในการลดความชื้นคำนวณหาความชื้นในหน่วย %dry basis ในส่วนการหาการลดลงของขนาดกล้วยใช้เวอร์เนียวัดความกว้าง ความยาวและความหนา และในการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่แกน L* จะบรรยายถึงความสว่าง (Lightness) แกน a* จะบรรยายถึงแกนสีเขียว (-a*) ไปจนถึงแดง (+a*) ส่วนแกน b* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน (-b*) ไปจนถึงสีเหลือง (+b*) พบว่ากล้วยน้ำว้ามีความชื้นเริ่มต้น 271.6±5.3 %dry basis อบแห้งจนถึงความชื้นสุดท้าย 53.2±0.0 %dry basis ใช้เวลา 6 วัน เมื่อความชื้นกล้วยน้ำว้าลดลงจนแห้งขนาดกล้วยน้ำว้าความกว้างลดลง 21.1 % ด้านยาวลดลงประมาณ 15.5 % และความหนาลดลง 38.1 % ส่วนด้านสีพบว่าค่าความสว่างมีค่าลดลง ค่าสีแดงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นของกล้วยน้ำว้าลดลง และค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นในวันแรกจากนั้นแนวโน้มลดลงตามความชื้นของกล้วยน้ำว้าที่ลดลง โดยกล้วยน้ำว้าอบแห้งมีค่าความสว่าง 37.0±1.7 ค่าสีแดง 13.0±0.3 และ ค่าสีเหลือง 23.9±0.6

คำสำคัญ: กล้วยน้ำว้า, การอบแห้ง, สี, พาราโบลาโดม

Abstract

The objective of this research was to study decreasing moisture content, dimension and color change of dried bananas in a parabola dome. Bananas were selected at random in each day in period of drying time. The moisture content reduction was calculated in unit of dry basis percentage. The wideness, length and thickness were measured by a Vernier. Colors were present in three parameters of lightness (L*), redness (+a*)/greenness (-a*) and yellowness (+b*)/blueness (-b*). It was found that the bananas had the initial moisture content of 271.6±5.3 %dry basis and were dried until final moisture content of 53.2±0.0 %dry basis by using drying time six days. At the final moisture content, the wideness was reduced about 21.1 % and the length and thickness were reduced about 15.5 % and 38.1 %, respectively. The colors found that the lightness was decreased but the redness was increased when the moisture content of bananas to reduce. The yellowness was increased in the first day then it was tendency decreasing the yellowness to reducing the moisture content of bananas. The final dried bananas had the lightness of 37.0±1.7, the redness of 13.0±0.3 and the yellowness of 23.9±0.6.

Keywords: Banana, drying, color, parabola dome.

บทนำ

กล้วยน้ำว้าเป็นพืชที่ปลูกง่ายและสามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน กล่าวคือ ใบใช้ทำอาหารหรือขนม หัวปลีใช้ทำอาหาร ลำต้นใช้เป็นอาหารสัตว์หรือใช้ลำต้นอ่อนมาเป็นวัตถุดิบสำหรับรายการอาหารของมนุษย์ และผลกล้วยน้ำว้า หากเป็นผลดิบใช้ทำกล้วยฉาบหรือเป็นวัตถุดิบสำหรับรายการอาหาร และเมื่อสุกอมก็ใช้ทำประโยชน์มากมายเช่นรับประทานเป็นผลไม้ ทำขนมแต่เมื่อมีปริมาณมากนิยมทำกล้วยน้ำว้าตากแห้ง การก้าวน้ำของการพัฒนาการทำกล้วยตากเริ่มจากระยะแรกๆ การตากโดยใช้แสงอาทิตย์ให้ความร้อนโดยตรงซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย และไม่มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ชาวบ้านจะปลูกเปลือกและเรียงวางบนแผงไม้ไผ่จะใช้ระยะเวลาประมาณ 5-7 วันอาจมากกว่า, ข้อเสียการทำกล้วยตากโดยวิธีนี้มีโอกาสปนเปื้อนกับฝุ่นแมลง หากไม่มีมุ้งหรือตาข่ายปิดบัง ต่อมามีการพัฒนาให้หลักการพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกและแบบอุโมงค์ลม (Janjai et al., 2009; Smitabhindu et al., 2008) ซึ่งลดสิ่งปนเปื้อนได้ดีใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 4 วันหรือมากกว่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม จากการทำแห้งทั้งสองวิธีจะเกิดปัญหาภายในช่วงฤดูฝนซึ่งเมื่อเริ่มตากและฝนตกติดต่อกันตั้งแต่สองวันขึ้นไปกล้วยที่ตากจะเสียและต้องทิ้งทั้งหมด ผลดีที่กล้วยตากโดยใช้พาราโบลาโดม เริ่มจากกล้วยน้ำว้าดิบถูกจัดเรียงบนพาเลทปูผ้าจากนั้นนำผ้าคลุมสำหรับปกกล้วยประมาณ 1 วันต่อจากนั้นเปิดผ้าที่คลุมออก กล้วยสุกประมาณ 3-5 วัน กล้วยสุกจะถูกนำมาปลูกเปลือกจะจัดเรียงบนตะแกรงไม้ไผ่ในพาราโบลาโดมโดยพนักงานโดยให้แล้วเสร็จก่อนแดดออก กล้วยถูกลดความชื้นลงจนถึงความชื้นสุดท้ายใช้เวลาประมาณ 5-7 วันขึ้นอยู่กับสภาพอากาศจากนั้นสามารถนำกล้วยไปคัดแยกและตกแต่งและบรรจุภัณฑ์ต่อไป (สิริจิต อุเจริญ, 2556) ข้อดีของ

พาราโบลาโดมคือลดการปนเปื้อนจากฝุ่น แมลง อากาศในโดมมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ช่วยทำให้กล้วยแห้งไวกว่าการตากในที่โล่งแจ้ง จากการสืบค้นงานวิจัยในเชิงตัวเลข การลดลงของความชื้นของกล้วยน้ำว้าโดยพาราโบลาโดมมีน้อย ส่วนที่เกี่ยวข้องคุณภาพด้านสี และการหดตัวของกล้วยตากจากพาราโบลาโดม ที่ใช้ในเชิงวิชาการไม่พบการรายงานผลข้อมูล โดยเฉพาะสีมีวิธีการวัดแบบง่ายๆด้วยการมองเห็นจากรูปภาพที่ถ่าย แต่ไม่สามารถแยกแยะออกได้ว่าค่าที่เห็นสีที่เปลี่ยนแปลงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าอะไรบ้าง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การลดความชื้น ขนาด และการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยน้ำว้าอบแห้งในพาราโบลาโดมที่ความชื้นค่าต่างๆ ตามระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งสำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานใช้อ้างอิง ในการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งกล้วยน้ำว้าซึ่งใช้แหล่งพลังงานชนิดอื่น สำหรับการเลือกใช้ตัวแปรควบคุมเช่น อุณหภูมิและความเร็วลมร้อนให้เหมาะสม และกล้วยน้ำว้าอบแห้งมีสีใกล้เคียงกับสินค้าที่มีขายในปัจจุบัน

วัสดุและวิธีการ

1. พาราโบลาโดม (Janjai et al., 2009)

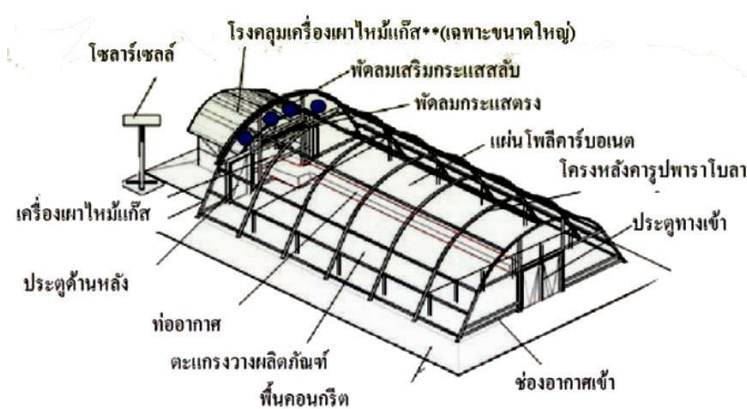
โรงอบแห้งขนาดใหญ่ที่ออกแบบเป็นหลังคารูปพาราโบลาปิดบนโครงโลหะที่ตั้งอยู่บนพื้นซีเมนต์มุมโค้งของพาราโบลาโดมจะทำองศาที่ 58° และมีความสูงจากพื้นถึงยอดโดมเท่ากับ 3.35 m เหล็กโครงสร้างหลังคาหรือจันทันเป็นเหล็กท่อกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2" หนา 2 mm ตัดโค้งตามแบบแป หรือเหล็กโครงสร้างด้านข้างเป็นเหล็กกล่องขนาด 1"x2"x2.3 mm การใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตในการทำหลังคาทำให้แสงอาทิตย์ส่งผ่านได้ดีแต่รังสีความร้อนที่แผ่จากภายในโรงอบแห้งจะผ่านออกมาได้น้อย จึงทำให้เกิดผลเรือนกระจก (Greenhouse effect) ความร้อนส่วนใหญ่ จึงถูกกักเก็บอยู่ภายในโรงอบ

นอกจากนี้แผ่นโพลีคาร์บอเนตยังเป็นฉนวนความร้อนที่ดี มีน้ำหนักเบาตัดโค้งได้ง่ายมีอายุใช้งานกว่า 10 ปี โรงอบแห้งแบบนี้จึงมีชื่อเรียกว่าระบบอบแห้ง

พลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก (Greenhouse solar dryer) หรือที่รู้จักกันดีในชื่อ “พาราโบลาโดม”



ภาพที่ 1 การประยุกต์ใช้พาราโบลาโดมในการอบกล้วยตากจิราพร (สิริจิต อุเจริญ, 2556)



ภาพที่ 2 ระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก (ยุทธศักดิ์ บุญรอด และบุศราภรณ์ มหาโยธี, มปป)

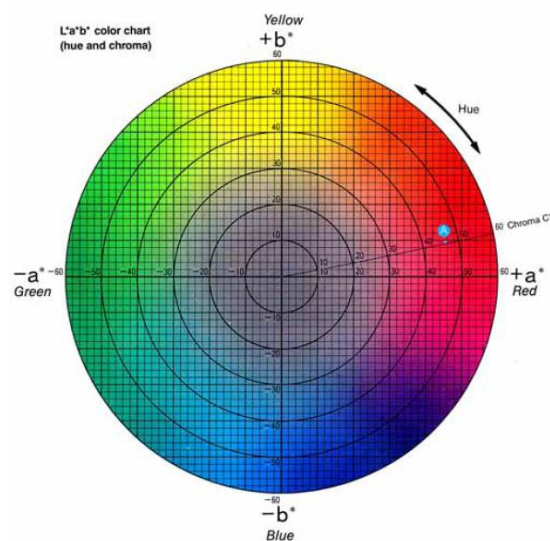
2. กล้วย

คณะผู้วิจัยเข้าเก็บตัวอย่างกล้วยตั้งแต่ยังไม่ปอกเปลือกจนกระทั่งมีความชื้นสุดท้ายโดยไม่ผ่านการนวดแบนโดยสุ่มเก็บกล้วยในโดมวันละ 6 ลูกซึ่งเก็บ บริเวณทางเข้า 2 ลูกตรงกลางโดม 2 ลูกและทางออกอีก 2 ลูก และนำมาทดสอบแบบทำลายโดยก่อนอื่นนำมาวัดขนาดโดยใช้เวียเนียร์วัดขนาดความกว้าง (W), ความยาว (L) และความหนา (t) จากนั้น

นำไปตรวจค่าสีตามมาตรฐานการวัดสี (Hurter lab) รุ่น Miniscan XE Plus โดยจะทำการวัดสีตัวอย่างของแต่ละวันตั้งแต่เริ่มต้นจนมีความชื้นสุดท้ายที่พร้อมบรรจุสำหรับจำหน่ายสุดท้ายจากนั้นนำกล้วยน้ำว้ามาหามวลแห้งโดยการนำเข้าตู้อบมวลแห้งที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 72 hr (AOAC, 1995) เพื่อนำข้อมูลมาคำนวณหาความชื้นในหน่วย % dry basis ของกล้วยแต่ละลูก ระบบค่าสีเป็นปัจจัยใน

การควบคุมคุณภาพอาหารหรือควบคุม
 ขบวนการผลิต ด้วยเหตุนี้จึงมีองค์การพัฒนา
 อุปกรณ์เพื่อใช้วัดสีที่มีมาตรฐาน และลดความไม่เป็น
 กลางเนื่องจากปัจจัยของแหล่งกำเนิดแสงและผู้
 สังเกตการณ์ องค์การที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนด
 มาตรฐานด้านสี คือ Commission International
 de l' Eclairage (CIE) องค์การนี้ได้กำหนดมาตรฐาน
 การวัดสีซึ่งเป็นที่ยอมรับในวงการวิชาการและการ

วิจัย คือ ระบบ CIE Lab scale ได้มีการพัฒนาระบบ
 L*, a* และ b* ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3
 มิติ โดยที่แกน L* จะบรรยายถึงความสว่าง
 (Lightness) จากค่า +L* แสดงถึงสีขาว จนไปถึง -L*
 แสดงถึงสีดำ แกน a* จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว
 (-a*) ไปจนถึงแดง (+a*) ส่วนแกน b* จะบรรยายถึง
 แกนสีจากน้ำเงิน (-b*) ไปจนถึงสีเหลือง (+b*)
 ลักษณะการบรรยายสีของ CIE ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การบรรยายสีในระบบ CIE Lab มองในระบบ 2 มิติ

3. ความชื้นมาตรฐานแห้ง

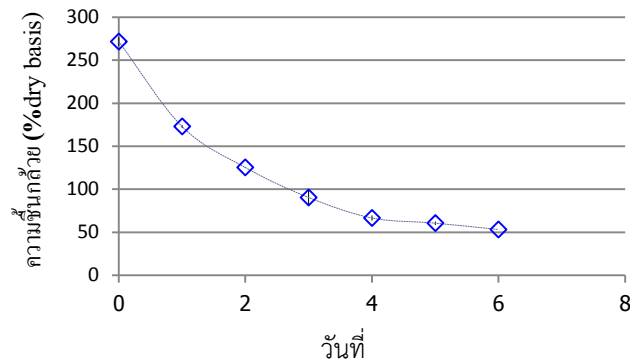
$$M_t = \frac{w-d}{d} \quad (1)$$

เมื่อ M_t คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง ณ
 เวลาใดๆ, %dry basis
 W คือ มวลของวัสดุ, g
 d คือ มวลแห้งของวัสดุ, g

ความชื้นมาตรฐานแห้งนิยมใช้ในการวิเคราะห์
 กระบวนการอบแห้ง เพราะมวลของวัสดุแห้งจะมี
 ค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง

ผลและวิจารณ์

1. การลดลงของความชื้นกล้วยน้ำว่า
 พบว่ากล้วยน้ำว่ามีการลดความชื้นอยู่ในช่วง
 ลดลงและตัวอย่างกล้วยน้ำว่าเมื่อนำมาคำนวณหา
 ความชื้นมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 271.6 ± 5.3 %dry
 basis อบแห้งจนถึงความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย
 53.2 ± 0.0 %dry basis ใช้เวลา 6 วัน ดังรูปที่ 4



ภาพที่ 4 การลดลงของความชื้นก้ำวน้ำว้าตามระยะเวลาการอบแห้ง 6 วัน

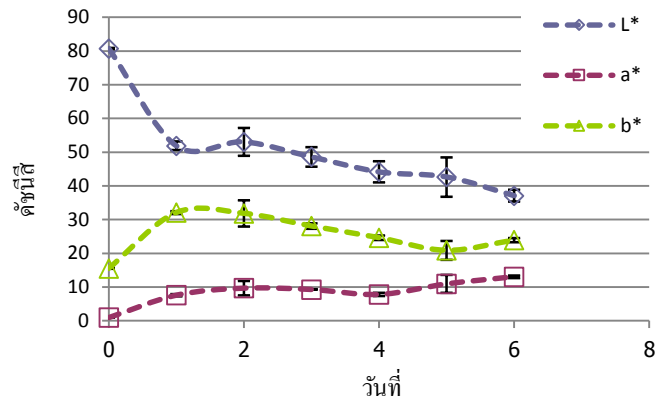
2. การเปลี่ยนแปลงสีของก้ำวน้ำว้าอบแห้ง
ในพาราโบลาโดม

ส่วนด้านสีพบว่าค่าความสว่างมีค่าลดลง ค่าสีแดงมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นในวันแรก จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตามความชื้นของก้ำวที่ลดลง โดยก้ำวน้ำว้าอบแห้งมีค่าความสว่าง (L^*) 37.0 ± 1.7 ค่าสีแดง (a^*) 13.0 ± 0.3 และ ค่าสีเหลือง (b^*) 23.9 ± 0.6 ดังรูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงสีระหว่างการอบแห้งของก้ำวน้ำว้าทั้งลูกเกิดขึ้นได้จากการระเหยน้ำออกจากผิวสักระหว่างการอบแห้ง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning) เป็นปฏิกิริยาเคมีที่ซับซ้อน ไม่ได้เป็นปฏิกิริยาปฏิมุมแต่เป็นปฏิกิริยาทุติยภูมิ หลายปฏิกิริยารวมกัน โดยทั่วไปการเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้และผลิตภัณฑ์อาหารมี 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ได้มาจากเอนไซม์ (Non-enzymatic browning) เป็นปฏิกิริยาที่จะเกิดขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อน ทำให้มีการสูญเสียน้ำ มีการสลายตัว และมีปฏิกิริยาการรวมตัว พัฒนาเป็นสารสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล และ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ (Enzymatic browning) เป็นการเปลี่ยนสีที่เป็นผลมาจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วเปลี่ยนเป็นสารประกอบสีน้ำตาล (วันชลี เพ็งพงศา, 2549) สำหรับการอบแห้งก้ำวด้วยพาราโบลาโดมเกิดจากปฏิกิริยาทั้ง 2 แบบ เมื่อนำมาเปรียบเทียบ

กับการอบแห้งก้ำวน้ำว้าทั้งลูกที่ใช้แหล่งจ่ายความร้อนโดยแก๊สแอลพีจีของ Achariyaviriya et al., (2014) โดยควบคุมอุณหภูมิอบแห้ง 57 ± 8.7 °C ที่ความเร็วลม 0.6 m³/s ใช้ระยะเวลาการอบแห้ง 30 hr ซึ่งรวมระยะเวลาในการพักก้ำวประมาณ 12 hr ก้ำวอบแห้งมีค่าความสว่าง (L^*) 44.44 ± 2.25 ค่าสีแดง (a^*) 13.38 ± 0.61 และ ค่าสีเหลือง (b^*) 34.42 ± 1.42 จากการเปรียบเทียบพบว่าก้ำวน้ำว้าที่อบแห้งโดยพาราโบลาโดมมีสีน้ำตาลเข้มกว่าทั้งนี้เนื่องจากใช้เวลาหลายวันในการอบแห้ง ดังนั้นปฏิกิริยาจากเอนไซม์จึงทำให้สีน้ำตาลเข้มขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกันที่ผู้ซื้อก้ำวตากสามารถทดสอบได้ด้วยวิธีง่ายๆโดยซื้อก้ำวตากหรือก้ำวอบแห้งและนำมาทิ้งไว้ในสภาวะแวดล้อมปกติจะพบว่าสีก้ำวจะออกสีน้ำตาลเข้มขึ้นตามระยะเวลาที่ปล่อยทิ้งไว้ หากทิ้งไว้นานจะคล้ำดำซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ก้ำวอบแห้งตกเกรดจากสาเหตุการเก็บรักษาซึ่งไม่ได้จากการปรับเปลี่ยนสภาวะการอบแห้งหรือเทคโนโลยีที่ใช้ในการอบแห้ง นอกจากนี้ ค่าความสว่าง (L^*) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chunthaworn et al. (2012) ซึ่งพบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ของการอบแห้งลำไยเฉพาะเนื้อมีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาและอุณหภูมิการอบแห้ง และค่าสีเหลือง (b^*) และค่าสีแดง (a^*) ของลำไยเฉพาะเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นขณะหนึ่งและมีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาและอุณหภูมิการอบแห้ง เมื่อเปรียบเทียบ

กับกล้วยน้ำว้าพบว่า ค่าค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้ม
 เดียวกันกับการศึกษาในครั้งนี้ แต่ค่าสีแดง (a^*) ไม่
 สอดคล้องทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกล้วยน้ำว้า

เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์
 เพราะใช้ระยะเวลาการอบแห้งนานถึงหกวัน

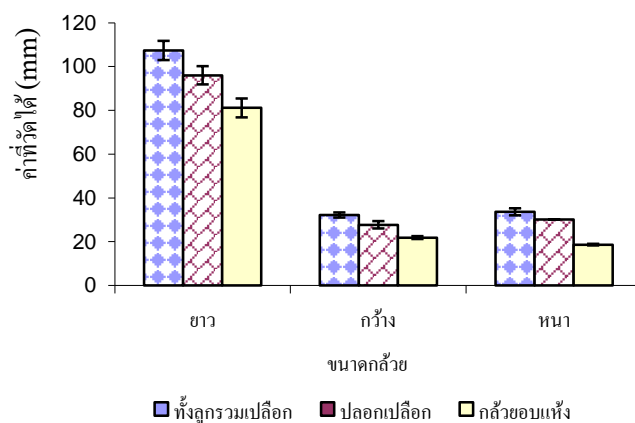


ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* , a^* และ b^* ของกล้วยน้ำว้าตามระยะเวลาการอบแห้ง 6 วัน

3. การลดลงของขนาดกล้วยน้ำว้าอบแห้ง

เมื่อความชื้นกล้วยน้ำว้าลดลงจนแห้งพบว่า
 กล้วยน้ำว้ามีการหดตัวลง เมื่อเปรียบเทียบกับขนาด
 กล้วยที่ปอกเปลือกก่อนทำการอบแห้ง ความยาว
 ลดลงประมาณ 15.5% ความกว้างลดลง 21.1%

และความหนาลดลง 38.1% รายละเอียดขนาด
 แสดงไว้ในรูปที่ 6 ซึ่งจะเห็นว่าสอดคล้องกับวัตถุดิบ
 พืชและผลไม้ทางการเกษตรทั่วไปเมื่ออบแห้งโดยเอา
 น้ำออกส่วนใหญ่จะมีการหดตัวลง



ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบขนาดกล้วยก่อนปอกเปลือก เมื่อปอกเปลือก และกล้วยอบแห้ง

สรุป

ในการอบกล้วยน้ำว้าทั้งลูกโดยระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก (Greenhouse solar dryer) หรือพาราโกลาโดม ใช้เวลาประมาณ 6 วันในการลดความชื้นกล้วยน้ำว้าเริ่มต้น จนมีความชื้นสุดท้ายที่ต้องการ ขนาดของกล้วยจะมีการหดตัวลงอย่างเห็นได้ชัดด้านยาวลดลงประมาณ 15.5% ความกว้างลดลง 21.1% และความหนาลดลง 38.1% ส่วนสีกล้วยจะมีลักษณะเหลืองน้ำตาล ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงในเนื้อกล้วยเป็นน้ำเชื่อมหรือน้ำตาลในเนื้อกล้วยพบว่าค่าความสว่าง(L*) มีค่าลดลง ค่าสีแดง(a*)มีค่าเพิ่มขึ้น และค่าสีเหลือง(b*) เพิ่มขึ้นในวันแรกจากนั้น มีแนวโน้มลดลงตามความชื้นของกล้วยที่ลดลง ซึ่งตรวจวัดค่าสีของกล้วยน้ำว้าที่ความชื้นสุดท้ายได้ค่าความสว่าง 37.0±1.7 ค่าสีแดง 13.0±0.3 และ ค่าสีเหลือง 23.9±0.6 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณจิราพร พงศ์รุจิกรพันธ์, บริษัท BANANA JIRAPORN.CO.,LTD จังหวัดพิษณุโลก ที่ให้ตัวอย่างกล้วยในแต่ละวัน สำหรับใช้ศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการอบแห้งภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือในการวัดสี

เอกสารอ้างอิง

ยุทธศักดิ์ บุญรอด และบุศราภรณ์ มหาโยธี. มปป. **คู่มือโครงการสนับสนุนการลงทุนติดตั้งใช้งานระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน.** กระทรวงพลังงาน. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศิลปากร : 1-23.

- วันชลี เฟ็งพงศา. (2549). การอบแห้งเนื้อหมูปูรุษด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับบีบีความร้อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สิริจิต อยู่เจริญ. (2556). การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางการเงินของธุรกิจผลิตภัณฑ์กล้วยแปรรูปของกลุ่มจังหวัดพิษณุโลก. คณะเศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: 1-84.
- Acharyaviriya, S., Acharyaviriya, A. and Chunkaew, P. (2014). Evaluation of technology transfer to rural communities for drying using LPG and solar energy cabinet dryer. *Journal of Agricultural Technology*. Vol.10 (5), 1139-1150.
- AOAC. (1995). In *Association of Official Analytical Chemists*. 16th edition. AOAC Inc. Verginia USA.
- Chunthaworn, S., Acharyaviriya, S., Acharyaviriya, A. and Namsanguan, K. (2012). Color kinetics of longan flesh drying at high temperature. *Procedia Engineering*. Volume 32, 104-111.
- Janjai, S., Lamlert, N., Intawee,P., Mahayothee,B., Bala, B.K., Nagle, M., Müller,J. (2009). Experimental and simulated performance of a PV-ventilated solar greenhouse dryer for drying of peeled longan and banana. *Solar Energy*. 83, 1550–1565.
- Smitabhindu, R., Janjai,S., Chankong, V. (2008). Optimization of a solar-assisted drying system for drying bananas. *Renewable Energy*. 33, 1523–1531.

การออกแบบและสร้างชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน

Design and Construction of Brushless Dc Motor Speed Control

สกนธ์ ใจเงี้ยวคำ^{1*}, สุรัตน์ สุริยะ² และ นิติงพงษ์ สมไชยวงศ์³

Sakon Jaingewcom^{1*}, Surut Suriya² and Nitipong Somchaiwong³

^{1,2,3} สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

^{1,2,3} Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai

*Corresponding author e-mail: sakon_jaingewcom@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน (BLDCM) โดยทำการสร้างอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ชนิด 3 เฟส และใช้บอร์ด Arduino IDE สร้างสัญญาณรูปคลื่นไซน์ 3 เฟส และสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม นำมาเปรียบเทียบกับหลักการมอดูเลชัน (Modulation) ได้สัญญาณเอาต์พุตเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม พีดีบีเอชเอ็ม (Pulse Width Modulation) 3 สัญญาณ เข้าสู่ตัววงจรเดดไทม์ (Dead Time) ทำหน้าที่ปรับสัญญาณขับเคลื่อนป้องกันการลัดวงจรในกิ่งเดียวกันของชุดอินเวอร์เตอร์ เมื่อสัญญาณมีเดดไทม์แล้ว จะเข้าสู่วงจรขับเคลื่อน (Gate driver) ที่ทำหน้าที่ปรับสัญญาณให้เหมาะสมในการสั่งให้อุปกรณ์สวิตช์นำกระแส และหยุดนำกระแสโดยปรับสัญญาณที่ +9 โวลต์ และ -5 โวลต์ โดยส่งสัญญาณขับเคลื่อนไปควบคุมขาเกตของไอจีบีที (IGBT) ผลจากการเขียนโปรแกรมโดยปรับความถี่ของสัญญาณมอดูเลชันที่ 10 เฮิรตซ์, 20 เฮิรตซ์, 30 เฮิรตซ์, 40 เฮิรตซ์ และ 50 เฮิรตซ์ สามารถที่จะปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน ตรงตามทฤษฎีที่ออกแบบไว้ ซึ่งวิธีการนี้สามารถลดความยุ่งยากในการสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ สร้างสัญญาณไซน์ 3 เฟส, สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม และวงจรสร้างสัญญาณ พีดีบีเอชเอ็ม ซึ่งสามารถใช้ทดแทนกันได้ อีกทั้งยังประหยัดในส่วยงบประมาณเนื่องจากปัจจุบันราคาบอร์ด Arduino มีราคาไม่สูงเมื่อเทียบกับการสร้างสัญญาณ พีดีบีเอชเอ็ม จากวงจรอิเล็กทรอนิกส์

คำสำคัญ: มอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน, ควบคุมความเร็วรอบ, ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This research is present the control Brushless DC Motors The new inverter type 3 phase and the board Arduino IDE signal generating sinusoidal 3 phase. And the signal wave shape triangle. Compared with the principle of modulation (Modulation). The signal output signal is a square PWM (Pulse Width Modulation) 3 signals into the series circuit dead time serves to adjust drive gate signal short circuit protection in the same branch of the series inverter. When the signals are dead time, and then enters the gate drive circuit act tuned appropriately in order to bring current switching device And stop the flow by signal conditioning + 9 V and - 5 V by gate control signal to drive their IGBT. The result of programming by adjusting the frequency of the signal modulation at 10Hz 20Hz 30Hz,,, and 40Hz 50Hz able to Control speed Brushless DC Motors On the theoretical design. This method can reduce difficulty in creating electronic circuits for generating signals 3 phase sine, triangle wave generator circuit signal and generating signals PWM which can substitute for each other. It also saves in tribute budget due to current price board Arduino is not high compared with the signal generating PWM from electronic circuit.

Keywords: Brushless DC Motor , speed control, Microcontroller

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการนำมอเตอร์มาใช้งานทางอุตสาหกรรมมีมาก โดยแยกเป็นสองแบบคือมอเตอร์กระแสตรง และมอเตอร์กระแสสลับ ซึ่งมีคุณสมบัติ ข้อดี ข้อเสีย แตกต่างกัน ส่วนหนึ่งมาจากรูปแบบของการควบคุมทั้งในส่วนของความเร็ว และแรงบิด ปัจจุบันมีความนิยมใช้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC Motors) มากขึ้น โดยมีคุณสมบัติเหมือนมอเตอร์กระแสตรง มีแรงบิดที่สูง จากคุณสมบัติข้างต้นจึงมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลมีการเติบโตที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านต่างๆ เพื่อให้ตอบสนองถึงความต้องการของลูกค้าในด้านอุตสาหกรรม มอเตอร์มีความสำคัญในการใช้เพื่อการผลิตต่างๆ จึงต้องใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง เพื่อให้การทำงานที่ดีย่อมการที่จะได้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงนั้น ต้องใช้เทคโนโลยีของมอเตอร์ และระบบควบคุมของมอเตอร์ ซึ่งที่ได้กล่าวถึงในโครงการวิจัยนี้คือ มอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน หรือที่รู้จักกันในชื่อ Brushless DC Motor มอเตอร์ดังกล่าวนี้ มีการพัฒนามาจากมอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) โดยทำการออกแบบโครงสร้างใหม่คือ โรเตอร์ (Rotor) ของมอเตอร์เดิมจะมีขดลวดพันอยู่ เปลี่ยนเป็นแม่เหล็กถาวร และส่วนของ สเตเตอร์ (Stator) เดิมเป็นแม่เหล็กถาวรเป็นขดลวด การจ่ายไฟให้กับมอเตอร์เดิมนั้นเป็นการจ่ายผ่านแปรงถ่านและซีคอมมิวเตเตอร์ เปลี่ยนเป็นจ่ายเข้าขดลวดในสเตเตอร์โดยตรง และเปลี่ยนจากการจ่ายพลังงานแบบ 1 เฟสเป็น 3 เฟส จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้เกิดข้อดีหลายประการ เช่น พลังงานเอาต์พุตของมอเตอร์ที่ได้มากขึ้น ลดการสัมผัส ลดการสูญเสียทางกล ไม่เกิดการอาร์คในขณะเริ่มทำงาน เปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของมอเตอร์ให้

กะทัดรัด สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาคือระบบการขับเคลื่อนของมอเตอร์ที่ดี การบำรุงรักษาต่ำ

การขับและการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้น สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง การปรับแต่งค่าของเส้นแรงแม่เหล็ก และการปรับแต่งค่าความต้านทานในวงจรอาร์เมเจอร์ เป็นต้น แต่วิธีเหล่านี้มีข้อเสียก็คือ มีความยุ่งยากและต้องใช้แหล่งจ่ายไฟที่มีน้ำหนักมาก และมีราคาแพง ดังนั้นจึงเกิดวิธีการควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบใหม่ โดยใช้อิเล็กทรอนิกส์กำลังในการควบคุม ซึ่งมีชื่อว่า เทคนิค พัลส์เบรดิธมูเดชัน (Pulse Width Modulations)

การควบคุมเครื่องกลไฟฟ้าโดยใช้เทคนิค พัลส์เบรดิธมูเดชัน นั้นมีลักษณะการควบคุมโดยการนำรูปคลื่นสามเหลี่ยมมาเปรียบเทียบกับแรงดันควบคุม (V control) เพื่อให้ได้รูปคลื่นที่มีลักษณะรูปคลื่นพัลส์ออกมา โดยจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์ โดยที่ ความถี่คงที่ (constant frequency with variable pulse width) แล้วนำแรงดันที่ได้จากการเปรียบเทียบซึ่งมีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยม มาควบคุมในวงจรควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า ซึ่งข้อดีของการควบคุมแบบนี้คือการรักษาแรงดันให้มีค่าคงที่ที่สูงเพราะมีการป้อนกลับของระดับแรงดันจากเอาต์พุตมาใช้ในการควบคุมด้วย ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงานในการควบคุมแรงดันต่ำ ส่งผลให้มีเสถียรภาพต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะใช้งานสูง ซึ่งเป็นวิธีที่ควบคุมได้ง่ายและมีประสิทธิภาพสูง

สำเร็จ ได้ทำการวิจัย การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านในย่านกำลังไฟฟ้าคงที่ด้วยหลักการชดเชยมุมเฟสก้าวหน้าด้วยการประยุกต์ใช้บอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัล sdPIC30F2010 ได้ทำการปรับค่ามุมเฟสก้าวหน้าที่ 5°, 10° และ 15° ทำให้มอเตอร์ทำความเร็วได้เพิ่มขึ้น(สำเร็จ ได้รวม)

กิตติศักดิ์ หมึกแดง และอดิศักดิ์ คามพินิจ ได้สร้างรถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless DC Motor 2 ตัว โดยใช้ไอซีเบอร์ MC33033 ในการควบคุมให้รถจักรยานไฟฟ้าสามารถใช้งานได้และสามารถขึ้นทางลาดชันได้ (กิตติศักดิ์ หมึกแดง และอดิศักดิ์ คามพินิจ)

ภัทร ภูมีรา การควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับตำแหน่งโรเตอร์พร้อมการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้ทำวงจรปรับปรุงตัวประกอบกำลังชนิดบูสต์สามารถลดกระแสฮาร์มอนิกส์ทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพได้ถึง92% (ภัทร ภูมีรา)

วัตถุประสงค์

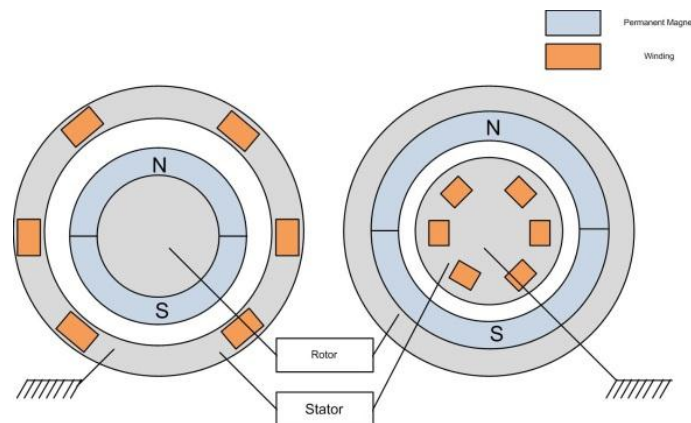
1. เพื่อออกแบบชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน
2. ศึกษาวิธีการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน
3. ศึกษาหลักการการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน(BLDCM)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่านเกิดจากการปรับเปลี่ยนโครงสร้างใหม่จากมอเตอร์กระแสตรงแบบเดิมมีส่วนประกอบที่สำคัญคือส่วนหมุนที่เป็นแม่เหล็กถาวร(rotor) และส่วนอยู่กับที่เป็นขดลวด(stator)BLDCMถ่านการกลับขั้วถูกจัดการโดยทรานซิสเตอร์กำลังซึ่งต้องถูกสวิตช์ไปตามลำดับ

พื้นฐานเกี่ยวกับ BLDCM มีองค์ประกอบทางกายภาพเหมือนกับมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไป คือ ประกอบด้วย ส่วนขดลวดอยู่กับที่ หรือสเตเตอร์ และส่วนขดลวดหมุน หรือโรเตอร์ โดยส่วน สเตเตอร์จะเป็นที่รองรับขดลวดสเตเตอร์ (จำนวน 1 ชุดต่อเฟส) และส่วน โรเตอร์จะเป็นส่วนของแม่เหล็กถาวร ทั้งนี้ BLDCM ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จะมีทั้งแบบตัวหมุน (ติดตั้งแม่เหล็กถาวร) อยู่ด้านในและแบบตัวหมุนอยู่ด้านนอก ดังแสดง ในภาพที่ 1



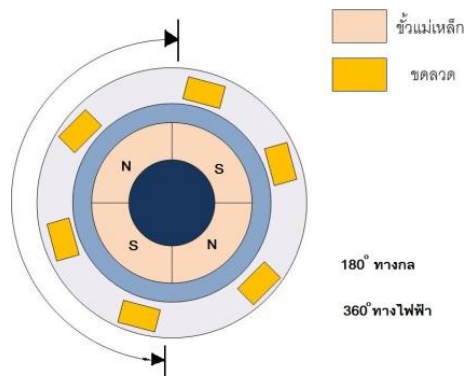
ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างภายในของมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน

จากรูปเป็นแสดงลักษณะโครงสร้างภายในของ BLDCMจากภาพสีส้มจะแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งการ

วางของขดลวดสนามแม่เหล็ก ในส่วนที่เป็นสีฟ้าจะแสดงถึงตำแหน่งของแม่เหล็กถาวรที่อยู่ใน BLDCM

BLDCM ที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบันมีตั้งแต่ 1 เฟส 2 เฟส หรือ 3 เฟส ขึ้นอยู่กับจำนวนของขดขดลวด Stator ซึ่งเป็นที่นิยมกันมากที่สุดเป็นแบบ BLDCM ชนิด 3 เฟส ทั้งนี้จำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็กถาวรที่โรเตอร์ซึ่งต้องมีอย่างน้อย 2 ขั้วแม่เหล็ก ประกอบด้วยขั้วเหนือและ

ขั้วใต้ ส่วนมอเตอร์ที่มีจำนวนขั้วแม่เหล็กถาวรมากกว่า 2 ขั้วนั้นจะมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างองศาทางกลกับองศาทางไฟฟ้าของตัวหมุนเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาทางกลกับองศาทางไฟฟ้า

จากรูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาทางกลและองศาทางไฟฟ้าได้ดังสมการ

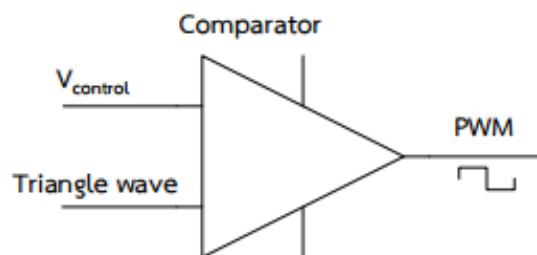
$$\theta_e = \frac{P}{2} \cdot \theta_m \quad (1)$$

เมื่อ

θ_e คือองศาทางไฟฟ้า

P คือจำนวน pole

θ_m คือองศาทางกล



ภาพที่ 3 การมอดูเลตสร้างสัญญาณ Pulse-width modulation(PWM)

จากภาพที่ 3 แสดงหลักการ การปรับความกว้างของพัลส์โดยการนำสัญญาณ"สามเหลี่ยม" กับ v มาเปรียบเทียบกับกัน โดยจะใช้เป็น รูปคลื่นไซน์

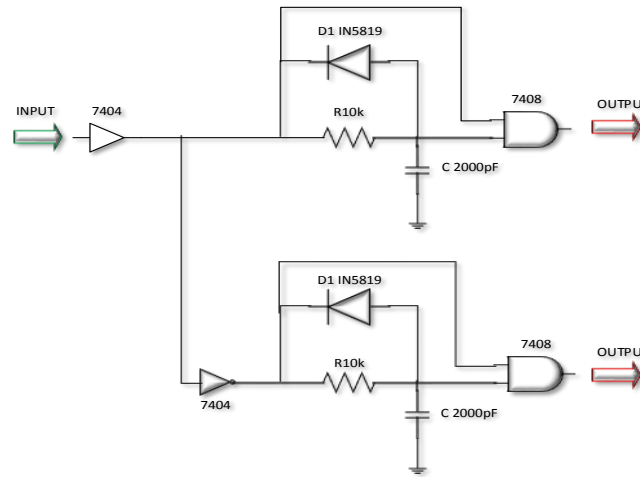
2. บอร์ด Arduino รุ่น Mega 2560

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ของ ในของตระกูล Arduino ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ ATmega 2560 ใช้แรงดันไฟฟ้า 7 - 12 แรงดันไฟฟ้าภายในระบบ 5 โวลต์ มี Digital Input / Output จำนวน 54 ขา (PWM 14 ขา) Analog Input มีจำนวน 16 ขา Serial UART 4 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด พัฒนาภาษาซีในโปรแกรม Arduino IDE เพื่อสร้างระบบ

ควบคุมการทำงานของฟังก์ชันต่างๆของเครื่องแลกเปลี่ยนสัญญาณในสมองกลฝังตัว Arduino

3. วงจรเดคโคม

วงจรถัดมาเป็นชุดวงจรที่สร้างขึ้นเพื่อป้องกันการลัดวงจรของอุปกรณ์สวิตซ์กำลัง ทั้งหกตัวเพื่อไม่ให้ทำงานพร้อมกันในกึ่งเดียวกัน และเกิดการลัดวงจร และยังเป็นชุดที่การแบ่งสัญญาณพัลส์ออกเป็น 2 ซีก ให้เป็นสัญญาณพัลส์ที่มีสัญญาณตรงกันข้าม เพื่อนำไปป้อนให้กับขาเกตของชุดวงจรถักกำลัง (ณัฐวุฒิ โปธิสาร และนาท พันเครือ, 2557)

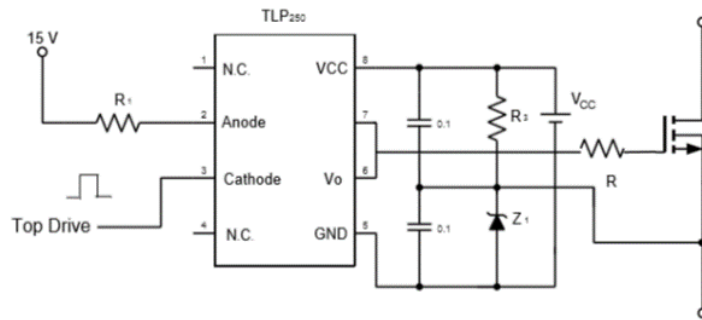


ภาพที่ 4 วงจรถัดโคม

จากภาพที่ 4 แสดงวงจรถัดโคมที่ช่วยป้องกันการ ทำงานพร้อมกันของอุปกรณ์สวิตซ์กำลัง ผู้จัดทำ ได้ใช้ไอซีแอนเกต(7408), และนอตเกต(7404)และ บัฟเฟอร์ในการสร้างสัญญาณ2ซีกเพื่อให้ช่วงเวลา ในการขับเคลื่อนให้ได้ค่าที่ต้องการคือ 3ไมโครเซค

4. วงจรขับเคลื่อน วงจรขับเคลื่อน (gate drive) นี้ ได้ถูกนำมาใช้เพื่อขับเคลื่อนของอุปกรณ์สวิตซ์กำลัง โดยอาศัยการทำให้อุปกรณ์สวิตซ์กำลังนำกระแสและหยุดนำกระแสอย่างรวดเร็วโดยการใช้ทรานซิสเตอร์

คู่คอมพลิเมนต์(complement) ต่อร่วมกันแบบวงจรถักคอลเลคเตอร์ร่วม(common collector)ทำหน้าที่ใส่ประจุและดึงประจุออกจากเกตของอุปกรณ์สวิตซ์กำลังเพื่อกระตุ้นให้การสะสมประจุและการคายประจุของเกตในอุปกรณ์สวิตซ์กำลังของวงจรถักกำลัง (กิตติศักดิ์ หมึกแดง และเอติศักดิ์ ความพินิจ, 2553)



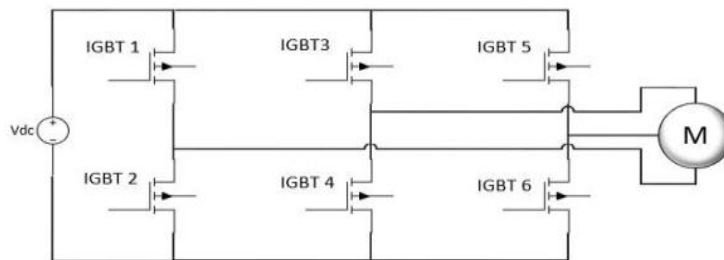
ภาพที่ 5 วงจรจับเกด TLP250

จากภาพที่ 5 แสดงวงจรจับเกดทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตมาจากวงจรเดดไทม์ ที่มีแรงดัน 3V นำมาขยายสัญญาณเป็น 12 โวลต์ และ -5 โวลต์ เพื่อส่งต่อไปให้กับวงจรภาคกำลังต่อไป

5. วงจรภาคกำลัง

วงจรกำลังคือส่วนที่ต่อกับมอเตอร์และรับแรงดันหลักโดยตรงเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ให้ทำงาน

ได้ ในการเลือกใช้วงจรภาคกำลังต้องให้เหมาะสมกับ BLDCM สามารถใช้วงจรภาคกำลังชนิด 3 เฟส แบบบริดจ์จำนวน 1 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะประกอบด้วยอุปกรณ์สวิตช์กำลัง 6 ตัว โดยทำหน้าที่ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ (ณัฐพล ประสิทธิ์สุวรรณ และพิทักษ์ วงศ์คําหาร, 2549)



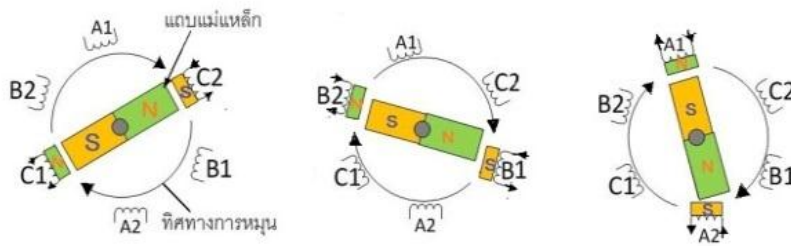
ภาพที่ 6 วงจรภาคกำลัง

จากภาพที่ 6 วงจรภาคกำลังทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตการสวิตช์ของแต่ละเฟสเพื่อจ่ายแรงดัน Vcc ให้กับ BLDCM ลักษณะการทำงาน อุปกรณ์สวิตช์กำลังตัวที่ 1 และ 2 จะรับสัญญาณกับ A' จะจับคู่กันและตัวที่ 3, 4 เป็น B, B' ตัวที่ 5, 6 เป็น C, C' ตามลำดับ

วิธีการวิจัย

การทำงานของ BLDCM จะทำงานโดยอาศัยหลักการ แรงดูด (attraction) และ แรงผลัก (repulsion) ระหว่างขั้วแม่เหล็กที่อาศัยหลักการ

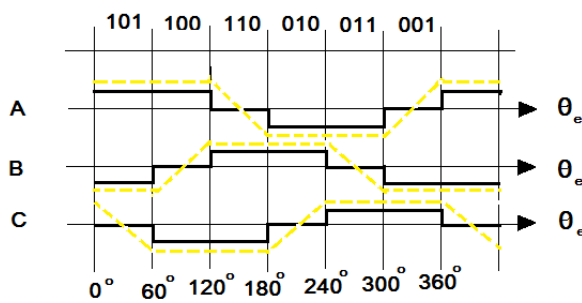
เดียวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบซิงโครนัสตั้งรูปที่ 1 โดยมีขั้นตอนการเริ่มหมุน เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดชุดที่หนึ่งของชุดขดลวดที่สเตเตอร์ ทั้งสามและสร้างขั้วแม่เหล็กนั้นเป็นแรงดูดให้สนามแม่เหล็กครบรอบของขั้วที่ต่างกัน โรเตอร์จะเคลื่อนที่ไปถ้ากระแสเลื่อนไปที่ชุดขดลวดที่ติดกัน เกิดลำดับการเปลี่ยนแปลงแต่ละชุดขดลวดทำให้โรเตอร์ติดตามการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กหมุน (เฉลิมพล เรืองพัฒนาวิวัฒน์ และยุทธนา กันทะพะเยา, 2559) จะแสดงลักษณะการหมุนดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การหมุนของ BLDCM

จากภาพที่ 7 การเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านจะอาศัยการทำงานครั้งละสองเฟส ผลลัพธ์คือจะทำให้เกิดแรงบิดมาก ด้วยเหตุ

ที่เฟสที่สามหยุดทำงานซึ่งเป็นข้อดีของระบบขับเคลื่อนทางกลที่ต้องการแรงบิดมาก สำหรับการควบคุมการทำงานแบบสองเฟส

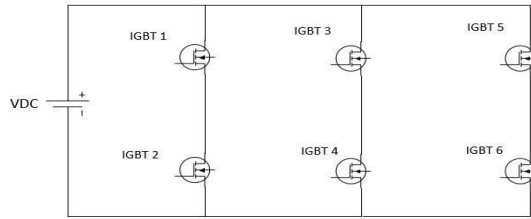


ภาพที่ 8 ลักษณะการคอมมิวเตชัน

จากภาพที่ 8 เป็นลักษณะของรูปคลื่นสัญญาณที่ทำการสวิตช์ให้กับแต่ละเฟสของ BLDCM แบบ 3 เฟสใน 1 ไซเคิล ซึ่งได้จากการเขียนโปรแกรมผ่านบอร์ดคอนโทรลเลอร์

การควบคุม BLDCM จะถูกใช้งานในโหมดของการสวิตช์ซึ่งก็หมายความว่าการทำงานของอุปกรณ์สวิตช์กำลัง (IGBT) จะทำงานในลักษณะสวิตช์ไม่เปิดก็ปิดตลอดเวลาซึ่งสามารถควบคุมโดยการควบคุมอัตราส่วนของเวลาหรือการควบคุมดิวตีไซเคิลคือ ทำการ เปิด-ปิด อุปกรณ์สวิตช์กำลัง ที่ความถี่สูงแล้ว

ควบคุมค่ากระแสเฉลี่ยโดยใช้ความสัมพันธ์ช่วงเวลาเปิดและปิด ซึ่งเราจะเรียกวงจรสวิตช์กำลัง โครงสร้างมีลักษณะเป็นวงจรถัดไป 3 เฟสแสดงดังรูปที่ 9 ในส่วนของการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ จะใช้วิธีควบคุมด้วยอุปกรณ์สวิตช์กำลังของวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรง โดยการควบคุมด้วยสัญญาณพัลส์เบิ่ลยูเอม (PWM) ซึ่งเกิดจากการมอดูเลตสัญญาณสองสัญญาณเข้าด้วยกัน คือสัญญาณฟันเลื่อย (Saw tooth) และสัญญาณรูปคลื่นไซน์ (Sine wave) แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 9 วงจรบริดจ์สามเฟสควบคุมมอเตอร์

จากภาพที่ 9 แสดงลักษณะการวางไอจีบีทีใน วงจรกำลังกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า Vdc ไอจีบีทีตัวที่ 1 และ 2 จะรับสัญญาณ A กับ A' จะจับคู่กันและตัวที่ 3, 4 เป็น B, B' ตัวที่ 5, 6 เป็น C, C' ตามลำดับ การทำงานนั้นคู่เดียวกันจะไม่ทำงานพร้อมกัน จะทำงาน ทีละ 2 เฟส เช่น A-B', A-C', B-C' เป็นต้น

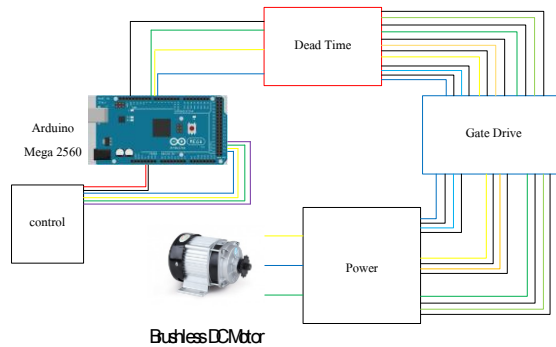
การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรง ถ่านจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1. Software ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 ในการเขียนโปรแกรม

2. Hardware

2.1 ระบบจำลองชุดควบคุมมอเตอร์กระแสตรง แบบไม่มีแปรงถ่าน

วงจรประกอบด้วยบอร์ด Arduino Mega 2560 วงจรเดดไทม์ (Dead Time), วงจรขับเกต (Gate Drive) และวงจรกำลังบริดจ์สามเฟส โดยมี รูปการเชื่อมต่อระหว่างวงจรมอเตอร์กับบอร์ดดังรูปที่ 10



ภาพที่ 10 วงจรแบบจำลองของชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน

จากภาพที่ 10 แสดงการจำลองของชุดควบคุม BLDCM ในการควบคุมจะใช้การเขียนโค้ดลงบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ สร้างสัญญาณควบคุมออกมา 3 สัญญาณ (PWM) คือ เฟส A, B และ C จากนั้นส่ง ต่อไปยังวงจรเดดไทม์ เพื่อทำการแบ่งซิกสัญญาณ ออกเป็นสองซิกที่ตรงข้ามกันแล้วให้มีการหน่วงเวลา การเริ่มทำงานและการหยุดการทำงานของสัญญาณ ผ่านตรงนี้จะได้สัญญาณมาจำนวน 6 สัญญาณ A -

A', B - B', และ C - C' จากนั้นเข้าสู่วงจรขับเกต วงจรขับเกตจะทำการขยายแรงดันจาก 3 โวลต์ เป็น 12 โวลต์ และ -5 โวลต์ เพื่อทำการสั่งอุปกรณ์สวิตช์ กำลังจ่ายแรงดันแต่ละเฟสให้กับมอเตอร์

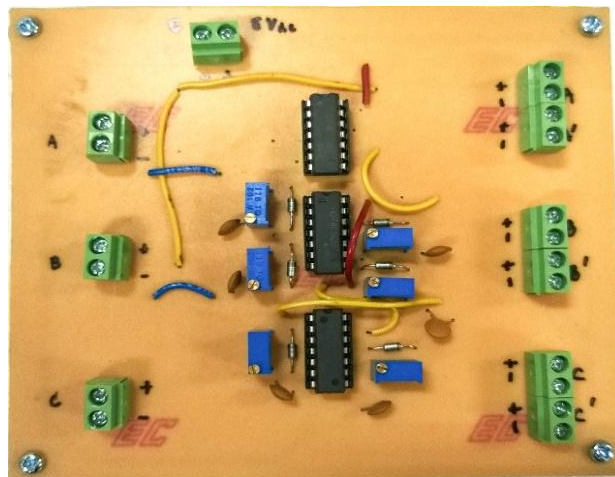
จากภาพที่ 10 แสดงการเชื่อมต่อวงจรเข้ากับ ขาของบอร์ด Arduino Mega 2560 ซึ่งประกอบไปด้วยช่องสัญญาณได้แก่ ช่องสัญญาณ พินดับเบิลยูเอ็ม และช่องสัญญาณดิจิทัล (Digital) โดยใช้แหล่งจ่าย

จากบอร์ด 5 โวลต์ การเชื่อมต่อช่องสัญญาณ พีดับเบิลยูเอ็ม เชื่อมต่อกับวงจร เดดไทม์(Dead Time) และช่องสัญญาณดิจิทัล(Digital) เชื่อมต่อกับวงจรควบคุมทิศทางการหมุนและความเร็วของมอเตอร์

2.2 วงจรเดดไทม์

ในวงจรได้เลือกใช้ไอซี แอนเกต (7308), นอตเกต (7404) และบัฟเฟอร์ในการสร้างสัญญาณพัลส์

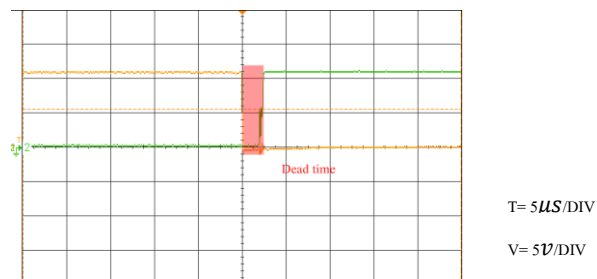
2 ซีก และทำให้คาบเวลาในการหน่วงการปิดเปิดอุปกรณ์สวิตซ์กำลังป้องกันไม่ให้เกิดการเสียหาย ให้ได้รูปคลื่นสัญญาณพัลส์ที่หน่วงเวลาประมาณ 3 ไมโครเซค ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของสัญญาณรูปคลื่น



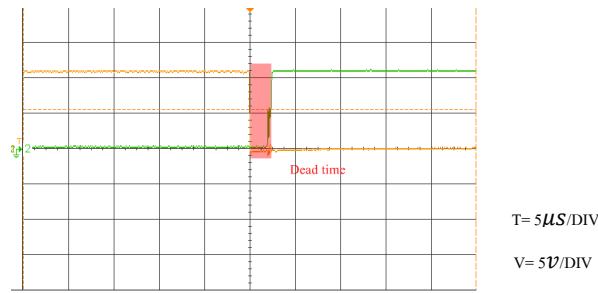
ภาพที่ 11 วงจรเดดไทม์

จากภาพที่ 11 แสดงวงจรเดดไทม์เป็นวงจรที่ช่วยป้องกันการทำงานพร้อมกันของอุปกรณ์สวิตซ์กำลังทั้งหมดตัวไม่ให้เกิดการลัดวงจรในกึ่งเดียวกัน ใน

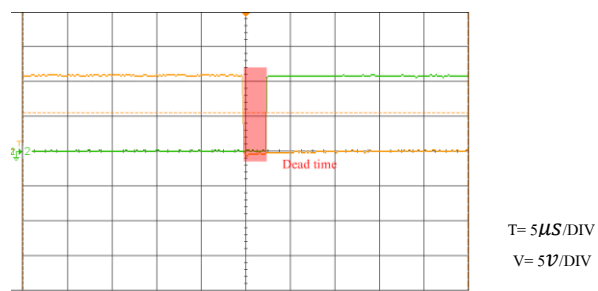
การสร้างสัญญาณหน่วงเวลาในการขับเคลื่อนได้ค่าที่ต้องการคือ 3ไมโครเซค



ภาพที่ 12 รูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตวงจรเดดไทม์ระหว่าง เฟส A และ A'



ภาพที่ 13 รูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตวงจรเดดไทม์ระหว่าง เฟส B และ B'



ภาพที่ 14 รูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตวงจรเดดไทม์ระหว่าง เฟส C และ C'

จากภาพที่ 12-14 แสดงตำแหน่งช่วงเวลา
วิกฤตในการที่จะเริ่มการทำงานของแต่ละเฟสเพื่อ
ป้องกันการ ทำงานพร้อมกัน หรือทำให้เกิดการ
ลัดวงจรจึงได้ทำไว้เพื่อหน่วงเวลา 3 ไมโครเซค

2.3 วงจรขับเคลื่อน

นำชุดขับเคลื่อนตัวขับรูปคลื่นสัญญาณโดยวัดที่
อินพุตของวงจรขับเคลื่อนเทียบกับเอาต์พุตของวงจรขับเคลื่อน

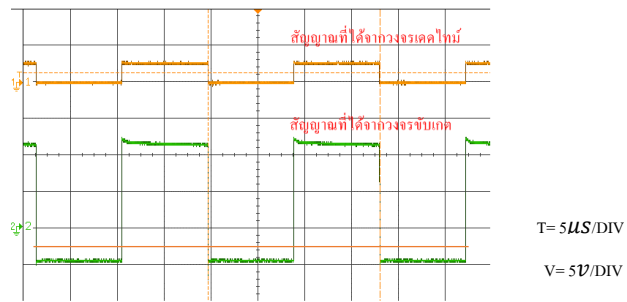
จะได้ออกสัญญาณพัลส์ที่ออกมาเพื่อนำไปขับเกตของ
ชุดอุปกรณ์สวิตช์กำลัง โดยสัญญาณพัลส์ทางซีกบวก
จะนำไปขับเกตตัวที่ 1, 3 และ 5 ส่วนสัญญาณพัลส์
ทางซีกลบจะนำไปขับเกตตัวที่ 2, 4 และ 6



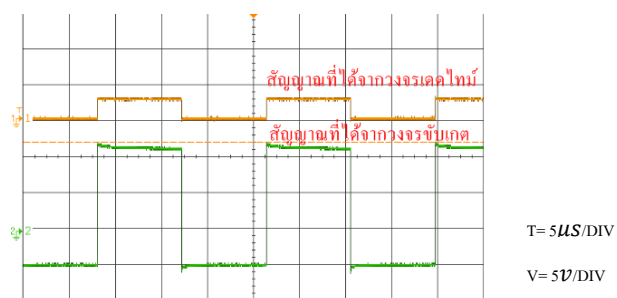
ภาพที่ 15 วงจรขับเคลื่อน

จากภาพที่ 15 แสดงวงจรขับเคลื่อนโดยนำ
สัญญาณที่ได้มาจากวงจรเดดไทม์มาผ่านไอซี เบอร์
TLP250 เพื่อนำไปขับเกตทั้ง 6 ตัวของชุดอุปกรณ์
สวิตช์กำลังโดยไอซีเบอร์ TLP250 จะทำหน้าที่ปรับ

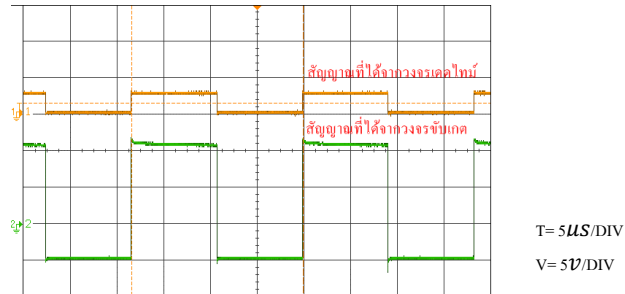
สัญญาณเอาต์พุตที่ 12 โวลต์ และ -5 โวลต์ ให้เหมาะสม
ในการสั่งให้อุปกรณ์สวิตช์กำลังทั้ง 6 ตัว นำกระแส
และหยุดนำกระแสตามที่ออกแบบไว้



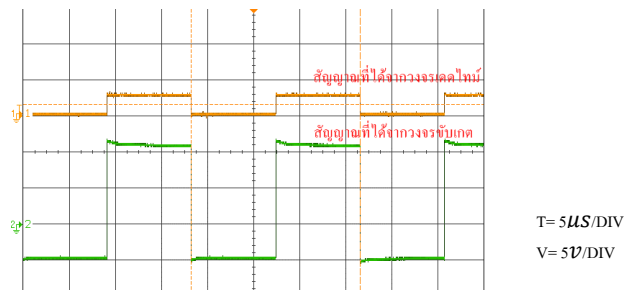
ภาพที่ 16 รูปคลื่นสัญญาณอินพุตวงจรขับเคลื่อนเทียบกับคลื่นสัญญาณเอาต์พุต เฟส A



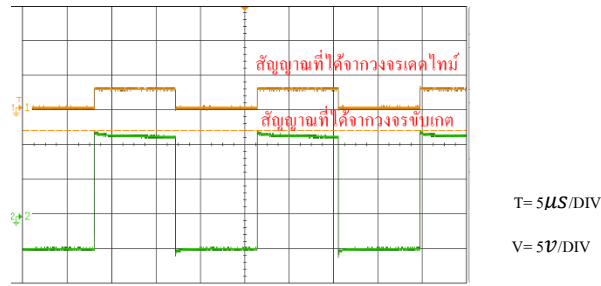
ภาพที่ 17 รูปคลื่นสัญญาณอินพุตวงจรขับเคลื่อนเทียบกับคลื่นสัญญาณเอาต์พุต เฟส A



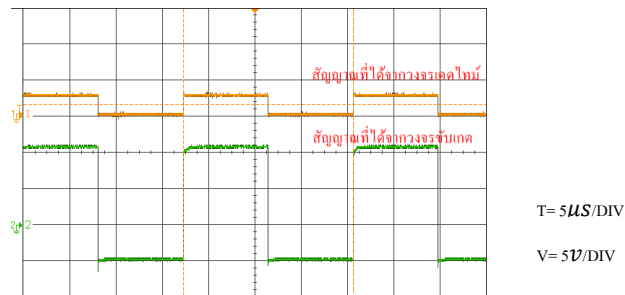
ภาพที่ 18 รูปคลื่นสัญญาณอินพุตวงจรขับเคลื่อนเทียบกับคลื่นสัญญาณเอาต์พุต เฟส B



ภาพที่ 19 รูปคลื่นสัญญาณอินพุตวงจรขับเคลื่อนเทียบกับคลื่นสัญญาณเอาต์พุต เฟส B'



ภาพที่ 20 รูปคลื่นสัญญาณอินพุตวงจรชั้บเกิดเทียบกับคลื่นสัญญาณเอาต์พุต เฟส C

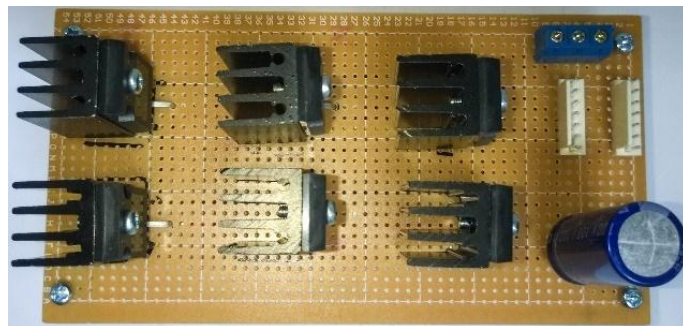


ภาพที่ 21 รูปคลื่นสัญญาณอินพุตวงจรชั้บเกิดเทียบกับคลื่นสัญญาณเอาต์พุต เฟส C'

จากภาพที่ 16-21 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณที่ได้จากวงจรเดดไทม์และสัญญาณที่ได้จากวงจรชั้บเกิด ได้แรงดันสูงสุดของวงจรเดดไทม์ที่ 3 โวลต์และวงจรชั้บเกิดจะอยู่ที่ 12 โวลต์ และ -5 โวลต์

2.4 วงจรภาคกำลัง

ในส่วนของวงจรภาคกำลังจะประกอบด้วยอุปกรณ์สวิตช์กำลังในงานวิจัยใช้ ไอจีบีที เบอร์ HGTC20N60B3D40A/600V/N-Channel6 ตัว ซึ่งจะใช้ไอจีบีทีเป็นอุปกรณ์สวิตช์กำลัง โดยอาศัยการทำให้ไอจีบีทีนำกระแสและหยุดนำกระแสอย่างรวดเร็วโดยที่ไอจีบีที จะทำงานทีละ 1 คู่แต่จะไม่ทำงานพร้อมกันในกิ่งเดียวกัน



ภาพที่ 22 วงจรภาคกำลัง

จากภาพที่ 22 แสดงชุดวงจรกำลังโดยการใช้
วงจรกำลังบริดจ์ 3 เฟส ในการส่งจ่ายแรงดันให้กับ
มอเตอร์ในวงจรกำลังจะประกอบไปด้วย ไอจีบีที ใช้
ทั้งหมด 6 ตัวด้วยกัน

ผลการวิจัย

จากการทดสอบชุดควบคุมความเร็วรอบ
มอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน ในสภาวะที่ไม่
มีโหลด หมุนตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา
โดยการปรับเพิ่มความถี่ เฮิรตซ์(Hz) จากบอร์ด
ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตั้งแต่ 0-50 เฮิรตซ์ตามตาราง
ที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา

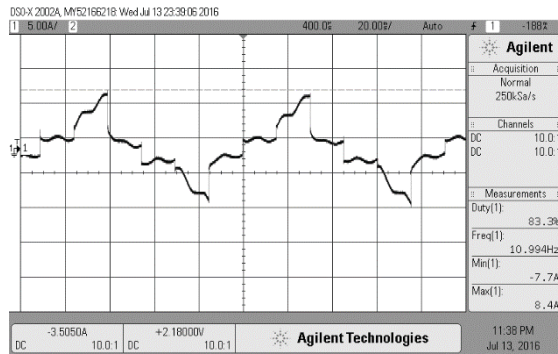
ความถี่ Hz	กระแส A			แรงดัน V	จำนวน รอบ RPM
	A	B	C		
10	0.39	0.37	0.40	12	100
20	0.42	0.39	0.39	12	200
30	0.41	0.40	0.40	12	300
40	0.42	0.42	0.39	12	400
50	0.42	0.43	0.40	12	500

*ค่า ดิวตี้ไซเคิลที่ 50%

ตารางที่ 2 มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา

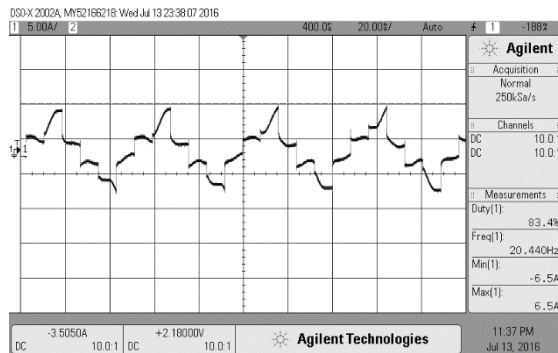
ความถี่ Hz	กระแส A			แรงดัน V	จำนวนรอบ RPM
	A	B	C		
10	0.38	0.39	0.40	12	100
20	0.38	0.41	0.40	12	200
30	0.38	0.40	0.39	12	300
40	0.39	0.40	0.40	12	400
50	0.41	0.40	0.39	12	500

*ค่า ดิวตี้ไซเคิลที่ 50%



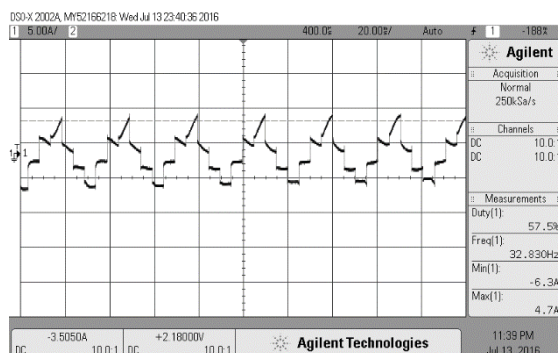
ภาพที่ 23 เฟส U ปรับความถี่ ที่ 10 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 23 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส U ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ที่ 10 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



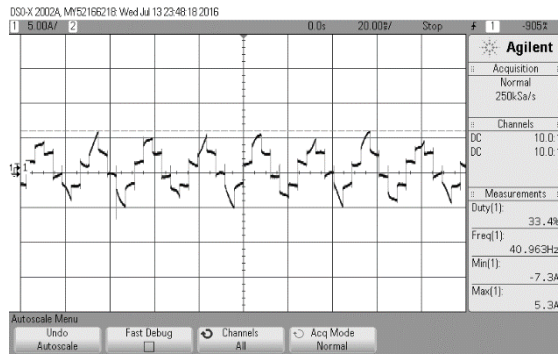
ภาพที่ 24 เฟส U ปรับความถี่ 20 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 24 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส U ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ที่ 20 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



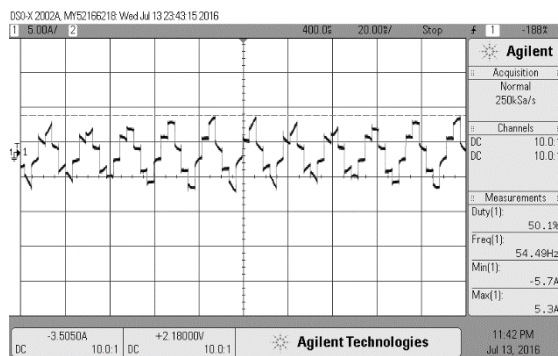
ภาพที่ 25 เฟส U ปรับความถี่ 30 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 25 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส U ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ที่ 30 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



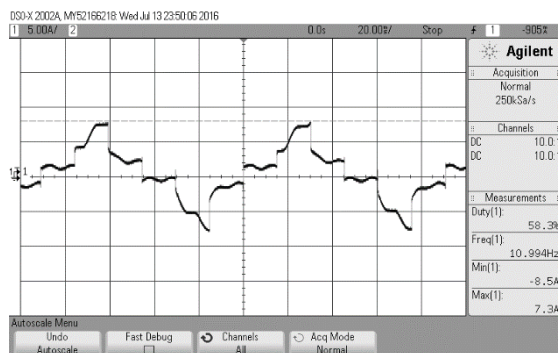
ภาพที่ 26 เฟส U ปรับความถี่ 40 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 26 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส U ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 40 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



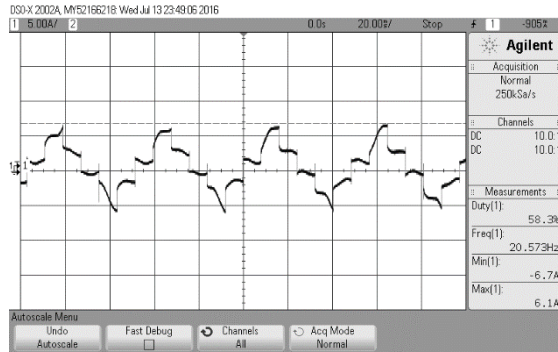
ภาพที่ 27 เฟส U ปรับความถี่ 50 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 27 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส U ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



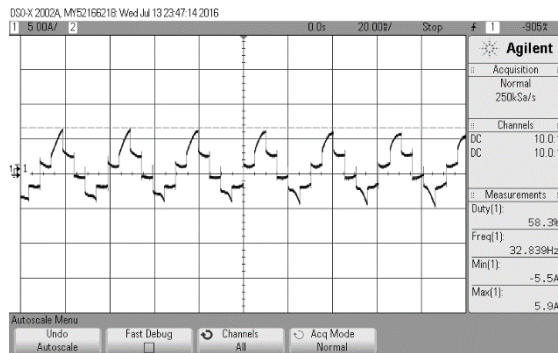
ภาพที่ 28 เฟส V ปรับความถี่ 10 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 28 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส V ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



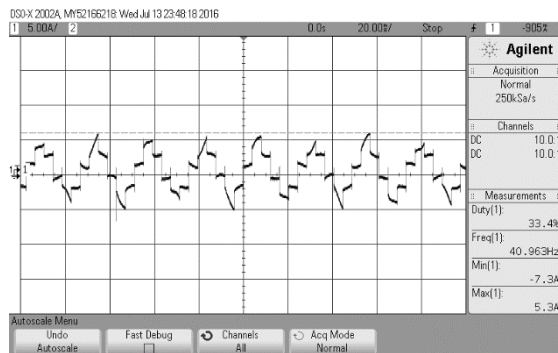
ภาพที่ 29 เฟส V ปรับความถี่ 20 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 29 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส V ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 20 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



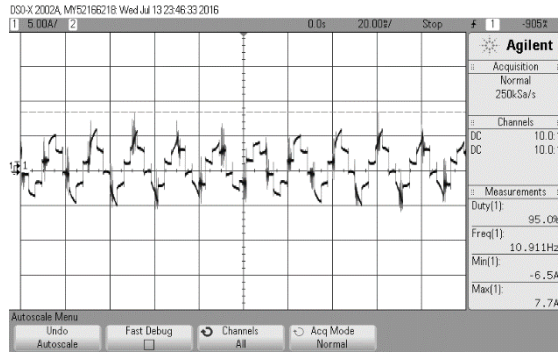
ภาพที่ 30 เฟส V ปรับความถี่ 30 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 30 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส V ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



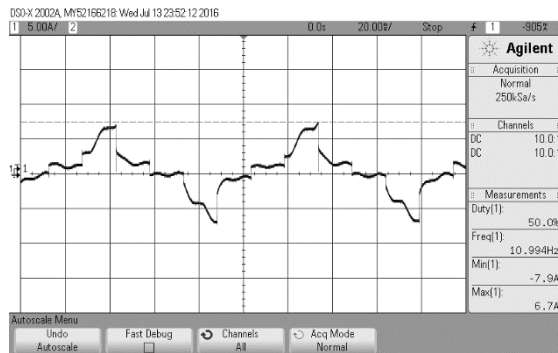
ภาพที่ 31 เฟส V ปรับความถี่ 40 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 31 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส V ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 40 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



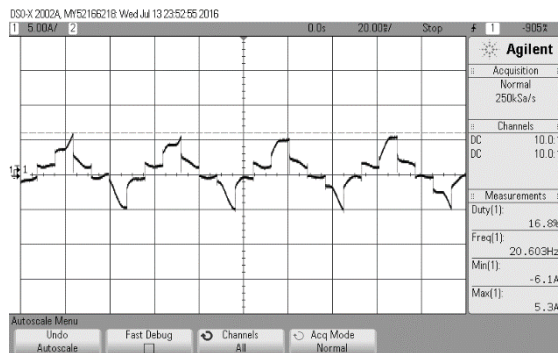
ภาพที่ 32 เฟส V ปรับความถี่ 50 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 32 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส V ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



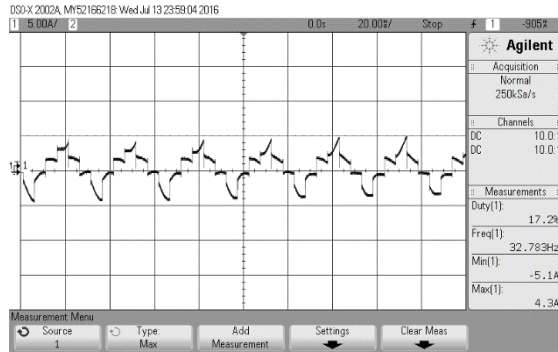
ภาพที่ 33 เฟส W ปรับความถี่ 10 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 33 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส W ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



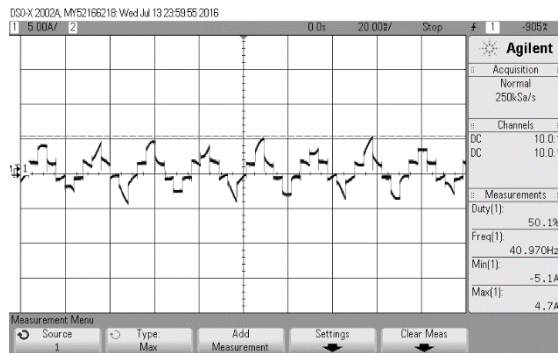
ภาพที่ 34 เฟส W ปรับความถี่ 20 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 34 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส W ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 20 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



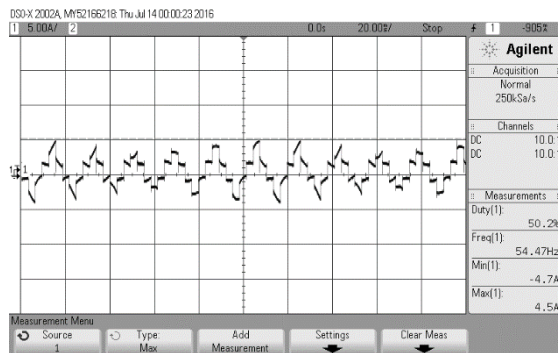
ภาพที่ 35 เฟส W ปรับความถี่ 30 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 35 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส W ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 36 เฟส W ปรับความถี่ 40 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 36 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส W ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 40 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพที่ 37 เฟส W ปรับความถี่ 50 เฮิร์ตซ์

จากภาพที่ 37 แสดงรูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการวัดเฟส W ของมอเตอร์ขณะที่ทำงานด้วยความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ โดยทำการปรับขากชุดควบคุมจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

อภิปรายผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ในการออกแบบและสร้างชุดควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน (BLDCM) โดยนำบอร์ด Arduino มาพัฒนาร่วมกับโปรแกรม Matlab&Simulink เพื่อลดความยุ่งยากในการสร้างวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้โปรแกรม Matlab&Simulink จำลองสัญญาณรูปคลื่นไซน์ 3 เฟส และสัญญาณรูปคลื่น 3 เหลี่ยม นำสัญญาณทั้งสองเปรียบเทียบกันได้สัญญาณ พีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) 3 สัญญาณ จากนั้นทำการถ่ายข้อมูลลงบอร์ด Arduino เพื่อนำสัญญาณที่ได้ผ่านวงจรเดคโคมป์ วงจรขับเกต และภาควงจรถูกำลัง ในการทดลองขับมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่านตามลำดับ จากผลการดำเนินการข้างต้นพบว่าใน ส่วนของการจำลองในโปรแกรม Matlab&Simulink ผลที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีที่ออกแบบไว้ เมื่อดำเนินการถ่ายข้อมูลลงบอร์ด Arduino พบว่าสัญญาณที่วัดจากเอาต์พุตบอร์ด Arduino ไม่ตรงกับสัญญาณที่จำลองใน Matlab&Simulink ไม่สามารถนำไปใช้เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์สวิตซ์กำลังได้ จึงปรับวิธีการโดยใช้การเขียนโค้ด ผ่านโปรแกรม Arduino version 1.6.9 โดยใช้วิธีปรับค่าความถี่ของสัญญาณ ควบคุม โดยปรับค่าความถี่ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 5 ค่า คือ 10เฮิร์ตซ์, 20เฮิร์ตซ์, 30 เฮิร์ตซ์, 40เฮิร์ตซ์ และ 50เฮิร์ตซ์ ซึ่งจากผลการทดลองสามารถนำสัญญาณที่ได้ผ่านวงจรเดคโคมป์ วงจรขับเกต และภาควงจรถูกำลังสามารถขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่านได้ตามตารางที่ 1 และ 2 ปัญหาที่พบในการทดลองอีกส่วนที่สำคัญคือ อุปกรณ์สวิตซ์กำลังไม่หยุดนำกระแสทำให้เกิดการลัดวงจรในกิ่งเดียวกันทำให้อุปกรณ์สวิตซ์กำลังเกิดความเสียหาย ได้แก่ปัญหาโดยการตรวจสอบและปรับแต่ง สัญญาณ เดคโคมป์ให้มีความเหมาะสมก่อนการทดลอง และปรับระดับสัญญาณขับเกตให้มีค่าเป็น 12โวลต์ และ -5โวลต์ เพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์

สวิตซ์กำลังจะนำกระแสและหยุดนำกระแสตามที่ ออกแบบไว้

สรุป

จากผลทดสอบชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน โดยใช้บอร์ด Arduino มาทดแทนวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำมาใช้ได้จริงโดยการเขียนโค้ด โปรแกรมในการทดลองใช้ค่าตัวตั้งไซเคิลที่ 50% และปรับค่าความถี่สัญญาณควบคุมที่ 10เฮิร์ตซ์, 20เฮิร์ตซ์, 30เฮิร์ตซ์, 40เฮิร์ตซ์ และ 50เฮิร์ตซ์ผลการทดสอบเป็นไปตาม ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 โดยทำการทดสอบแบบ การหมุนตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งเมื่อทำการปรับความถี่ ใช้แรงดันคงที่ 12 โวลต์ จะเห็นได้ว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์เพิ่มขึ้นตามความถี่ที่ แปรผันแรงดัน (V/F) ตรงตามทฤษฎีที่ต้องการเพิ่มความถี่ก็สามารถเปลี่ยนค่าตัวตั้งไซเคิลให้มีค่าสูงขึ้นได้เช่นกัน ข้อสังเกตการณ์ใช้บอร์ด Arduino พัฒนาร่วมกับโปรแกรม Matlab&Simulink ในกรณีสร้างสัญญาณ พีดับเบิลยูเอ็ม 3 เฟส ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความถี่ที่ใช้งาน กับความรูปคลื่นที่ได้จากเอาต์พุตบอร์ด Arduino และผลที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม Matlab&Simulink ไม่ตรงกันจึงยังไม่สามารถใช้ทดสอบการขับเคลื่อน BLDCM

กิตติกรรมประกาศ

โครงการออกแบบและสร้างชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน ในครั้งนี้จะดำเนินการราบรื่นไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์ และให้การสนับสนุน จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิติพงษ์ สมไชยวงศ์และอาจารย์ท่านอื่นๆและบุคคลที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่คอยให้ความรู้ และแนวทางการแก้ปัญหาแก่ตัวผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของผู้วิจัยที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนตลอดมา

สุดท้ายนี้คุณประโยชน์อันใดที่เกิดจากโครงการนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้นที่คอยให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณโอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

สำเร็จ เต็มรวม. การวิจัย การควบคุมมอเตอร์

กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านในย่านกำลังไฟฟ้า

คงที่ด้วยหลักการชดเชยมุมเฟสก้าวหน้าด้วย

การประยุกต์ใช้บอร์ดประมวลผลสัญญาณดิจิทัล

ตอล sdPIC30F2010. ปริญญาวิศวกรรมศาสตร

มหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

กิตติศักดิ์ หมึกแดง และอดิศักดิ์ คามพินิจ.

รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless

DC Motor 2 ตัวภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า. คณะ

ครุศาสตร์อุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ภัทร ภูมีรา. การควบคุมความเร็วมอเตอร์

กระแสตรงไร้แปรงถ่านแบบไร้ตัวตรวจจับ

ตำแหน่งโรเตอร์พร้อมการปรับปรุงค่าตัว

ประกอบกำลังไฟฟ้า. ปริญญาวิศวกรรมศาสตร

มหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณัฐวุฒิ โปธิสาร และ นาท พันเครือ. (2557).

การควบคุมระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า

กระแสตรงแบบสี่จุดภาคด้วยเทคนิคยูนิโพลาร์.

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขา

วิศวกรรมไฟฟ้า. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

รัตนโกสินทร์ เชียงราย.

กิตติศักดิ์ หมึกแดง และอดิศักดิ์ คามพินิจ. (2553).

รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless

DC Motor 2 ตัว. ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

บัณฑิต. ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า. มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ณัฐพล ประสิทธิ์สุวรรณ และพิทักษ์ วงศ์หาหาร.

(2549). รถจักรยานไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า. คณะครุศาสตร์

อุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ.

เฉลิมพล เรื่องพัฒนาวิวัฒน์ และยุทธนา กันทะพะเยา.

(2559). การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ไร้แปรงถ่านด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับ

จักรยาน สามล้อไฟฟ้า. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า.

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

แบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียนด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

Energy Conservation in the Classroom Model by using MCS-51 Microcontroller

ปกรณ์ สุนทรเมธ^{1*}, ขนิษฐา หอมจันทร์², ประพันธ์ ณีรัตน์³ และ พงศธร ทะภูมินทร์⁴
Pakorn Suntornmeth^{1*}, Kanitha Homjun², Prapun Neerut³ and Pongsatorn Tapumin⁴

- ^{1,2} สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
- ^{3,4} สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
- ^{1,2} Department of Information Technology, Faculty of Sciences and Agricultural Technology,
Rajamangala University of Technology Lanna
- ^{3,4} Department of Computer Technology, Faculty of Sciences and Agricultural Technology,
Rajamangala University of Technology Lanna
- * Corresponding author e-mail: pakorns@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์และเพื่อเป็นการอนุรักษ์พลังงาน โดยควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียน ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วนักศึกษา มักจะลืมตรวจสอบการปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าก่อนออกจากห้องเรียน เช่น พัดลม เครื่องปรับอากาศ และไฟส่องสว่างภายในห้อง เป็นต้น จึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทแอร์หรือพัดลมอาจจะไม่สัมพันธ์กับจำนวนนักศึกษาที่อยู่ในห้อง จากสาเหตุข้างต้นผู้วิจัยจึงได้สร้างแบบจำลองเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้อง โดยใช้เซ็นเซอร์อินฟราเรด (IR Sensor) เพื่อตรวจจับการเข้าออกประตูของผู้ใช้ห้องเรียนและเปิด/ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าให้สัมพันธ์กับจำนวนคนภายในห้องร่วมกับควบคุมอุณหภูมิภายในห้องเรียน โดยใช้บอร์ด Microcontroller MCS-51 ควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องเรียน ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 98 ทั้งยังสามารถลดภาระของอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า และลดการสูญเสียเปลืองพลังงาน

คำสำคัญ: ไมโครคอนโทรลเลอร์, เซ็นเซอร์อินฟราเรด, การอนุรักษ์พลังงาน

Abstract

This research purpose aims to reduce energy consumption and conservative energy by control power turn on/off electrical device such as electronic fan, air conditioner and light that leave unattended in the classroom. From this problem, researcher develop energy conservation model to control electronic device in the class room by using infrared sensor to detect number of people in/out through the door and turn on/off electronic device that related to number of people and temperature in class room by using MCS-51 microcontroller board. The result show that the developing model that incorporated with MCS-51 microcontroller can turn on/off electrical device follow the assigned condition of temperature and number of student that stayed inside the classroom correctly within 98 percent.

Keywords: Microcontroller, IR sensor, Energy Conservation

บทนำ

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานในช่วงไตรมาสแรกของปี 2558 มีปริมาณ 19,721 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 4.1 คิดเป็นมูลค่ากว่า 245,753 ล้านบาท การใช้พลังงานยังคงเพิ่มขึ้น ตามการเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยที่น้ำมันสำเร็จรูปยังคงเป็นพลังงานที่ใช้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 48.6 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด รองลงมา ประกอบด้วย ไฟฟ้า พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม พลังงานหมุนเวียนถ่านหิน/ ลิกไนต์ และก๊าซธรรมชาติคิดเป็น ร้อยละ 18.2 11.5 8.0 7.7 และ 6.0 ตามลำดับ พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญ ในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชน และเป็นปัจจัยพื้นฐานการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม ในปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานภายในประเทศ ได้ขยายตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ท่ามกลางปัญหาทางเศรษฐกิจ จึงก่อให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรงที่ไม่อาจปฏิเสธได้ในหลายองค์การทั้งภาครัฐและเอกชนจึงเร่งหามาตรการ เพื่อช่วยบรรเทาผลกระทบทางด้านพลังงานที่เกิดขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ร่วมมือกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (อภิญา พูลทรัพย์, 2557) เพื่อร่วมเป็นส่วนหนึ่งในองค์การประหยัดพลังงาน โดยมุ่งเน้นไปที่ระบบแสงสว่างภายในมหาวิทยาลัยโดยเปลี่ยนเป็นหลอดประหยัดพลังงาน LED และการเปลี่ยนเป็นเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงทดแทนเครื่องปรับอากาศเดิมที่มีประสิทธิภาพต่ำ นอกจากการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว การอนุรักษ์พลังงานเป็นสิ่งที่ทุกคนในสังคมสามารถมีส่วนร่วมได้ แต่ต้องอาศัยการสร้างแหล่งความรู้ ช่องทางการถ่ายทอด และการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้อุรักษ์พลังงานในห้องเรียน เพื่อหาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียน โดยการนับจำนวนคนเข้า-ออก การวัดอุณหภูมิภายในห้องเรียน เพื่อให้ทำการ

ควบคุมการเปิด-ปิด ไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ พัดลม โดยใช้ระบบอัตโนมัติ เพื่อลดภาระของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า และลดการสูญเสียของพลังงาน เมื่อไม่มีผู้ใช้งานได้

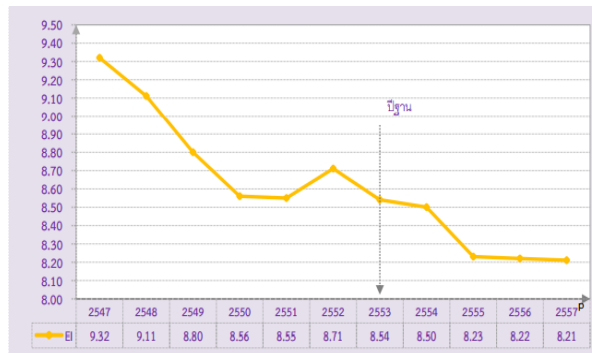
วัตถุประสงค์

1. เพื่อควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องเรียน
2. เพื่อลดภาระของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้พลังงาน กรณีที่ไม่มีผู้ใช้

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีที่สัมพันธ์กับแบบจำลองเทคโนโลยีในการอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียน พบว่ากลุ่มสถิติข้อมูลพลังงาน ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2558)(กลุ่มสถิติข้อมูลพลังงาน ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558) ได้สรุปสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยเดือนมกราคม 2558 ว่า ประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอันดับที่สองรองจากพลังงานน้ำมันสำเร็จรูป โดยเพิ่มขึ้นจากช่วงเดียวกันของปีก่อน ร้อยละ 0.6

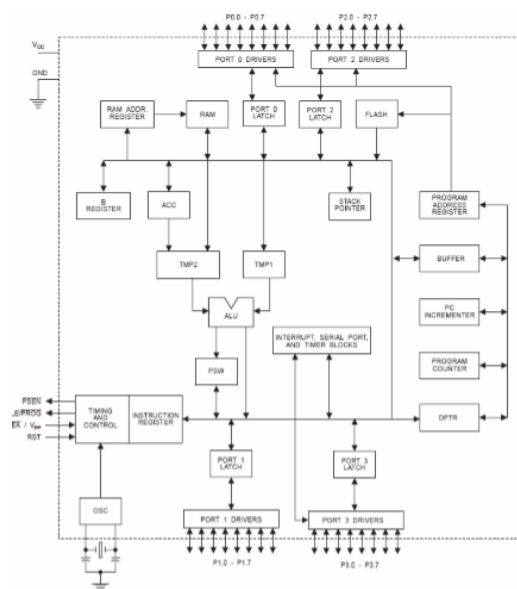
สถานการณ์การอนุรักษ์พลังงาน จากการที่ภาครัฐมีนโยบายส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยได้จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573) มีเป้าหมายที่จะลดความเข้มการใช้พลังงาน (energy intensity) ลงร้อยละ 25 ในปี 2573 จากปี 2553 ซึ่งได้ให้การสนับสนุนด้านการเงินในการดำเนินโครงการด้านอนุรักษ์พลังงานทดแทน ตลอดจน การศึกษา วิจัย การสร้างความรู้ ความเข้าใจ การฝึกอบรม ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน ได้ส่งผลโดยรวมต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศ โดยดัชนีประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศ (Energy Intensity) ใน ปี พ.ศ. 2557 ลดลงร้อยละ 2.4 จากปี พ.ศ. 2553 ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟแสดงสถานการณ์การอนุรักษ์พลังงาน

ทีมงานสมาร์ทีลรีนนิ่ง, (2550) ได้กล่าวถึง ไมโครคอนโทรลเลอร์ คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความสามารถในการทำงานมากขึ้น โดยเราสามารถเปลี่ยนแปลงลำดับการทำงานได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขโปรแกรมภายในหน่วยความจำ ทำให้เราสามารถนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้ารอบตัว

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, (2548) ได้กล่าวถึงโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีโครงสร้างและสถาปัตยกรรมที่มีความคล้ายกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 4 กิโลไบต์ มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ขาสัญญาณมีจำนวน 40 ขา มีโครงสร้างพื้นฐานแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51

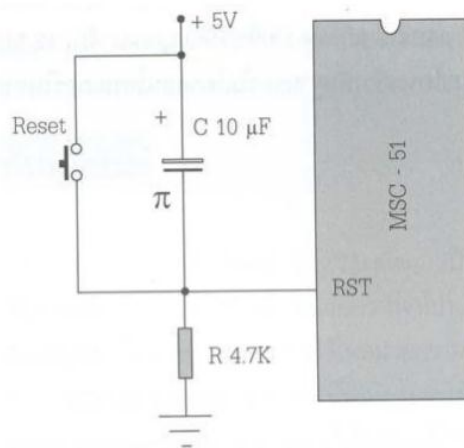
วงจรรีเซต สำหรับการตั้งค่าเริ่มต้นให้กับแบบจำลองการรีเซตของวงจรมicroคอนโทรลเลอร์จะต้องป้อนสัญญาณลอจิก “1” เข้าที่ขา Reset นานไม่ต่ำกว่า 2 แมกซ์ซีเคิล โดยที่ 1 แมกซ์ซีเคิลจะใช้เวลา 1 คาบเวลา ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาเวลาของแมกซ์ซีเคิลได้จาก

1 คาบเวลา = 1 / ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา
กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเท่ากับ 12 MHz
ดังนั้น

1 คาบเวลา = $1 / 12 \times 10^6 = 0.08333 \mu\text{sec}$
และ 1 แมกซ์ซีเคิล = $12 \times \text{คาบเวลา} = 12 \times 0.08333 = 1 \mu\text{sec}$

ดังนั้น

2 แมกซ์ซีเคิล = $2 \times 1 = 2 \mu\text{sec}$
ดังนั้น ในการออกแบบวงจรรีเซตจะต้องให้วงจรรีเซตสถานะเป็นลอจิก “ 1 ” ไม่น้อยกว่า 2 μsec ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วงจรรีเซต

ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ DS1820 เป็นไอซีตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้การติดต่อแบบระบบบัส 1 สาย มีขาต่อใช้งานเพียง 3 ขา คือ DQ ซึ่งเป็นขาเชื่อมต่อกับระบบบัส ขาต่อไฟเลี้ยงภายนอก ขากราวด์ หัวใจสำคัญของ DS1820 อยู่ที่ตัวตรวจจับอุณหภูมิและหน่วยความจำความเร็วสูง ที่เรียกว่า สแครตช์แพด (Scratchpad) ซึ่งมีขนาด 9 ไบต์

Infrared (IR) คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง 1,011 – 1,014 เฮิรตซ์ หรือความยาวคลื่น 10³–10⁶ เมตร เรียกว่า รังสีอินฟราเรด หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า คลื่นความถี่สั้น (Millimeter waves) ซึ่งจะมีย่านความถี่คาบเกี่ยวกับย่านความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ วัตถุร้อนจะแผ่รังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า 10⁴

เมตร ออกมา หรือ ก็คือแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่าแสงสีแดง ดังนั้นจึงไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตาของมนุษย์ แต่ประสาทสัมผัสผิวหนังของมนุษย์สามารถรับรังสีอินฟราเรดได้

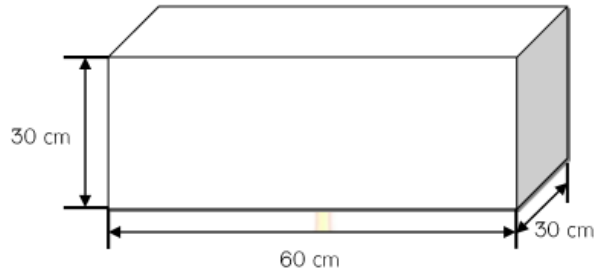
วีระพงศ์ จันทร์สังข์, (2556) ได้ศึกษาโครงการชุดช่วยประหยัดไฟฟ้าในบ้าน หลักการทำงานของวงจรถือคือเมื่อมีคนเดินผ่านชุดเซนเซอร์ PIR จะมีพัลส์ลูกเล็กๆเกิดขึ้น เนื่องมาจากตัว PIR จะทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากตัวของคน ในขณะที่มีการเคลื่อนไหว โดยผลการวิจัยพบว่าชุดประหยัดไฟฟ้าในบ้านสามารถใช้งานได้จริง เมื่อลิมิตปิดไฟภายในบ้านทั้งยังสามารถช่วยให้ประหยัดค่าไฟฟ้าและยังนำไปประยุกต์ใช้งานด้านความปลอดภัยได้

วิธีการวิจัย

1. วัสดุอุปกรณ์

แบบจำลองห้องเรียน สร้างจากไม้อัดหนา 2 แผ่น แผ่นอะครีลิกใสหนา ภายในห้องประกอบด้วย

โมเดลโต๊ะ เก้าอี้ เเดินสายไฟฟ้า ติดตั้งหลอดไฟ (จำลองหลอดไฟเป็นพัดลม และเครื่องปรับอากาศ) เบรกเกอร์ และตู้เหล็กไฟฟ้า เซนเซอร์อินฟราเรด และ ชุดตรวจจับอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะและรูปแบบจำลองห้องเรียน

2. วิธีการศึกษา

2.1 ติดตั้งเซนเซอร์อินฟราเรด บริเวณประตูทางเข้า-ออก โดยแบ่งเป็นประตูเข้าออกอย่างละ 1 ประตู เพื่อนับจำนวนคนเข้าออกห้องเรียน ดังรูปที่ 5 อธิบายได้ ดังนี้

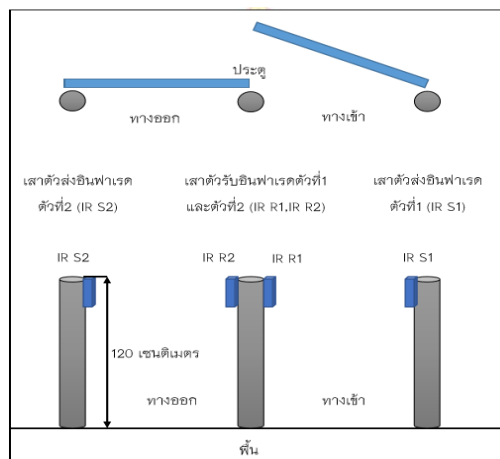
ประตูเข้า

นำชุดรับส่งเซนเซอร์อินฟราเรดชุดที่ 1 ประกอบด้วยตัวส่งอินฟราเรดตัวที่ 1 (IR S1) และตัวรับ อินฟราเรดตัวที่ 1 (IR R1) ในช่องทางเข้า โดย

ติดตั้งสูงจากพื้น 120 เซนติเมตรและตัวรับ - ตัวส่งห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร แต่ไม่เกิน 8 เมตร

ประตูออก

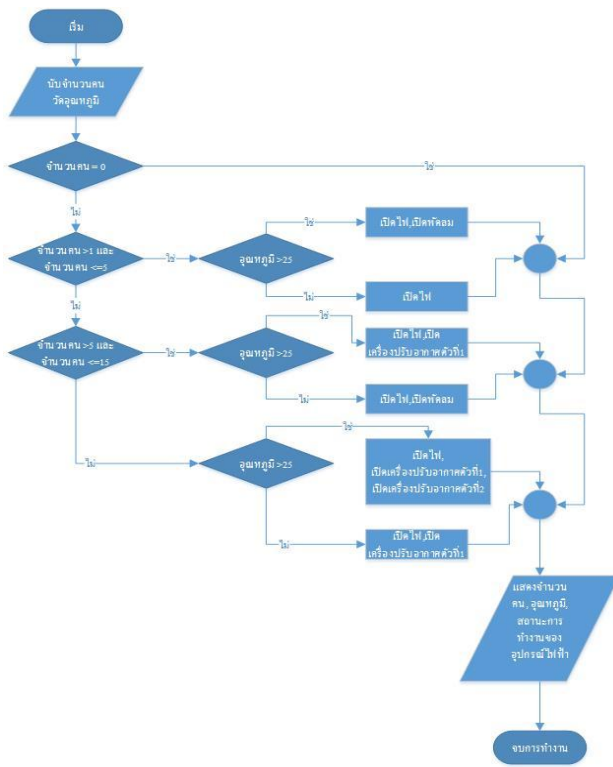
นำชุดรับส่งเซนเซอร์อินฟราเรดชุดที่ 2 ประกอบด้วยตัวส่งอินฟราเรดตัวที่ 2 (IR S2) และตัวรับ อินฟราเรดตัวที่ 2 (IR R2) ในช่องทางออก โดยติดตั้งสูงจากพื้น 120 เซนติเมตรและตัวรับ - ตัวส่งห่างกันอย่างน้อย 1 เมตร แต่ไม่เกิน 8 เมตร



ภาพที่ 5 แสดงแบบการติดตั้งเซนเซอร์อินฟราเรด

2.2 การตรวจสอบอุณหภูมิ
 มี 2 เงื่อนไข ในการทดสอบอุณหภูมิ คือ
 อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิสูง

กว่า 25 องศาเซลเซียส ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนคนเข้า
 ออกจากในห้องเรียน ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภาพการทำงานของระบบ

ผลการวิจัย

จากการทดสอบการทำงานของระบบ สามารถสรุปได้จากการทดสอบการทำงานจำนวน 10 ครั้งตามตารางที่ 1 อธิบายได้ดังนี้

- จำนวนคน 1-5 คน อุณหภูมิน้อยกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟ ยกตัวอย่างดังรูปที่ 7
- จำนวนคน 1-5 คน อุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟและพัดลม
- จำนวนคน 6-15 คน อุณหภูมิน้อยกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ ไฟฟ้าที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟและพัดลม

- จำนวนคน 6-15 คน อุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ ไฟฟ้าที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟและเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1
- จำนวนคนมากกว่า 15 คน อุณหภูมิน้อยกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟและเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1
- จำนวนคนมากกว่า 15 คน อุณหภูมิมากกว่า 25 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานได้แก่ หลอดไฟ เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 และ เครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 ยกตัวอย่างดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 แสดงการทำงานของหลอดไฟและพัดลมเมื่อมีคนเข้ามาในห้อง 1-5 คน และอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส

โดยที่ L = หลอดไฟ

A = เครื่องปรับอากาศตัวที่ 2

F = พัดลม

a = เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1



ภาพที่ 8 แสดงการทำงานของหลอดไฟเครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 และ 2

ทำงานเมื่อมีคนเข้ามาในห้องมากกว่า 15 คน และอุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบการทำงานของระบบ

ครั้งที่	จำนวนคน	อุณหภูมิ		ผลการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า	ผลสรุป
		น้อยกว่า 25 °C	มากกว่า 25°C		
1	1		/	หลอดไฟติด พัดลมทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
2	3		/	หลอดไฟติด พัดลมทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
3	5	/		หลอดไฟติด	ทำงานตามเงื่อนไข
4	6	/		หลอดไฟติด พัดลมทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
5	9		/	หลอดไฟติด เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 ทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
6	12	/		หลอดไฟติด พัดลมทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
7	15		/	หลอดไฟติด เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 ทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข แต่นับจำนวน คนเข้าผิด

8	16		/	หลอดไฟติด เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 ทำงาน เครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 ทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
9	20	/		หลอดไฟติด เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 ทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไข
10	25		/	หลอดไฟติด เครื่องปรับอากาศตัวที่ 1 ทำงาน เครื่องปรับอากาศตัวที่ 2 ทำงาน	ทำงานตามเงื่อนไขแต่นับจำนวน คนเข้ามิด

อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบการทำงานของระบบเทคโนโลยีอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียน ระบบสามารถทำงานตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ซึ่งในการทดสอบได้มีการตรวจพบข้อผิดพลาดในการทำงานของตัวเซ็นเซอร์นับคนเข้าออก ประการแรกคือ การเดินผ่านหรือวิ่งผ่านตัวเซ็นเซอร์นับคนเข้า-ออกอย่างรวดเร็ว นั้น เซ็นเซอร์อาจจะไม่สามารถตรวจจับและนับจำนวนได้ถูกต้องและประการที่สอง การเดินเข้า-ออกห้องเรียนต้องเดินเข้า-ออกทีละ 1 คนเท่านั้น เพราะการเดินซ้อนหรือชิดกันมากเกินไปจะทำให้เซ็นเซอร์นับจำนวนได้เพียง 1 คน ซึ่งมีสาเหตุจากลำแสงอินฟราเรดเป็นคลื่นสั้น เดินทางเป็นเส้นตรงไม่สามารถผ่านวัตถุทึบแสงและสามารถสะท้อนแสงในวัสดุผิวเรียบได้เหมือนกับแสงทั่วไป

สรุป

แบบจำลองการอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียน โดยประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์แสงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อหาแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในห้องเรียน โดยการนับจำนวนคนเข้า-ออกและการวัดอุณหภูมิภายในห้องเรียนสามารถควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เครื่องปรับอากาศ พัดลม หลอดไฟให้แสงสว่าง

โดยใช้ระบบอัตโนมัติเพื่อลดภาระของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า และลดการใช้พลังงานโดยไม่เกิดประโยชน์ เมื่อไม่มีผู้ใช้งานและเป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานจริง หรือประยุกต์สร้างอุปกรณ์อื่นที่มีหลักการทำงานใกล้เคียงกันในเชิงพาณิชย์ได้

ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มวงจรตรวจจับควันไฟ เพื่อส่งสัญญาณเตือนให้ผู้ที่อยู่ภายในอาคารทราบ
2. เปลี่ยนประตูเข้าออกห้องเรียนให้เหลือเพียง 1 ประตูเข้าออกพร้อมกัน
3. ใช้กล้องตรวจจับความเคลื่อนไหวภายในห้องด้วยการประมวลผลภาพ
4. ใช้อุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและอาจเพิ่มอุปกรณ์การวัดแสงสว่างด้วยถ้ามีแสงสว่างเพียงก็ไม่ต้องเปิดไฟ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่ให้ความอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยครั้งเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มสถิติข้อมูลพลังงาน ศูนย์สารสนเทศข้อมูล

พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558) .

สรุปสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย

ไตรมาสที่1/2558. สืบค้นจาก

http://www4.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/frontpage_apr_58.pdf.

ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. (2550) . PIC Microcontroller

Learning-By-Doing ด้วยภาษา C ฉบับรวมเครื่อง

โปรแกรมและอุปกรณ์ครบชุด. กรุงเทพฯ: สมาร์ท

เลิร์นนิ่ง.

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุลและชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล.

(2548). ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์

MCS-51. กรุงเทพฯ: อินโนเวทีฟ เอ็กเพอ

ริเมนต์.

วีระพงศ์ จันทร์สังข์. (2556). ชุดช่วยประหยัดไฟฟ้าใน

บ้าน. สืบค้นจาก <http://aimagin.com/blog/>

โครงการชุดช่วยประหยัดไฟฟ้า/?lang=th.

อภิญา พูลทรัพย์. (2557). ราชชมงคลล้านนาจับมือ

กฟภ.ร่วมเป็นส่วนหนึ่งในองค์กรประหยัด

พลังงาน. สืบค้นจาก <http://www.rmutl.ac.th/>.

การพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วย ในการควบคุมน้ำหนักด้วยการคำนวณแคลอรีบนอุปกรณ์เคลื่อนที่

Application Development for Control Weight Calorie Calculation on Mobile Device

ชนิษฐา หอมจันทร์^{1*}, วรวิทย์ ฟื้นคำอ้าย² และ ปิยะภรณ์ จิลา³
Kanitha Homjun^{1*}, Worawit Fankamai² and Piyaporn Tila³

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

^{2,3} สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

¹ Department of Information Technology, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Nan

^{2,3} Department of Computer Science, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Nan

* Corresponding author e-mail: kanithahomjun@gmail.com

บทคัดย่อ

โรคอ้วนถือเป็นปัญหาหนึ่งของทั่วโลกและยังเป็นหนึ่งในกลุ่มโรคไม่ติดต่อ (NCDs) อีกทั้งโรคอ้วนยังเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคเบาหวาน โรคหัวใจ และมะเร็ง โรคอ้วนมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมต่างๆของชีวิตประจำวัน เช่น การรับประทานอาหาร การออกกำลังกาย ดังนั้นการเปลี่ยนนิสัยในการรับประทานอาหารและการออกกำลังกาย เพื่อควบคุมน้ำหนักจะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพอย่างหนึ่ง ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมช่วยควบคุมแคลอรี (MyCalories) บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยสามารถคำนวณปริมาณ ดัชนีมวลกาย, อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย, พลังงานที่ใช้ในแต่ละวัน และจำนวนแคลอรีในอาหารนั้นๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักใช้คำนวณดัชนีมวลกาย อัตราการเผาผลาญพลังงานของตนเอง พลังงานที่ต้องใช้ในแต่ละกิจกรรมและจำนวนแคลอรีในอาหารที่รับประทาน ซึ่งพัฒนาด้วยภาษาจาวา บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และใช้ระบบฐานข้อมูล SQLite จากผลการวิจัยพบว่าผู้ที่ทดลองใช้เป็นระยะเวลาหนึ่งเดือนมีค่าดัชนีมวลกายลดลงโดยเพศชายอายุระหว่าง 20-29 ปีมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกายที่ 0.71 กก./ม.² ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของดัชนีมวลกายของช่วงอายุระหว่าง 30-39 และช่วงอายุระหว่าง 40-50 ปี ส่วนในเพศหญิงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงดัชนีมวลกายมีค่าเท่ากับทั้งสามช่วงอายุคือ 0.81 กก./ม.²

คำสำคัญ: ควบคุมน้ำหนัก, คำนวณดัชนีมวลกาย, คำนวณแคลอรี, โรคอ้วน

Abstract

Obesity is considered as a serious issue in worldwide and this disease is one of Non-communicable diseases (NCDs) and obesity is one of the main causes of diabetes, heart disease and cancer. Obesity is associated with various habits of daily life such as eating, physical exercise. Therefore, changing the habit on eating and physical exercise to control body weight is effective solution. We, the authors, had been developed calorie control helper application (My Calories) that can calculate BMI, BMR, TDEE and calories from food. The purpose of this application to help user who want to control their weight use this application to calculate BMI, BMR, TDEE, gain calories and amount of calories use on each activity. This application has been developed by Java Programming Language on Android and use SQLite as Database. The result show that users who use for 1 month could reduce BMI for 0.71 kg/m² on age between 20-29 years old that more than age between 30-39 and 40-50 years old, women can reduce BMI for 0.81 kg/m² all three age intervals.

Keywords: Control weight, BMI, BMR, TDEE, Obesity

บทนำ

กลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง(Non-Communicable Disease – NCDs) ประกอบด้วย โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดสมองและหัวใจโรคถุงลมโป่งพอง โรคมะเร็ง โรคความดันโลหิตสูง และโรคอ้วนลงพุง โดยเฉพาะโรคอ้วนลงพุงเกิดจากรับประทานอาหารที่ไม่เหมาะสม(หวานจัด มันจัด เค็มจัด) ขาดการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการนำโปรแกรม My Calories มาใช้ควบคู่กับการควบคุมน้ำหนักเพื่อให้ผู้ใช้งานควบคุมปริมาณแคลอรีที่ได้รับให้เพียงพอต่อปริมาณแคลอรีที่ได้ใช้ไปในแต่ละวัน และมีการตรวจสอบจากดัชนีมวลกาย(Body Mass Index – BMI) เพื่อวัดระดับดัชนีมวลกายว่าเกินกว่าที่กำหนดหรือไม่

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมช่วยควบคุมน้ำหนักด้วยการคำนวณแคลอรีบนอุปกรณ์เคลื่อนที่
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนา

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กลุ่มโรค NCDs (Non - Communicable Diseases) [1](สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค, 2558) คือ กลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดสมองและหัวใจ โรคถุงลมโป่งพอง โรคมะเร็ง โรคความดันโลหิตสูง และโรคอ้วนลงพุง สาเหตุเกิดจากพฤติกรรมการใช้ชีวิตที่ไม่สมดุลหรือไม่ดี เช่นการรับประทานอาหารที่ไม่เหมาะสม(หวาน มัน เค็มจัด) ขาดการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ พักผ่อนไม่เพียงพอ มีความเครียดมาก สูบบุหรี่และดื่มแอลกอฮอล์มากเกินไป และพบว่ากลุ่มโรคจาก NCDs มีอัตราผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตสูงสุด 6 โรคได้แก่ โรคเบาหวาน (Diabetes Mellitus) โรคหลอดเลือดสมองและหัวใจ (Cardiovascular & Cerebrovascular

Diseases) โรคถุงลมโป่งพอง (Emphysema) โรคมะเร็ง (Cancer) โรคความดันโลหิตสูง (Hypertension) โรคอ้วนลงพุง (Obesity) ซึ่งกลุ่มโรค NCDs เกิดจากพฤติกรรมในการดื่มแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ ขาดการออกกำลังกาย รับประทานอาหารหวานมันเค็มจัด ความเครียด ซึ่งในการวิจัยนี้จะเน้นเกี่ยวกับโรคที่เกิดจากการรับประทานอาหาร

โรคอ้วนลงพุง(Obesity)(สายสมร ผลตองนอก และคณะ, 2558)(สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค, 2558) เป็นสภาวะทางการแพทย์ที่มีการสะสมไขมันร่างกายมากถึงขนาดที่อาจมีผลเสียต่อสุขภาพ ทำให้มีการคาดหมายคงชีพ(life expectancy) ลดลงและมีปัญหาสุขภาพเพิ่มขึ้น หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง การพิจารณาว่าบุคคลใดอ้วนนั้นพิจารณาจากดัชนีมวลกาย(Body Mass Index: BMI) ซึ่งเป็นการวัด มีค่าเท่ากับน้ำหนัก(หน่วยเป็นกิโลกรัม) หารด้วยส่วนสูง (หน่วยเป็นเมตร) ยกกำลังสอง บุคคลที่มีดัชนีมวลกายเกิน 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตรถือว่าเป็นโรคอ้วน โดยดัชนีมวลกายในช่วง 25-30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ถือว่าเป็นน้ำหนักส่วนเกิน โรคอ้วนนั้นเพิ่มโอกาสการเป็นโรคหลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคหัวใจ เบาหวาน ภาวะหยุดหายใจขณะหลับชนิดอุดกั้น มะเร็งบางชนิด และโรคข้อเสื่อม โรคอ้วนเกิดจากการรับพลังงานจากอาหารมากเกินไป การขาดกิจกรรมทางกาย และความเสี่ยงของพันธุกรรมร่วมด้วย

การจำกัดอาหารเป็นอีกวิธีหนึ่งในการรักษาโรคอ้วน สามารถปรับปรุงคุณภาพอาหารโดยการลดการบริโภคอาหารพลังงานสูง เช่น อาหารที่มีไขมันและน้ำตาลสูง และโดยการเพิ่มการรับใยอาหาร โรคอ้วนเป็นสาเหตุการตายอันดับต้นๆ ทั่วโลกที่สามารถป้องกันได้ โดยมีอัตราเพิ่มขึ้นทั้งในผู้ใหญ่และเด็ก

หลักในการควบคุมอาหารหรือการควบคุมน้ำหนักนั้นใช้วิธีการควบคุมแคลอรีคิดคำนวณจากการควบคุมพลังงานในอาหารที่รับประทานกับพลังงานที่ใช้ในแต่ละวัน โดยพลังงานที่น้อยกว่าที่

เหมาะสมในแต่ละวันคือ 500 กิโลแคลอรี ปฏิบัติได้ติดต่อกันใน 1 สัปดาห์ จะทำให้น้ำหนักตัวลดลง 0.5 กิโลกรัม การปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอจะสามารถลดน้ำหนักตัวได้ 2 กิโลกรัมในหนึ่งเดือน จำนวนพลังงานที่ใช้ในแต่ละวันของผู้หญิงโดยปกติจะอยู่ที่ 1,400 กิโลแคลอรี และผู้ชายจะอยู่ที่ 1,800 กิโลแคลอรี ดังนั้นผู้ที่ต้องควบคุมน้ำหนักต้องรับประทานอาหารให้ไม่เกินจำนวนแคลอรีที่ใช้ในแต่ละวัน

การใช้พลังงานพื้นฐานของร่างกาย(Basal energy expenditure: BEE หรือBasal Metabolic rate: BMR) เป็นพลังงานพื้นฐานที่ร่างกายต้องการเพื่อใช้ในการทำงานของเซลล์เนื้อเยื่อ และอวัยวะต่างๆของร่างกายใน 24 ชั่วโมงในห้องที่มีอุณหภูมิและสิ่งแวดล้อมพอเหมาะ วัดในท่านอนและต้องอดอาหารมากกว่า 10 ชั่วโมงและกำหนดให้ W เป็นค่าน้ำหนักหน่วยเป็นกิโลกรัม H เป็นส่วนสูงเป็นเซนติเมตร และ A คืออายุสามารถเขียนในรูปแบบของสมการได้คือ

$$\text{BMR (หญิง)} = 65.6 + 9.56W + 1.85H - 4.68A$$

$$\text{BMR (ชาย)} = 66.5 + 13.75W + 0.5H - 6.78A$$

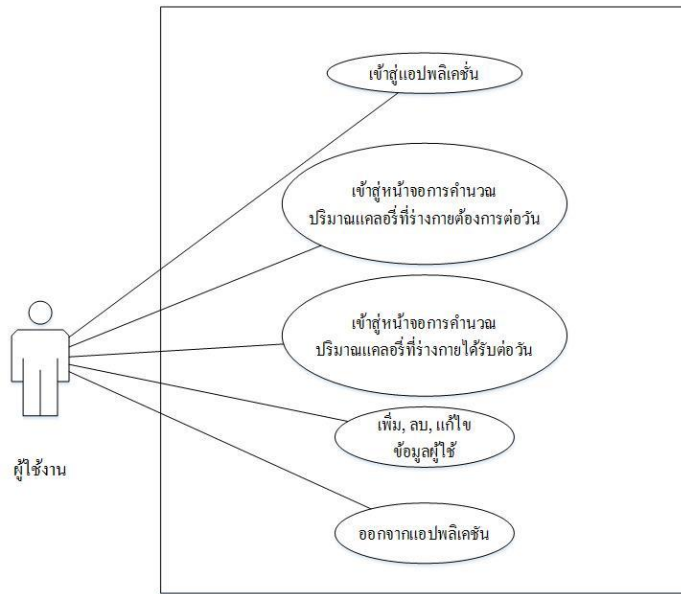
พลังงานที่ใช้ทั้งหมดในแต่ละวัน(Total Daily Energy Expenditure : TDEE) เป็นค่าพลังงานที่ใช้ทั้งหมดในแต่ละวัน เมื่อมีการทำกิจกรรมต่างๆ โดยวิธีการโดยมีวิธีการคำนวณโดยคำนวณจากค่า BMR แล้วนำไปคูณด้วยตัวแปร โดยค่าของตัวแปรจะขึ้นอยู่กับลักษณะของกิจกรรมและการออกกำลังกาย

จากการวิจัยของ Fletcher Lu (F. Lu and M. Lemonde, 2014)(F. Lu, K. Turner and B. Murphy, 2013), Yoshi taka Kato (Y. Kato, T. Suzuki, K. Kobayashi and Y. Nakauchi, 2012), Takuo Suzuki(Y. Kato, T. Suzuki, K. Kobayashi and Y. Nakauchi, 2012) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมน้ำหนักโดยใช้เว็บแอปพลิเคชัน โปรแกรมในโซเชียลเน็ตเวิร์ค และโปรแกรมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ในกลุ่มนักเรียนอายุ 15-17 ปี พบว่ามีสุขภาพและน้ำหนักที่ดีขึ้นและค่า BMI ลดลงเพียงเล็กน้อย

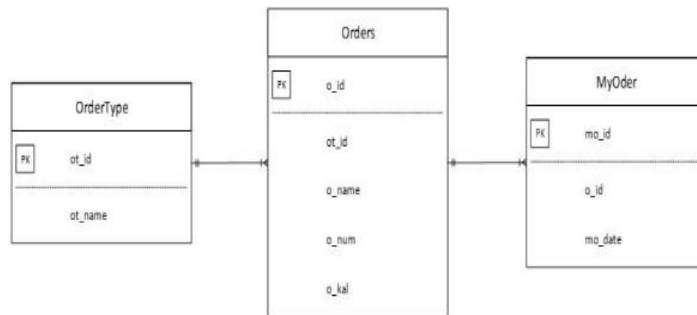
ปิ่นทอง (2558) (ปิ่นทอง ทองเฟื่อง และ ธวัชชัย สหพงษ์, 2558) และคณะได้พัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ เรื่อง รักสุขภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความพึงพอใจ ของนักศึกษาที่มีต่อแอปพลิเคชัน เรื่อง รักสุขภาพ โดยผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($X = 4.45$, $S.D. = 0.62$) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.33 – 4.57 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อยู่ระหว่าง 0.51 – 0.76

วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบโปรแกรมคำนวณแคลอรีและใช้ SQLite ในการจัดเก็บข้อมูล เพื่อใช้ในการวิจัย และวิธีการใช้งานของโปรแกรมเพื่อใช้ควบคู่กับการควบคุมน้ำหนักของผู้ใช้งาน แสดงดังภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1 ยูสเคสไดอะแกรม ของ MyCalories



ภาพที่ 2 อีอาร์ไดอะแกรม ของ MyCalories

จากภาพที่ 1 ผู้ใช้งานสามารถเพิ่ม/ลบ/แก้ไขเมนูอาหารแต่ละเมนู บันทึกข้อมูลปริมาณแคลอรี และสามารถคำนวณแคลอรีต่อวันที่รับประทานเข้าไปได้ แอปพลิเคชันจะทำการบันทึกข้อมูลการเลือกรับประทานอาหารของผู้ใช้งานภายใน 1 วัน เท่านั้นในวันถัดไปจะถูกลบแบบอัตโนมัติเพื่อเริ่มเลือกเมนูอาหารใหม่ แอปพลิเคชันจะมีด้วยกันทั้งหมด 6 เมนูหลัก ดังต่อไปนี้

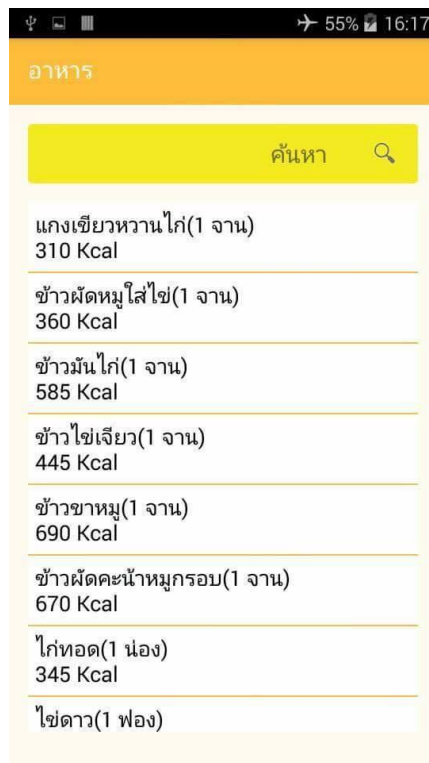
- เมนูคำนวณ ค่า BMI เพื่อให้ผู้ใช้งานคำนวณ BMI ของตนเองว่าขณะนี้ค่าเท่าใด ดังรูปที่ 3
- เมนูคำนวณ ค่า BMR เพื่อให้ผู้ใช้งานคำนวณค่า BMR หรือจำนวนแคลอรีที่ใช้งานในแต่ละวัน ดังรูปที่ 3 หลักจากนั้นสามารถดูการ

เปรียบเทียบปริมาณแคลอรีที่ร่างกายได้รับ กับปริมาณแคลอรีที่ร่างกายต้องการในแต่ละวัน ดังรูปที่ 5

- เมนูแสดงค่าพลังงานจากอาหาร เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่าค่าแคลอรีที่ได้รับจากอาหารแต่ละชนิด ดังรูปที่ 4
- เมนูแสดงค่าพลังงานจากเครื่องดื่มเพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่าค่าแคลอรีที่ได้รับจากเครื่องดื่มแต่ละชนิด
- เมนูแสดงค่าพลังงานจากผลไม้เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่าค่าแคลอรีที่ได้รับจากเครื่องดื่มแต่ละชนิด
- เมนูการเพิ่มลบเมนูอาหารจากผู้ใช้งานดังภาพที่ 6



ภาพที่ 3 แสดงเมนูการใช้งานต่างๆ ของโปรแกรม



ภาพที่ 4 แสดงเมนูการแสดงผลจำนวนแคลอรีของอาหาร



ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอปริมาณแคลอรีที่ร่างกายได้รับ



ภาพที่ 6 แสดงเมนูการเพิ่มเมนูอาหาร

โดยหลังจากให้ผู้ทดลองใช้โปรแกรม MyCalories จำนวน 30 คน จำนวนควบคุม น้ำหนักของตนเองเป็นระยะเวลา 1 เดือน และทำการสำรวจจำนวนน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

หลังจากการการใช้โปรแกรมและค่า BMI ที่เปลี่ยนไป โดยมีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 30 ชุด กลุ่มผู้ใช้งานตั้งแต่อายุ 20 – 50 ปี

ตารางที่ 1 แสดงค่าดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม) กับภาวะน้ำหนักตัว

ค่าดัชนีมวลกาย (กก./ม. ²)	ภาวะน้ำหนักตัว
น้อยกว่า 18.5	น้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์
18.5 – 22.9	ปกติ
23.0 – 24.9	น้ำหนักเกิน
25.0 – 29.9	โรคอ้วน
มากกว่า 30	โรคอ้วนอันตราย

ผลการวิจัย

จากการตอบแบบสอบถามของผู้ใช้งานจำนวน 30 คนโดยแบบเป็นชาย 19 คนและหญิง 11 คน

ก่อนและหลังจากการใช้งานโปรแกรมเป็นระยะเวลา 1 เดือนได้ผลดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2 แสดงค่าเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีมวลกายของเพศชายโดยแบบเป็น 3 ช่วงอายุ

อายุ (ปี)	จำนวน (%)	ค่าเฉลี่ย BMI ก่อนใช้ (กก./ม. ²)	ค่าเฉลี่ย BMI หลังใช้ (กก./ม. ²)	ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลง
20-29	26.7	21.61	20.90	-0.71
30-39	23.3	22.32	21.97	-0.35
40-50	13.3	23.03	22.68	-0.35

ตารางที่ 3 แสดงค่าเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีมวลกายของเพศหญิงโดยแบบเป็น 3 ช่วงอายุ

อายุ (ปี)	จำนวน (%)	ค่าเฉลี่ย BMI ก่อนใช้ (กก./ม. ²)	ค่าเฉลี่ย BMI หลังใช้ (กก./ม. ²)	ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลง
20-29	20.0	21.91	21.10	-0.81
30-39	10.0	21.91	21.10	-0.81
40-50	16.7	21.91	21.10	-0.81

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยจากการตอบแบบสอบถามในกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 30 คนโดยชาย 19 คนและหญิง 11 คนและได้แบ่งเป็นกลุ่มช่วงอายุพบว่าอายุระหว่าง 20-29 ปีมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของ BMI ของเพศชายอยู่ที่ 0.71 กก./ม.² ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของ BMI ของช่วงอายุระหว่าง 30-39 และช่วงอายุระหว่าง 40-50 ปี เกิดจากช่วงอายุที่เพิ่มมากขึ้นทำให้การเผาผลาญพลังงานเริ่มช้าลงและร่างกายของคนเราไม่ต้องการพลังงาน จากอาหารมากเหมือนเมื่ออายุน้อย คนที่มีอายุมากขึ้นพบ

รับประทานอาหารเท่าเดิมและมีกิจกรรมทางกายเท่าเดิม แต่น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นดังจะเห็นในช่วงอายุของเพศชายที่มีอายุระหว่าง 20-29 ปี มีการเปลี่ยนแปลงค่า BMI มากกว่าช่วงอายุที่สูงกว่า ส่วนในเพศหญิงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงอายุมีค่าเท่ากันทั้งสามช่วงอายุคือ 0.81 กก./ม.² ซึ่งผลเกิดจากการออกกำลังกายเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างเสริมสุขภาพและช่วยให้การเผาผลาญพลังงานมีความสมดุล จากการตอบแบบสอบถามผู้หญิงที่มีช่วงอายุ 20-29 ปี มีการออกกำลังกายน้อยมากเนื่องสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน

ผลการวิจัยพบว่าเพศหญิงมีการเปลี่ยนแปลงการค่าเฉลี่ยของ BMI สูงกว่าผู้ชาย เนื่องจากเพศชายและหญิงมีความแตกต่างกันทางองค์ประกอบของร่างกาย เช่น มวลกล้ามเนื้อ ไขมันใน ร่างกาย และโครงสร้างของร่างกาย ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อการเผาผลาญพลังงานและโดยมากเพศหญิงมักอ้วนกว่าเพศชาย

สรุป

ในการวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมน้ำหนักควบคู่ไปกับการใช้งานโปรแกรม MyCalories จะพบว่าค่าเฉลี่ยในการเปลี่ยนแปลงค่า BMI ของผู้ใช้งานลดลงทั้งเพศชายและเพศหญิง โดยค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงค่า BMI ของเพศหญิงจะมากกว่าเล็กน้อยคือ -0.34

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้ใช้งานต้องทำการเปิดโปรแกรมและคำนวณค่าแคลอรีที่ใช้งานในแต่ละวันด้วยตนเอง ซึ่งอาจไม่สะดวกต่อผู้ใช้งานมากนักเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นอาจจะใช้อุปกรณ์เพื่อสุขภาพเช่นสายรัดข้อมือเพื่อสุขภาพ (Activity Tracker) หรืออุปกรณ์ที่เป็นสมาร์ทวอทช์ (Smart Watch) มาช่วยในการคำนวณแคลอรีที่ใช้ไปในแต่ละวันเพื่อให้มีความถูกต้องในการคำนวณแคลอรีที่ใช้ไปนำมาเปรียบเทียบค่าแคลอรีที่ได้รับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ที่ให้ความอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยครั้งเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

ประสงค์ เทียนบุญ. (2547). ดัชนีมวลกายในกุมารเวชศาสตร์ (Body Mass Index in Pediatrics). วารสารโภชนบำบัด. 15 (3), 149-156.

ปิ่นทอง ทองเฟื่อง และรัชชชัย สหพงษ์. (2558) .

การพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ เรื่องรักสุขภาพ. การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 12-19.

พัฒนศรี ศรีสุวรรณ. (2557). กลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases: NCDs).

นิตยสารยุทธโฆษ. 123 (1), 60-61.

สายสมร ผลดงนอกและคณะ. (2558). ความรู้เรื่องโรคอ้วนลงพุง. ขอนแก่น: หน่วยสร้างเสริมสุขภาพ งานเวชกรรมสังคม รพ.ศรีนครินทร์.

สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค. (2558) .

บทสรุปผู้บริหาร การสำรวจพฤติกรรมเสี่ยงโรคไม่ติดต่อและ การบาดเจ็บ พ.ศ. 2558 (ระดับเขตสุขภาพ). สืบค้นจาก www.thaincd.com

F. Lu and M. Lemonde (2014). Reducing adolescent obesity with a social networking mobile fitness application. e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 2014 IEEE 16th International Conference on Natal, 429-434.

F. Lu, K. Turner and B. Murphy (2013). Reducing adolescent obesity with a mobile fitness application: Study results of youth age 15 to 17. e-Health Networking, Applications & Services (Healthcom). 2013 IEEE 15th International Conference on Lisbon, 554 – 558.

Y. Kato, T. Suzuki, K. Kobayashi and Y. Nakauchi (2012) . A web application for an obesity prevention system based on individual lifestyle analysis. 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) Seoul, 1718 – 1723.

การพัฒนาการถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ขนาดแรงดันไฟฟ้า 2 โวลต์ไปสู่ 12 โวลต์ โดยใช้หลักการพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์

Development of Transferring Power from A 2 Volts Battery to 12 Volts by Using The Push - Pull Converter

สมนึก เครือสอน^{1*}, ทศนะ ถมทอง², ณัฐสิทธิ์ หลวงไชยา³ และ วิชูด้า ใจซื่อ⁴
Somnuek Kursorn^{1*}, Tatsana Thomthong², Nattasit Luangchaiya³ and Wichuda Jaisue⁴

^{1,2,3,4} สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

^{1,2,3,4} Electrical engineering Engineering department Rajamangala University of technology Lanna.

*Corresponding author e-mail: naynuk2013@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาชุดถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ที่ถูกประจุกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับด้วยกังหันลมขนาดเล็กไปสู่แบตเตอรี่ 12 โวลต์ ให้มีพิกัดกำลังและประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยแทนที่อินเวอร์เตอร์กับวงจรเรียงกระแสด้วย พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ ระบบที่นำเสนอประกอบด้วย 3 ส่วน ส่วนแรกวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ ส่วนที่สองวงจรควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่ และส่วนสุดท้ายวงจรถ่ายโอนพลังงานโดยใช้พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์

ผลการทดสอบวงจรควบคุมการประจุและวงจรคายประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์ พบว่าวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่จะตัดการประจุแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 2.39 โวลต์ ในส่วนของวงจรการคายประจุแบตเตอรี่จะตัดการคายประจุแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่มีขนาดแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 2.10 โวลต์ สำหรับการทดสอบกำลังไฟฟ้าในการถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ไปแบตเตอรี่ 12 โวลต์ พบว่ากำลังไฟฟ้าที่ถ่ายโอนเฉลี่ยได้เท่ากับ 958.21 มิลลิวัตต์ ที่ประสิทธิภาพการถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 68.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าที่ได้จะสูงกว่าชุดถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ไปแบตเตอรี่ 12 โวลต์ที่ใช้อินเวอร์เตอร์และวงจรเรียงกระแสเป็น 478.21 มิลลิวัตต์ และ 10.48 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : การถ่ายโอนพลังงาน, วงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่, พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

Abstract

The objective of this paper is to develop the energy transfer form 2-volt battery, which is charged by the small wind turbine generator set, to 12 – volt battery. Inverter and rectifier are replaced by a push-pull converter to increase the power capacity and the efficiency of the system. The proposed system consist of 3 parts, the first part is the battery charging control circuit, the second part is the battery discharging control circuit and the final part is the energy transfer circuit by using push-pull converter.

The experimental results of the battery charging and discharging control circuit show that the battery control circuit will cut off the battery charging when the battery voltage is higher than 2.39 volts and the battery discharging control circuit will stop the battery discharging when the battery voltage is lower than 2.10 volts. The experimental results of power of energy transfer from 2-volt battery to 12-volt battery show that the average power that can transfer is 958.21 mW at the average efficiency of the energy transfer is 68.78 percentage that are higher than the energy transfer circuit, which use inverter and rectifier with the average power that can transfer is 478.21 mW at the average efficiency is 10.48 percentage.

Keyword: Energy transfer, Battery charger, Push-Pull converter.

บทนำ

พลังงานลมเป็นพลังงานที่ได้จากธรรมชาติแบบไม่มีวันหมดสิ้น ดังนั้นหากสามารถแปรพลังงานลมเป็นพลังงานรูปแบบอื่นได้ เช่น พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น จะทำให้ได้พลังงานดังกล่าวฟรีและไม่มีวันหมดสิ้นด้วยเช่นกัน สำหรับในพื้นที่จังหวัดตากเป็นพื้นที่ที่มีภูมิประเทศเป็นลักษณะเป็นแอ่งกระทะหรือภูเขาล้อมรอบ ส่งผลให้มีกระแสลมพัดที่เบาบางและทิศทางลมที่ไม่แน่นอน ดังนั้นพื้นที่จังหวัดตากจึงมีความเร็วลมและกำลังลมที่ค่อนข้างต่ำ จะสังเกตได้จากลักษณะอากาศที่ร้อนเกือบทั้งปี จากการสำรวจความเร็วลมในตัวอำเภอเมืองตากพบว่าความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ที่ 1-3 เมตรต่อวินาที ถึงแม้ว่าลมในพื้นที่จังหวัดตากมีความเร็วลมและกำลังลมที่ค่อนข้างต่ำ แต่เนื่องจากลมเป็นพลังงานฟรี ไม่มีวันหมดและมีอยู่ทุกที่ ดังนั้น เกียรติศักดิ์ สวัสดิ์กุลชัย และ คณะ, (2556) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟสโดยมีตัวหมุนเป็นแม่เหล็กถาวรชนิดนีโอไดเนียม ขับด้วยกังหันลมขนาดเล็กที่สามารถทำงานได้ที่ความเร็วลม 2-3 เมตรต่อวินาที โดยสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 0.5 วัตต์ที่แรงดันไฟฟ้า 3-5 โวลต์ แต่เนื่องจากพลังงานที่ได้มีปริมาณค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงต้องนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้ไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ก่อนแต่เมื่อนำเครื่องกำเนิดที่ออกแบบไปต่อกับชุดทบทแรงดันเพื่อประจุให้กับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ โดยกำหนดแรงดันด้านเอาต์พุตที่ 13.8 โวลต์ พบว่าแรงดันด้านออกต่ำกว่าแรงดันแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ดังนั้นจึงไม่สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพันด้วยลวดเส้นเล็กและจำนวนรอบของขดลวดมีจำนวนมากทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ภายในเครื่องกำเนิดสูงมากเป็นผลทำให้วงจรทบทแรงดันไม่สามารถถึงกระแสจากเครื่องกำเนิดเพื่อเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นได้ ต่อมาจินทนา สายสอน และ สมนึก เครือสอน, (2557) มีแนวความคิดที่จะนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่สร้างโดย

เกียรติศักดิ์ และคณะไปประจุให้กับแบตเตอรี่ 2 โวลต์ โดยแบตเตอรี่ 2 โวลต์จะนำมาจากกระแสของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ จากนั้นจะถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ไปสู่แบตเตอรี่ 12 โวลต์โดยใช้ชุดถ่ายโอนพลังงานแบตเตอรี่ 2 โวลต์ไปสู่แบตเตอรี่ 12 โวลต์โดยชุดถ่ายโอนดังกล่าวประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์และวงจรเรียงกระแส จากงานวิจัยดังกล่าวพบว่าสามารถถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ไปแบตเตอรี่ 12 โวลต์ได้โดยสามารถถ่ายโอนพลังงานได้เฉลี่ยอยู่ที่ 480 mW ที่ประสิทธิภาพ 64 เปอร์เซ็นต์ จากงานวิจัยของเกียรติศักดิ์ และคณะ, (2556) จันทนา สายสอน และ สมนึก เครือสอน, (2557) แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะแปรพลังงานลมในพื้นที่จังหวัดตากหรือพื้นที่อื่นๆ ที่มีความเร็วลมต่ำๆ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเพิ่มพิกัดกำลังและประสิทธิภาพของการถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ไปสู่แบตเตอรี่ 12 โวลต์ ให้สูงขึ้น
2. เพื่อสร้างวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์
3. เพื่อสร้างวงจรควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

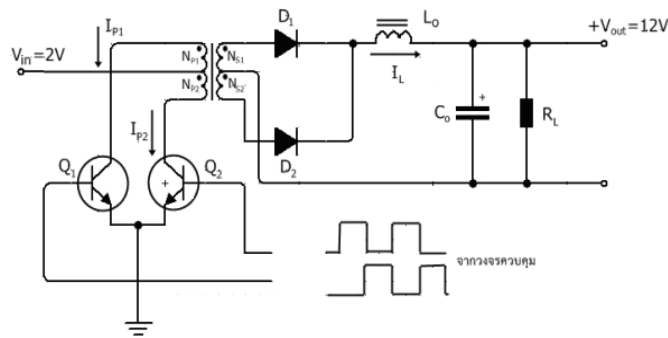
สำหรับงานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ไปสู่แบตเตอรี่ 12 โวลต์ ของ จันทนา สายสอน และ สมนึก เครือสอน, (2557) โดยแทนที่ชุดอินเวอร์เตอร์กับวงจรเรียงกระแสด้วยวงจรสวิตซ์ชิ่ง พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ เพราะวงจรสวิตซ์ชิ่งสามารถช่วยลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่เกิดในขดลวดและแกนเหล็กของชุดอินเวอร์เตอร์ขณะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลดได้ ซึ่งจะส่งผลทำให้

ประสิทธิภาพของการถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น ซึ่งหลักการหรือวิธีการที่นำเสนอนี้มีลักษณะคล้ายกับ งานวิจัยเรื่อง การออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์ สำหรับกักเก็บผลผลิตไฟฟ้าขนาด 1 กิโลวัตต์ ที่ถูก สร้างขึ้นโดย วสันต์ เพชรพิมูล, (2558) ซึ่งจะใช้วงจร พุช-พูลคอนเวอร์เตอร์สำหรับยกระดับแรงดันไฟฟ้า กระแสตรงเหมือนกัน โดยจะมีความแตกต่างที่ระดับ แรงดันด้านอินพุตกับแรงดันด้านเอาต์พุตของวงจร คอนเวอร์เตอร์ โดยระดับแรงดันวงจรคอนเวอร์เตอร์ ของวสันต์ เพชรพิมูล, (2553) อยู่ที่ แรงดันอินพุต 58-70 โวลต์ และมีแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตอยู่ที่

600 โวลต์ ส่วนงานวิจัยนี้จะมีระดับแรงดันอินพุตที่ 2 โวลต์ และแรงดันเอาต์พุตที่ 13.8 โวลต์

วงจร พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์

วงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 1. ทำหน้าที่ถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ ไปสู่ แบตเตอรี่ 12 โวลต์ สำหรับการออกแบบวงจร พุช- พูลคอนเวอร์เตอร์ จะมีค่าพารามิเตอร์ที่สัมพันธ์กันดัง สมการที่ (1) ถึง สมการที่ (4) วสันต์ เพชรพิมูล, (2558)



ภาพที่ 1 วงจรทบทแรงดัน โดยใช้วงจรพุช-พูลคอนเวอร์เตอร์

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{(V_{in(min)} - V_{CE(sat)}) \times t_{ON(max)}}{(V_o + V_D) \left(\frac{T}{2}\right)} \quad (1)$$

$$N_p = \frac{(V_{in(min)} - V_{CE}) \times t_{ON(max)} \times 10^8}{\Delta B_{max} \times A_e} \quad (2)$$

$$L_o(min) = (V_o + V_D) \times \frac{ESR}{V_{ripple}} (T - t_{ON(max)} \frac{V_{in(min)}}{V_{in(max)}}) \quad (3)$$

$$C_o = \frac{I_o t_{ON(max)}}{V_{ripple}} \quad (4)$$

เมื่อ

N_p คือ ขดลวดด้านเข้า, N

N_s คือ ขดลวดด้านออก, N

V_{in} คือ แรงดันด้านเข้า, V

V_o คือ แรงดันด้านออก, V

V_{CE} คือ แรงดันตกคร่อมสวิตซ์ซิ่ง, V

V_D คือ แรงดันตกคร่อมไดโอด, V

V_{ripple} คือแรงดันไฟกระเพื่อม, V

L_o คือ ขดลวดใช้ค, H

I_o คือ กระแสในขดลวดใช้ค, A

C_o คือ ตัวเก็บประจุ, F

t_{on} คือ เวลาที่สวิตซ์ต่อวงจร, s

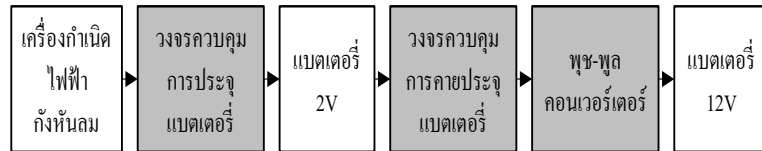
ESR คือความต้านทาน ภายในตัวเก็บ

ประจุ, Ω

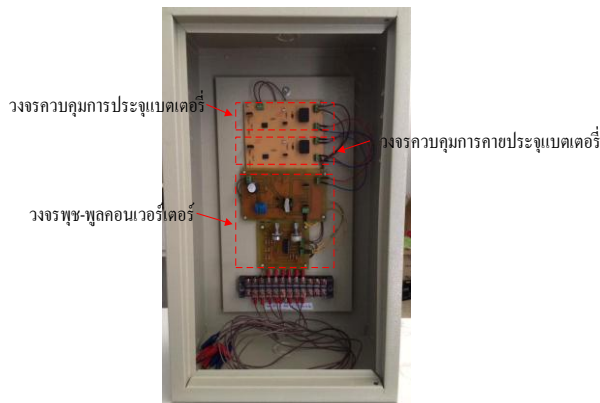
วิธีการดำเนินการวิจัย

สำหรับชุดถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ไปสู่แบตเตอรี่ 12 โวลต์ ที่นำเสนอจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่ง

วงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์ ส่วนที่สอง วงจรควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์ และส่วนสุดท้าย วงจรพืซ-พูล คอนเวอร์เตอร์ ดับบลิวไดโอดแกรมในภาพที่ 2 และวงจรต้นแบบที่สร้างขึ้นแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 บล็อกไดโอดแกรมชุดถ่ายโอนพลังงานแบตเตอรี่

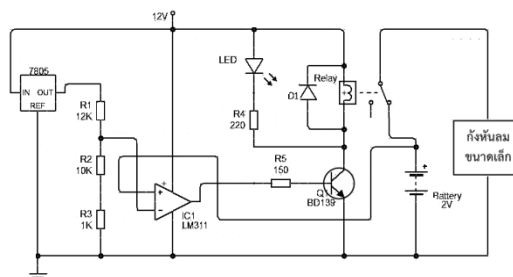


ภาพที่ 3 ชุดถ่ายโอนพลังงานแบตเตอรี่ต้นแบบ

วงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์

วงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์ ดังแสดงในภาพที่ 4. ทำหน้าที่ป้องกันแรงดันของแบตเตอรี่ 2 โวลต์ เกินค่าที่กำหนด โดยตรวจสอบระดับแรงดันแบตเตอรี่ 2 โวลต์ ที่ถูกประจุพลังงาน

ไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ขั้วด้วยกังหันลมขนาดเล็กให้มีขนาดแรงดันไม่เกิน 2.3 โวลต์ ซึ่งกำหนดให้เป็นขนาดแรงไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่ของแบตเตอรี่ 2 โวลต์



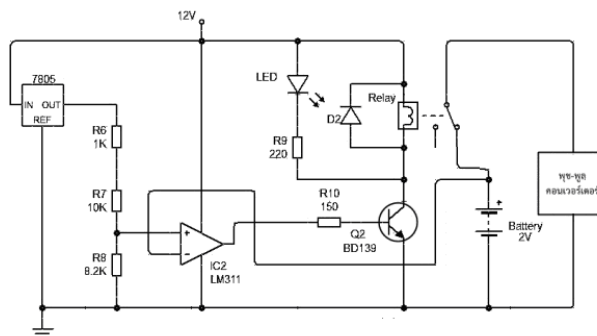
ภาพที่ 4 การควบคุมการประจุแบตเตอรี่ขนาด 2 โวลต์

การทำงานของวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ จะใช้ออปแอมป์ LM311 ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงหรือขนาดแรงดันที่กำหนดในการประจุแบตเตอรี่กับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ 2 โวลต์ สำหรับแรงดันอ้างอิงจะใช้ตามสัดส่วนขนาดแรงดันประจุแบตเตอรี่ของแบตเตอรี่ 12 โวลต์ คือ 13.8 โวลต์ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนของแบตเตอรี่ 2 โวลต์จะได้ แรงดันประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์เป็น 2.3 โวลต์ สำหรับแรงดันอ้างอิงในวงจรในรูปที่ 4 จะออกแบปไว้ที่ 2.39 โวลต์ ดังนั้นเมื่อแรงดันแบตเตอรี่เกิน 2.39 โวลต์ ออปแอมป์ LM311 จะให้แรงดันเอาต์พุตเป็นลอจิก “High” ทำให้ทรานซิสเตอร์ BD139 จะถูกขับให้นำไฟฟ้าสั่งให้รีเลย์ทำงานเพื่อหยุดการประจุแบตเตอรี่

โดยจะแสดงสถานะการหยุดประจุแบตเตอรี่โดยใช้หลอด LED กล่าวคือที่สถานะประจุแบตเตอรี่หลอด LED จะดับ แต่ในสถานะหยุดประจุแบตเตอรี่หลอด LED จะติด

วงจรควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์

วงจรควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์ ดังแสดงในภาพที่ 5. ทำหน้าที่ป้องกันแรงดันของแบตเตอรี่ 2 โวลต์ ต่ำกว่าค่าแรงดันใช้งาน โดยตรวจสอบระดับแรงดันแบตเตอรี่ 2 โวลต์ที่ถูกดึงพลังงานไฟฟ้าโดยวงจร พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์เพื่อประจุให้กับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ให้มีขนาดแรงดันไม่ต่ำกว่า 2 โวลต์ ซึ่งกำหนดให้เป็นขนาดแรงไฟฟ้าใช้งานแบตเตอรี่ของแบตเตอรี่ 2 โวลต์



ภาพที่ 5 วงจรควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่ขนาด 2 โวลต์

การทำงานของวงจรควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่ จะใช้ออปแอมป์ LM311 ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงหรือขนาดแรงดันใช้งานที่กำหนดในการประจุแบตเตอรี่กับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ 2 โวลต์ สำหรับแรงดันอ้างอิงจะใช้ 2 โวลต์สำหรับแรงดันอ้างอิงในวงจรในรูปที่ 5 จะออกแบปไว้ที่ 2.10 โวลต์ เพื่อป้องกันการประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์อยู่ในสถานะแรงดันต่ำกว่าแรงดันใช้งานจนได้รับความเสียหายได้ จากวงจรในรูปที่ 4 เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่า 2.10 โวลต์ ออปแอมป์ LM311 จะให้แรงดันเอาต์พุตเป็นลอจิก “High” ทำ

ให้ทรานซิสเตอร์ BD139 จะถูกขับให้นำไฟฟ้าสั่งให้รีเลย์ทำงานเพื่อหยุดการดึงประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์ โดยจะแสดงสถานะการหยุดประจุแบตเตอรี่โดยใช้หลอด LED กล่าวคือที่สถานะคายประจุแบตเตอรี่หลอด LED จะดับ แต่ในสถานะหยุดคายประจุแบตเตอรี่หลอด LED จะติด

วงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์

ในส่วนของการออกแบบและการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ของวงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 1.

ตารางที่ 1. พารามิเตอร์ของวงจรพุช-พูล คอนเวอร์เตอร์

พารามิเตอร์	ข้อกำหนด/ค่านวน
V_{in}	2 V
V_o	13.8 V
f	25 Khz
$t_{on(max)}$	16 μ S
V_D	0.6 V
V_{CE}	0.3 V
V_{ripple}	<200mV
N_P	3 รอบ
N_S	32 รอบ
L_0	43 μ H
C_0	6,400 μ F

ผลการทดสอบ

การทดสอบเครื่องต้นแบบประกอบด้วย 3 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นการทดสอบวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์ ส่วนที่สองจะเป็นการทดสอบวงจรการควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์ และส่วนสุดท้ายจะเป็นการทดสอบการถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ ไปแบตเตอรี่ 12 โวลต์

การทดสอบวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่จะใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้แทนแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ 2 โวลต์ จากนั้นทำการปรับแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.05 โวลต์ โดยเริ่มต้นที่แรงดันไฟฟ้า 2.20 โวลต์ จนถึง 2.45 โวลต์ จากนั้นสังเกตสภาวะการทำงานที่หลอดLED โดยมีผลการทดสอบดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าวงจรจะหยุดการประจุแบตเตอรี่ เมื่อแรงดันแบตเตอรี่สูงกว่า 2.39 โวลต์

การทดสอบวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบวงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์

แรงดันไฟฟ้า (V)	หลอด LED	สถานะ การทำงานของวงจรการประจุแบตเตอรี่
2.20	ดับ	ประจุแบตเตอรี่
2.25	ดับ	ประจุแบตเตอรี่
2.30	ดับ	ประจุแบตเตอรี่
2.35	ดับ	ประจุแบตเตอรี่
2.39	ติด	หยุดประจุแบตเตอรี่
2.40	ติด	หยุดประจุแบตเตอรี่
2.45	ติด	หยุดประจุแบตเตอรี่

การทดสอบวงจรควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่ 2 โวลต์

การทดสอบวงจรควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่จะใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้แทนแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ 2 โวลต์ จากนั้นทำการปรับแรงดันไฟฟ้าลดลงครั้งละ 0.05 โวลต์ โดยเริ่มต้นที่

แรงดันไฟฟ้า 2.30 โวลต์ จนถึง 2.00 โวลต์ โดยมีผลการทดสอบดังตารางที่ 3 จากนั้นสังเกตสภาวะการทำงานที่หลอด LED โดยมีผลการทดสอบดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าวงจรคายประจุแบตเตอรี่จะหยุดการคายประจุ เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ต่ำกว่า 2.10 โวลต์

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบวงจรควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่ขนาด 2 โวลต์

แรงดันไฟฟ้า (V)	หลอด LED	สถานะ การทำงานวงจรควบคุมการคายประจุแบตเตอรี่
2.30	ดับ	คายประจุแบตเตอรี่
2.25	ดับ	คายประจุแบตเตอรี่
2.20	ดับ	คายประจุแบตเตอรี่
2.15	ดับ	คายประจุแบตเตอรี่
2.10	ติด	หยุดคายประจุแบตเตอรี่
2.05	ติด	หยุดคายประจุแบตเตอรี่
2.00	ติด	หยุดคายประจุแบตเตอรี่

การทดสอบการถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ ไปแบตเตอรี่ 12 โวลต์

การทดสอบวงจรถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ ไปแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ดังในรูปที่ 2 จะทำการทดสอบโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้กับวงจรประจุแบตเตอรี่แทนเครื่องกำเนิด

ไฟฟ้าขับเคลื่อนกังหันลม เนื่องจากต้องการทดสอบชุดวงจรถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ ไปแบตเตอรี่ 12 โวลต์ เท่านั้น โดยเก็บผลทุกๆ 10 นาทีเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ค่าต่างๆ จะแสดง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดถ่ายโอนพลังงาน

เวลา (min)	V(batt2V) (V)	I(batt2V) (mA)	P(batt2V) (mW)	V(batt12V) (V)	I(batt12V) (mA)	P(batt12V) (mW)	η (%)
0	2.08	631	1,314	11.98	79.84	956	72.76
10	2.09	633	1,324	11.98	79.84	956	72.21
20	2.09	635	1,330	11.98	79.84	956	71.9
30	2.11	640	1,351	11.98	79.85	956	70.65
40	2.11	641	1,360	11.98	79.86	957	70.34
50	2.12	643	1,364	11.98	79.86	957	70.14
60	2.13	647	1,379	11.98	79.86	957	69.34
70	2.13	647	1,381	11.98	79.87	957	69.29
80	2.14	648	1,387	11.98	79.88	957	69.06
90	2.14	648	1,387	11.98	79.89	957	69.03
100	2.14	649	1,389	11.99	78.56	942	67.79
110	2.14	649	1,391	11.99	79.91	958	68.87
120	2.15	652	1,404	11.99	78.59	926	65.98
130	2.16	656	1,419	11.99	79.93	958	67.53
140	2.16	656	1,419	11.99	79.93	958	67.54
150	2.16	656	1,420	11.99	79.94	959	67.5
160	2.16	656	1,421	11.99	79.95	959	67.47
170	2.16	657	1,423	11.99	79.96	959	67.4
180	2.16	657	1,425	12.00	79.97	959	67.32
190	2.16	657	1,425	12.00	79.99	960	67.36
200	2.17	658	1,428	12.00	80.01	960	67.25
210	2.17	658	1,428	12.00	80.02	960	67.26
220	2.17	658	1,429	12.00	80.02	960	67.21
230	2.17	658	1,430	12.01	80.03	961	67.18
240	2.17	658	1,431	12.01	80.03	961	67.14

อภิปรายผลการวิจัย

ในส่วนของวงจรประจุและคายแบตเตอรี่สามารถควบคุมให้แบตเตอรี่ 2 โวลต์ทำงานอยู่ในช่วงที่กำหนดได้ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 2.1- 2.3 โวลต์ จากผลการทดสอบชุดถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่ 2 โวลต์ไฟสู่อุปกรณ์ 12 โวลต์ในช่วงแรกของการทดสอบพบว่าแรงดันที่แบตเตอรี่ 2 โวลต์ จะมีค่าต่ำกว่า 2.10 โวลต์ ซึ่งเป็นช่วงที่วงจรการคายประจุต้องหยุดทำงาน แต่วงจรคายประจุยังคงทำงานเนื่องจากแรงดันของแบตเตอรี่ขนาด 2 โวลต์มีค่าใกล้ 2.10 โวลต์ จะมีการสวิงระหว่าง 2.08 โวลต์ ถึง 2.11 โวลต์ เมื่อมีการคายและหยุดคายแบตเตอรี่สำหรับกำลังไฟฟ้าด้านอินพุต และเอาต์พุต พบว่าช่วงแรกแรงดันที่แบตเตอรี่ 2 โวลต์ ต่ำจะส่งผ่านกำลังไฟฟ้าได้ต่ำและเมื่อแรงดันที่แบตเตอรี่ 2 โวลต์ สูงขึ้นจะส่งกำลังไฟฟ้าได้สูงขึ้น โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านได้อยู่ที่ 956.1 มิลลิวัตต์ ถึง 960.7 มิลลิวัตต์ เนื่องจากผลการออกแบบวงจรควบคุมวงจร พุช-พูล คอนเวอร์เตอร์แบบลูปเปิด ในขณะที่ประสิทธิภาพของการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าในช่วงแรกจะสูง และต่ำลงในช่วงปลายอยู่ที่ 67.14 % ถึง 72.76 %

สรุป

จากการทดสอบพบว่าชุดถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้นสามารถถ่ายโอนพลังงานได้อยู่ในช่วง 956.1 มิลลิวัตต์ ถึง 960.7 มิลลิวัตต์ ซึ่งสูงกว่าการถ่ายโอนแบบเดิม,(2557) ประมาณ 478.21 มิลลิวัตต์ โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วง 67.14 % ถึง 72.76% ซึ่งสูงกว่าแบบอินเวอร์เตอร์ที่สร้างโดยจันทนา สายสอน และสมนึก เครือสอน, (2557) ประมาณ 10.48 %

จากงานวิจัยนี้เป็นการยืนยันว่าพื้นที่ในจังหวัดตากหรือพื้นที่อื่นๆ ที่มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 2-3 เมตรต่อวินาที สามารถผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมได้โดยนำพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในระดับแรงดันต่ำๆ ประมาณ 2-3 โวลต์ไปประจุให้กับแบตเตอรี่ 2 โวลต์แล้วค่อยถ่ายโอนไปแบตเตอรี่ 12 โวลต์ซึ่งเป็นระดับแรงดันที่สามารถนำไปใช้โดยตรงหรือผ่านวงจรอินเวอร์เตอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์แล้วจึงนำไปใช้งานต่อไป ถึงแม้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีขนาดเล็กประมาณ 1 วัตต์ แต่เป็นพลังงานที่ได้จากธรรมชาติฟรี แบบไม่มีวันหมด โดยกำลังไฟฟ้าขนาด 1 วัตต์ที่ระดับแรงดัน 12 โวลต์ที่ผลิตได้นี้เมื่อนำไปใช้กับโหลดที่เหมาะสม เช่น หลอดไฟแบบแอลอีดี ขนาด 1 วัตต์ตามรั้วบ้านจะทำให้สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ หรือจะนำไปประจุแบตเตอรี่ร่วมกับระบบโซลาร์โฮม(Solar Home System : SHS) โดยปกติแล้วชุดโซลาร์โฮมจะประจุแบตเตอรี่ได้เฉพาะตอนกลางวันหรือช่วงที่มีแสงแดดเท่านั้น เมื่อนำมาต่อร่วมกับกังหันผลิตไฟฟ้าในช่วงที่มีลมพัดจะทำให้สามารถประจุไฟฟ้าได้ทั้งกลางวันและกลางคืน หากต้องการเพิ่มขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าให้มากขึ้นอาจจะใช้วิธีเพิ่มจำนวนตัวกังหันลมให้มีจำนวนมากขึ้นเช่น 10 ตัวจะได้ 10 วัตต์ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีโดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณ โครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ปี 2558 (รหัสโครงการ 58-HRS1-056)

เอกสารอ้างอิง

เกียรติศักดิ์ สวัสดิ์กุลชัย ศุภชัย จันทรมณฑล และ

สุรัตน์ ดิษผล. (2556). การศึกษาผลของ
พารามิเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม
ขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์
บัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ล้านนา ตาก.

จันทนา สายสอน และ สมนึก เครือสอน. (2557).
การถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ขนาด
แรงดันไฟฟ้า 2 โวลต์ไปสู่แบตเตอรี่ขนาด
แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์. ใน การประชุมวิชาการ
งานวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคล ล้านนา ครั้งที่ 1. หน้า 22.

วสันต์ เพรชพิมูล. (2553). การออกแบบวงจรคอน

เวอร์เตอร์สำหรับกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1
กิโลวัตต์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมมหาบัณฑิต.
ปทุมธานี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ฉะเชิงเทรา.

สุวัฒน์ ดั้น. (2558). เทคนิคและการออกแบบ
สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย. พิมพ์ครั้งที่3.
กรุงเทพฯ: หุ่นไขไก่.

ระบบสืบค้นข้อมูลต้นไม้โดยใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด

Information retrieval system of the tree by using QR code Technology

ปกรณ์ สุนทรเมธ^{1*}, ภาณุพงศ์ พิศจาร² และ วุฒิชัย บัวเหล็ก³

Pakorn Suntornmeth^{1*}, Panupong Pisjan² and Wutthichai Bualek³

^{1,2,3} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

^{1,2,3} Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author e-mail: pakorns@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลต้นไม้ด้วยคิวอาร์โค้ด(QR Code)ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับนักศึกษาและชุมชนในการสืบค้นข้อมูลพรรณไม้และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบที่นำมาทดลองใช้งาน วิธีการวิจัยประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลพรรณไม้จำนวน 100 ต้น ได้แก่ ไม้ผลและไม้ยืนต้น จากการแบ่งพื้นที่เป็น 3 โซนได้แก่ 1) โซนสาขาวิทยาศาสตร์ 2) โซนพุทธรักษา และ 3) โซนเกษตร พัฒนาเว็บไซต์สำหรับการจัดการข้อมูลและแสดงข้อมูลด้วยแผนที่กูเกิล ผู้ใช้สามารถค้นข้อมูลด้วยการสแกนผ่านโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟนได้ ผลจากการประเมินผู้ใช้งานระบบพบว่าระบบสามารถสืบค้นข้อมูลต้นไม้ได้ในระดับดี (4.31) ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านพฤกษศาสตร์ต่อไป

คำสำคัญ: พรรณไม้, ระบบสืบค้น, รหัสคิวอาร์โค้ด

Abstract

This research, to develop a system to search the tree with QR codes within the Rajamangala University of Technology Lanna Nan for the convenience of students and the community to find information and to study the user's satisfaction, the system that brought the trial. The research consists of a method. To collect information such as number of 100 plants fruit trees and perennials from splitting into 3 areas 1) Science Zone 2) Puddharaksa Zone and 3) Agricultural Zone. Development web site for information handling and displaying data with Google maps. Users can search information by scanning through a Mobile Smartphone. Results from the evaluation found that the system users can search the tree, (4.31), which can be utilized in the following botany next.

Keywords: Plant, Retrieval System, QR-Code

บทนำ

ป่าไม้(Forest)ตามพระราชบัญญัติป่าไม้ หมายถึง ที่ดินที่ไม่มีบุคคลใดบุคคลหนึ่งได้มาซึ่งกรรมสิทธิ์ครอบครองตามกฎหมายที่ดิน ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นมนุษย์หรือสัตว์อื่นๆ เพราะป่าไม้มีประโยชน์ทั้งการเป็นแหล่งวัตถุดิบของปัจจัยสี่

คือ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัยและยารักษาโรคสำหรับมนุษย์ และยังมีประโยชน์ในการรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม ถ้าป่าไม้ถูกทำลายลงไปมากมาย่อมส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น สัตว์ป่า ดิน น้ำ อากาศ ฯลฯ เมื่อป่าไม้ถูกทำลาย จะส่งผลไปถึงดินและแหล่งน้ำด้วย เพราะเมื่อเผาหรือถางป่าไปแล้ว พื้นดินจะโล่งขาดพืชปกคลุม เมื่อฝนตกลงมาก็จะชะล้างหน้าดินและความ

อุดมสมบูรณ์ของดินไปนอกจากนั้นเมื่อขาดต้นไม้ คอยดูดซับน้ำไว้ น้ำก็จะไหลบ่าท่วมบ้านเรือน จะเห็น ได้ว่าเมื่อปี พ.ศ. 2554 เกิดฝนตกหนักในประเทศไทย ทำให้น้ำป่าไหลหลากท่วมบ้านเรือน ทั้งในเขต เมืองและนอกเมือง โดยเฉพาะบนพื้นที่สูงที่เป็นภูเขา ลาดชันไม่มีต้นไม้หรือพืชคลุมดินกลายเป็นภูเขา หัวโล้น เช่นที่จังหวัดน่านมีดินถล่มทับถนนและ บ้านเรือนผู้อยู่อาศัยตามเขา นอกจากนี้ที่ลุ่มในฤดูน้ำหลากพอถึงฤดูแล้งก็ไม่มีน้ำซึมใต้ดินไว้หล่อเลี้ยงต้น น้ำลำธารทำให้แม่น้ำมีน้ำน้อย ส่งผลกระทบต่อ มาถึงระบบเศรษฐกิจและสังคม เช่น การขาดแคลน น้ำในการการชลประทานทำให้ทำนาไม่ได้ผล ขาดน้ำ มาผลิตกระแสไฟฟ้า ป่าไม่มีคุณค่าและความสำคัญที่ ให้ประโยชน์แก่มนุษยชาติทั้งทางตรงและทางอ้อม อเนกประการ ประโยชน์ทางอ้อมมีไม่น้อยไปกว่า ประโยชน์ทางตรง ประโยชน์ทางตรงได้แก่ นำไม้มา ใช้สร้างบ้าน ที่อยู่อาศัย สร้างเครื่องมืออำนวยความสะดวก ในการประกอบอาชีพในชีวิตประจำวัน ใช้ เป็นเชื้อเพลิง ใช้เป็นอาหาร ใช้เพื่อป้องกันความร้อน จากแสงแดด เป็นต้น การที่ป่าถูกทำลายไป จะทำให้ สภาพดินฟ้าอากาศเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากพืชมี ความสามารถปกคลุมผืนดินและมีรากยึดเหนี่ยวดิน ไว้ทำให้เกิดความต้านทานการไหลของน้ำ ทำให้การ พังทลายของดินน้อยลง แต่หากพื้นที่ว่างเปล่าอัตรา การพังทลายของดินจะเกิดรุนแรง การสูญเสียดินจะ เพิ่มขึ้นเกิดการชะล้างพังทลายของดิน นอกจากนี้ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ บริเวณพื้นที่ที่ไม่มีป่า ไม้ปกคลุม การชะล้างดินโดยฝนหรือลมจะเกิดขึ้นได้ มากขึ้น ด้านทรัพยากรน้ำแหล่งน้ำแห้งเหือด เนื่องจากต้นน้ำถูกทำลายไปส่งผลกระทบเป็นบริเวณ กว้าง ทำให้เกิดการระเหยของน้ำจากผิวดินได้เร็วขึ้น ดินดูดซับและเก็บน้ำภายในดินน้อยลง ทำให้น้ำหล่อ เลี้ยงลำธารมีน้อยหรือไม่มี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน มีสภาพแวดล้อมด้วยป่าไม้หลากหลายชนิดทั้งไม้ยืน ต้นและไม้ผล ในพื้นที่ประมาณ 500 ไร่ พื้นที่ บางส่วนใช้เป็นแปลงสาธิตการเพาะพันธุ์ไม้และการ

เลี้ยงสัตว์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนและการบริการ วิชาการแก่ชุมชน บางส่วนใช้ปลูกไม้ผล เช่น มะม่วง ลำไย ลิ้นจี่ อาโวคาโด มะไฟจีน เป็นต้น การปลูก จิตสำนึกให้เกิดมีในชุมชนจึงเป็นหน้าที่ของ มหาวิทยาลัยที่จะเผยแพร่ความรู้ให้กับนักศึกษา และชุมชนที่อยู่โดยรอบหรือผู้ที่เข้ามาทำคะแนนศึกษา ภายใต้มหาวิทยาลัยฯ ให้อรรถกถาคำของป่าไม้ ที่มีอยู่ ซึ่งพันธุ์ไม้บางชนิดเป็นพันธุ์ที่หายากเช่น มะไฟจีน พันธุ์ไม้บางชนิดยังไม่มีความรู้ที่แน่ชัดว่าเป็นพันธุ์อะไร ถึงแม้ว่าจะมีการติดป้ายชื่อของต้นไม้ แต่ก็ได้รู้จักแต่ เพียงว่าต้นไม้ต้นนี้ชื่อว่าอะไร ซึ่งไม่ทราบรายละเอียด ทั้งหมดได้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเทคโนโลยีคิวอาร์ โค้ดเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการระบุตัวตนของต้นไม้ และพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบสืบค้นข้อมูลให้ สามารถสืบค้นผ่านโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนได้ อีก ทางหนึ่งซึ่งจะช่วยลดขั้นตอนการค้นหาลง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลต้นไม้ด้วย การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ด
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

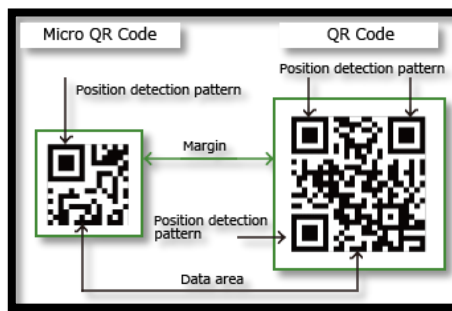
แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

คิวอาร์โค้ด (QR Code : Quick Response) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าบาร์โค้ด 2 มิติ คือ รหัสชนิด หนึ่งซึ่งสามารถเก็บข้อมูลตัวอักษร ตัวเลข หรือ สัญลักษณ์ ต่าง ๆ ได้ เช่น ชื่อสถานที่ บุคคล สินค้า หมายเลขโทรศัพท์ และชื่อเว็บไซต์ เป็นต้น ถูก พัฒนามาจากบาร์โค้ด โดยบริษัทเดนมาร์ก ซึ่งเป็น บริษัทในเครือของโตโยต้า ประเทศญี่ปุ่น คิดค้นขึ้น ในปี ค.ศ. 1994 และได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ชื่อ "QR Code" แล้วทั้งในญี่ปุ่นและทั่วโลก ผู้คิดค้นที่พัฒนา คิวอาร์โค้ดมุ่งเน้นให้สามารถอ่านได้อย่างรวดเร็ว โดย การอ่านคิวอาร์โค้ด มักนิยมใช้กับโทรศัพท์มือถือ กับ รุ่นที่มีกล้องถ่ายภาพ และสามารถติดตั้งซอฟต์แวร์ เพิ่มเติมได้ ตัวอย่างคิวอาร์โค้ด



ภาพที่ 1 คิวอาร์โค้ดแบบที่ 1 และ 2

ไมโครคิวอาร์โค้ด(micro QR Code) เป็นโค้ดที่มีขนาดเล็กโดยจะเน้นตรงที่ระบุตำแหน่งไอคิวอาร์โค้ด(iQR Code)



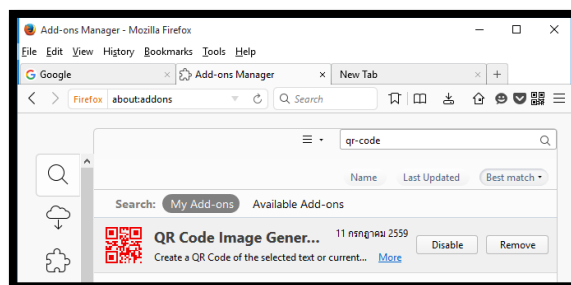
ภาพที่ 2 คิวอาร์โค้ดแบบไมโครคิวอาร์โค้ด(micro QR code)

ที่มา: <http://www.qrcode.com>

ประโยชน์ของคิวอาร์โค้ด สามารถนำมาใช้ระบุรหัสสินค้าหรืออุปกรณ์เครื่องมือทั้งในภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรม เพื่อช่วยลดปัญหาการค้นหาอุปกรณ์เครื่องมือหรือสินค้าได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันได้นำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการสินค้าคงคลัง การโฆษณา ที่อยู่เว็บไซต์ ข้อมูลส่วนตัว และอื่น ๆ อีก

ขั้นตอนการสร้างคิวอาร์โค้ด

1. ทำการติดตั้งโปรแกรมประเภทแอดออน (Add-ons) ซึ่งสามารถดาวน์โหลดจากไฟร์ฟอกซ์โดยเข้าไปที่เมนู Add-ons ทำการค้นหาแอดออนที่ต้องการ ซึ่งมีอยู่หลายรุ่นในที่นี้ผู้วิจัยเลือกแอดออน QR-Code Image Generator สร้างโดย webdevmedia



ภาพที่ 3 การติดตั้งแอดออน(Add-ons)

เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะแสดงรูปไอคอนเล็กๆ บนเมนูด้านขวาของโปรแกรม Firefox

2. การสร้างคิวอาร์โค้ด ให้เปิดโปรแกรม Firefox ขึ้นมาก่อนแล้วคลิกเลือกเมนูคิวอาร์โค้ดหรือ

กดคีย์ลัด Ctrl+Shift+Q จะแสดงหน้าจอสำหรับสร้างคิวอาร์โค้ดขึ้นมาให้เลือกแท็บ Free Text จากนั้นพิมพ์ URL ที่ต้องการให้ลิงค์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ แล้วคลิกปุ่ม create QR Code ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงวิธีสร้างคิวอาร์โค้ด

3. ทำการบันทึกไฟล์รูปภาพคิวอาร์โค้ดโดยคลิกที่ข้อความ here จากนั้นจึงนำไฟล์ที่ได้จัดเก็บในฐานข้อมูลต่อไป

การสแกน QR code ผู้ใช้งานสามารถสแกนผ่านโทรศัพท์มือถือ (mobile phone) หรือแท็บเล็ต (tablet) ซึ่งอุปกรณ์นั้นจะต้องรองรับระบบการอ่าน QR Code โดยต้องมีกล้องถ่ายรูปติดมาด้วย และมี

แอปพลิเคชันสำหรับการอ่านเรียกว่า QR Code Reader หากผู้ใช้งานยังไม่มีแอปพลิเคชันสามารถ Download ได้ขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการ เช่น

กรณีเป็นระบบปฏิบัติการ iOS ค้นหา QR Code Reader จาก App store ตัวอย่าง แอปพลิเคชัน ดังภาพที่ 5 : QR Code Reader, Quick Scan , Qrafter



ภาพที่ 5 ตัวอย่างแอปพลิเคชันสำหรับอ่านคิวอาร์โค้ดบนระบบปฏิบัติการ iOS

กรณีเป็นระบบปฏิบัติการ Android ค้นหา QR Code Reader จาก Google Play ตัวอย่างแอป

พลิเคชัน ดังภาพที่ 6 QR Code Reader , QR Code Scanner, QR & Barcode Scanner



ภาพที่ 6 ตัวอย่างแอปพลิเคชันสำหรับอ่านคิวอาร์โค้ดบนระบบปฏิบัติการ Android

Application Programming Interface(API) คือ ช่องทางการเชื่อมต่อช่องทางหนึ่งที่จะเชื่อมต่อกับเว็บไซต์ผู้ให้บริการAPIจากที่อื่น เป็นตัวกลางที่ทำให้โปรแกรมประยุกต์เชื่อมต่อกับโปรแกรมประยุกต์อื่น หรือเชื่อมการทำงานเข้ากับระบบปฏิบัติการ API ถือเป็นกลุ่มของฟังก์ชัน ขั้นตอน หรือคลาส (Class) ที่ระบบปฏิบัติการ (OS) หรือผู้ให้บริการสร้างขึ้นมาเพื่อรองรับการเรียกขอข้อมูลจากโปรแกรมอื่นๆ ทั้งนี้ API สามารถใช้งานได้กับภาษาในการเขียนโปรแกรมที่รองรับเท่านั้น ซึ่งมักจะถูกจัดทำให้อยู่ในรูปแบบไวยากรณ์(Syntax) หรืออีลีเมนต์ (element) ที่สามารถนำไปใช้งานได้

ประโยชน์ของ API 1) สามารถรับส่งข้อมูลข้ามเซิร์ฟเวอร์(server)ได้ กล่าวคือเครื่องเซิร์ฟเวอร์ของบริษัทหนึ่งสามารถติดต่อกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ของบริษัทหนึ่งได้ด้วยเอพีไอ 2)สามารถเข้าถึงหน้าเว็บไซต์ที่มีการดึงข้อมูลผ่านเอพีไอได้ซึ่งเอพีไอนั้นอาจจะขึ้นตรงกับภาษาใดภาษาหนึ่ง(language-dependent API) หรืออาจจะไม่สนใจว่าเป็นภาษาอะไรก็ได้(language-independent API) ซึ่งถือว่าเป็นจุดเด่นของเอพีไอ

Google Maps API คือบริการของกูเกิลอีกรูปแบบหนึ่งที่เราสามารถนำข้อมูลของแผนที่ ซึ่งทางกูเกิลมีให้บริการโดยส่วนมากจะนำมาใช้กับเว็บไซต์ของบริษัทหรือเว็บไซต์หน่วยงานต่างๆ เพื่อเป็นอีกช่องทางที่ช่วยให้การติดต่อกับหน่วยงานหรือบริษัทนั้น ๆ ได้สะดวกขึ้น

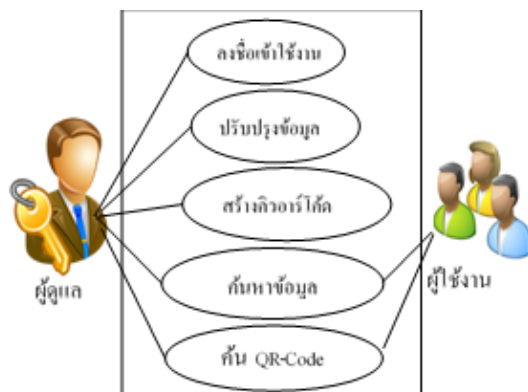
ชีวิน ชนวรรโณ และคณะ(2557) ได้ประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดกับระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (Laboratory Information Management System: LIMS) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ซึ่งเป็นระบบที่มีกลไกการทำงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบอัตโนมัติครอบคลุมการทำงานตั้งแต่ขั้นตอนการรับส่งตัวอย่างจากผู้ให้บริการ การทดสอบและวิเคราะห์ตัวอย่าง จนถึงการรายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง ผลการนำไปใช้งานจริงพบว่า การนำ QR Code มาใช้ งานร่วมกับการทำงานของระบบการจัดการสารสนเทศห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำงานได้มีประสิทธิภาพ ลดข้อผิดพลาด และลดความซ้ำซ้อนในการเก็บข้อมูลได้เป็นอย่างดีอีกทั้งสามารถทวนสอบข้อมูลได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการทำงานตามปกติ สามารถแทนที่ระบบเดิมที่ใช้เอกสารกระดาษเป็นหลักมาเป็นการเก็บในฐานข้อมูลของเว็บเซิร์ฟเวอร์ทำให้ง่ายในการจัดการข้อมูล

จิรพร ชื่อจริง(2555) ได้พัฒนาระบบการตรวจสอบย้อนกลับในการส่งออกผักสดโดยเทคโนโลยี QR code เพื่อเป็นเครื่องมือในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า และสามารถตรวจสอบสินค้า เพื่อค้นหาแหล่งที่มาของผลผลิต กระบวนการผลิต ตั้งแต่ฟาร์ม โรงคัดบรรจุ รวมถึงการขนส่ง ได้อย่างรวดเร็ว

จุฑารัตน์ โภชัย และ ณัฐวี อดตฤกษ์ (2558) ได้พัฒนาระบบจัดการครุภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โฟน ซึ่ง

โปรแกรมที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อ เพิ่ม ลบแก้ไข และตรวจสอบข้อมูลครุภัณฑ์ นอกจากนี้เพื่อความสะดวกในการแก้ไขตำแหน่งการใช้งานและสถานะของครุภัณฑ์ ผู้ใช้สามารถใช้งานระบบผ่านโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟน โดยการระบุที่อยู่เว็บของครุภัณฑ์ขั้นนั้นหรือสแกนรหัสคิวอาร์ของครุภัณฑ์เพื่อเข้าถึงข้อมูลได้โดยตรง ผลการใช้งานพบว่าระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง ระบบจัดการครุภัณฑ์นี้ช่วยให้ผู้ที่จัดการงานครุภัณฑ์หรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการครุภัณฑ์มีความสะดวกมากขึ้น อย่างไรก็ตามการนำระบบคิวอาร์โค้ดมาใช้ในการจัดการครุภัณฑ์ยังมีข้อจำกัด กล่าวคือ การจัดการครุภัณฑ์ผ่านโทรศัพท์มือถือทำได้เพียงครั้งละหนึ่งรายการเท่านั้น และการพิมพ์แก้ไขข้อมูลทำได้ค่อนข้างช้า เนื่องจากเป็นพิมพ์บนโทรศัพท์มือถือมีขนาดเล็กหากต้องการแก้ไขข้อมูลจำนวนมากจะต้องทำผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ อีกทั้งโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟนแต่ละรุ่นยังมีข้อจำกัดในการใช้งานแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

วิธีวิจัย

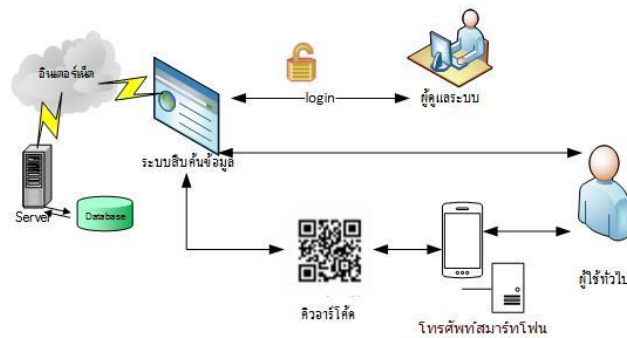


ภาพที่ 7 ยูสเคสไดอะแกรมระบบสืบค้นข้อมูลต้นไม้ด้วยคิวอาร์โค้ด

จากภาพที่ 7 ผู้ดูแลระบบมีสิทธิเข้าถึงข้อมูลและจัดการข้อมูลได้ทั้งหมดในระบบ ซึ่งจะต้องลงชื่อเข้าใช้งานด้วยชื่อและรหัสผ่านเพื่อปรับปรุงข้อมูลพรรณไม้และสร้างคิวอาร์โค้ด สำหรับผู้ใช้ทั่วไปดู

- เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ
1. เครื่องคอมพิวเตอร์มีหน่วยประมวลผลกลาง(Central Processing Unit: CPU) ความเร็วในการประมวลผล 1.2 GHz. ความจุในการจัดเก็บข้อมูล 500 GB จอภาพแสดงผลความละเอียด 1360x768px
 2. โทรศัพท์มือถือสมาร์ตโฟน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์(Android)
 3. ภาษาพีเอชพี (PHP)
 4. ฐานข้อมูล MySQL
 5. โปรแกรม Apache สำหรับจำลองเครื่องเซิร์ฟเวอร์
 6. เครื่องกำหนดพิกัดตำแหน่งบนแผนที่(GPS)
 7. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบการวิเคราะห์และออกแบบระบบ
- ภาพรวมของระบบสืบค้นข้อมูลด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด ประกอบด้วยสองส่วนด้วยกันคือ ส่วนผู้ใช้งานทั่วไป และส่วนของผู้ดูแลระบบผังแผนภาพยูสเคสไดอะแกรม (Use Case diagram)

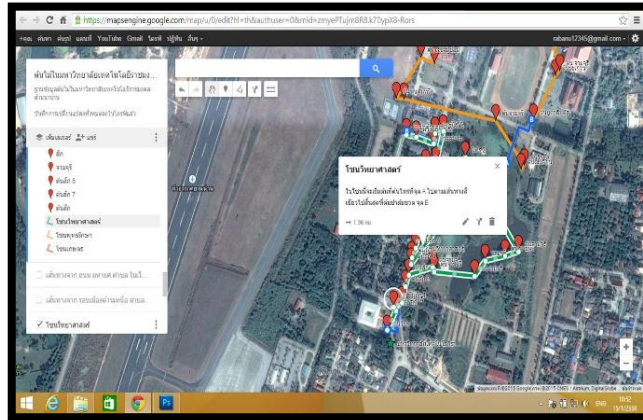
รายละเอียดของพรรณไม้ได้อย่างเดียว โดยสามารถดูได้ผ่านเว็บไซต์หรือผ่านการสแกนด้วยโทรศัพท์มือถือ ภาพรวมการทำงานของระบบ



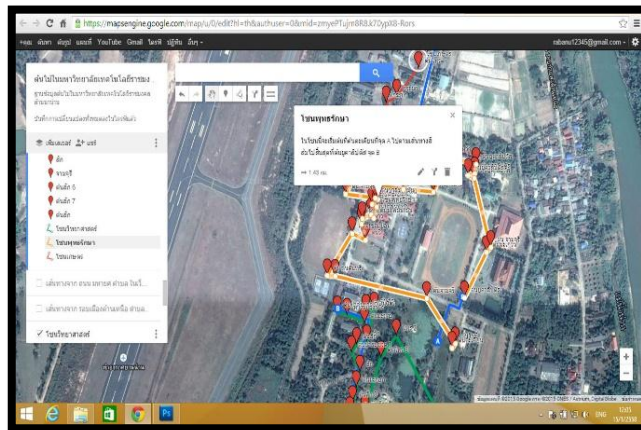
ภาพที่ 8 แสดงภาพรวมการทำงานของระบบสืบค้นข้อมูล

จากภาพที่ 8 เป็นการแสดงให้เห็นการแบ่งหน้าที่(Function)หรือกระบวนการทำงานของแต่ละส่วน กล่าวคือผู้ดูแลระบบเข้าใช้งานด้วยชื่อและรหัสผ่าน และสามารถจัดการข้อมูล สร้างรหัสคิวอาร์โค้ด และการเข้าถึงข้อมูลส่วนอื่น ๆ ได้ทั้งหมด ส่วนผู้ใช้ทั่วไปสามารถค้นหาข้อมูลได้ด้วยคำค้นและด้วยการอ่านจากคิวอาร์โค้ดผ่านโทรศัพท์มือถือ

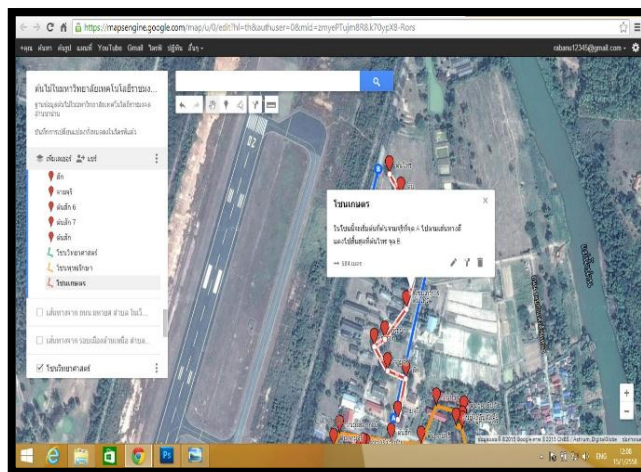
คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่รวบรวมข้อมูลพรรณไม้ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 โซน ได้แก่ โซนวิทยาศาสตร์ โซนเจ้าพ่อพุทธรักษา และโซนคณะวิทยาศาสตร์ฯ ซึ่งการเก็บข้อมูลใช้วิธีการถ่ายภาพและกำหนดพิกัดตำแหน่งต้นไม้ด้วยเครื่องจีพีเอส (GPS) ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 9 โซนที่ 1 โซนวิทยาศาสตร์ใช้เส้นสีเขียวแสดงบริเวณรวบรวมพรรณไม้



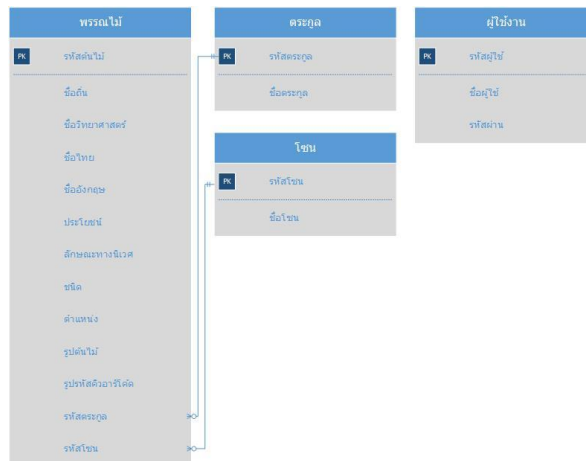
ภาพที่ 10 โซนที่ 2 โซนพุทธศึกษาใช้เส้นสีส้มแสดงบริเวณรวบรวมพรรณไม้



ภาพที่ 11 โซนที่ 3 โซนเกษตรใช้เส้นสีแดงแสดงบริเวณรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล
นำข้อมูลที่รวบรวมมาวิเคราะห์และออกแบบ
ข้อมูลเพื่อกำหนดเขตข้อมูลที่จัดการเก็บด้วยการ

สร้างไดอะแกรมความสัมพันธ์ตาราง(ER-Diagram)
ดังภาพที่ 12

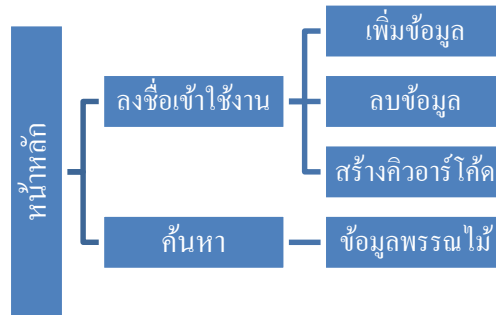


ภาพที่ 12 ER-D แสดงตารางจัดเก็บข้อมูลพรรณไม้

จากภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของตาราง
พรรณไม้ กับตารางตระกูลและตารางโซน แบบหนึ่ง

ต่อกลุ่ม(1:M) ส่วนตารางผู้ใช้ไม่ได้สัมพันธ์กับตาราง
ใด

ออกแบบโครงสร้างเว็บไซต์



ภาพที่ 13 โครงสร้างเว็บไซต์ระบบสืบค้นข้อมูลต้นไม้ด้วยคิวอาร์โค้ด

จากภาพที่ 13 แสดงโครงสร้างเว็บไซต์สำหรับ
บริหารจัดการข้อมูลและสำหรับแสดงผลข้อมูลพรรณ
ไม้ ประกอบด้วย หน้าหลัก หน้าลงชื่อเข้าใช้ระบบ
หน้าเพิ่มข้อมูล หน้าลบข้อมูล หน้าสร้างคิวอาร์โค้ด
หน้าค้นหา หน้าข้อมูลพรรณไม้ และทำการออกแบบ
เว็บเพจเป็นและนำระบบไปทดลองใช้งาน

ขั้นตอนการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ

1. ผู้ดูแลระบบลงชื่อเข้าใช้งานด้วย ชื่อและ
รหัสผ่าน
2. เลือกรายละเอียดเมนูเพิ่มข้อมูลใหม่
3. พิมพ์รายละเอียดของต้นไม้
4. คลิกปุ่มบันทึก



ภาพที่ 14 หน้าล็อกอินสำหรับผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 15 หน้าจอสำหรับผู้ดูแลระบบ

ขั้นตอนการค้นหาข้อมูล 1. การค้นหาข้อมูล
ด้วยคำค้น ผู้ใช้สามารถสืบค้นข้อมูลด้วยคำค้นเช่น

ต้นไทร,ไทร เป็นต้น ระบบจะทำการค้นข้อมูลแล้ว
แสดงผลดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 หน้าแสดงผลรายละเอียดของต้นไม้จากคำค้น

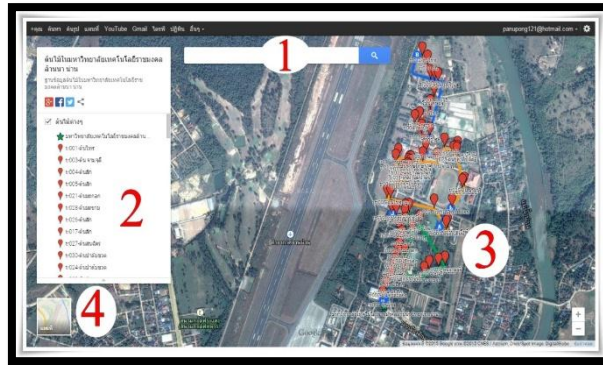
2. การสืบค้นการอ่านคิวอาร์โค้ดผ่านโทรศัพท์
มือถือ สมาร์ทโฟน ผู้ใช้สามารถสแกนคิวอาร์โค้ดที่
ติดจามป้ายบนต้นไม้ จากนั้นระบบจะทำการค้น

ข้อมูล แสดงผ่านเว็บเบราว์เซอร์แสดงบน
โทรศัพท์มือถือของผู้ใช้งาน



ภาพที่ 17 แสดงการใช้โทรศัพท์มือถือสแกนรูปคิวอาร์โค้ด

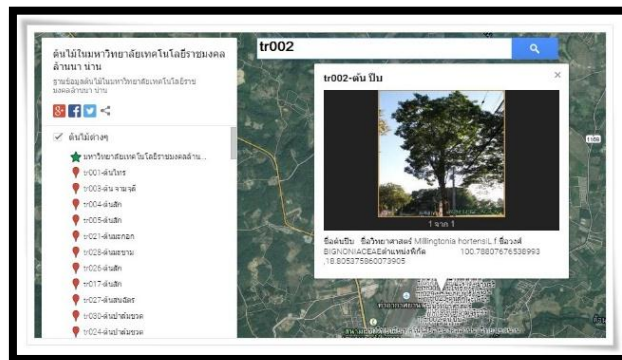
3. การสืบค้นข้อมูลผ่านกูเกิลแมป การค้นหา
ข้อมูลด้วยการพิมพ์คำค้นผ่านหน้าเว็บไซต์กูเกิลแมป
ผู้ใช้สามารถพิมพ์คำค้นบนเว็บไซต์ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 หน้าจอค้นหา แสงข้อมูลพรรณไม้ตามคำค้นผ่านเว็บไซต์

เมื่อผู้ใช้พิมพ์คำค้นและคลิกปุ่มค้นหาจะแสดงรายละเอียดของพรรณไม้ ออกทางหน้าจอ ประกอบด้วย ชื่อภาษาไทย ชื่อภาษาอังกฤษ ชื่อวิทยาศาสตร์ แต่ข้อมูลที่แสดงเป็นเพียงข้อมูล

เบื้องต้น หากต้องการดูรายละเอียดบนแผนที่ผู้ใช้จะต้องคลิกที่ชื่อพรรณไม้ซึ่งจะเชื่อมโยงไปที่หน้าแผนที่บน Google Maps ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แสดงข้อมูลพรรณไม้บน Google Maps

ผลการวิจัย

หลังจากการพัฒนาระบบเสร็จสิ้น ระบบถูกนำไปติดตั้งและใช้งาน พร้อมทำการประเมินผลความ

พึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ โดยใช้แบบทดสอบ ซึ่งคำถามแบ่งเป็น 5 ระดับ ให้เลือกโดยแบ่งเป็นระดับดังแสดงใน

ตารางที่ 1 แสดงระดับความคิดเห็นของแบบประเมินของระบบสืบค้นข้อมูลต้นไม้ด้วยคิวอาร์โค้ด

ระดับความคิดเห็น	ระดับคะแนน
1. ควรปรับปรุง	1
2. น้อย	2
3. พอใช้	3
4. ดี	4
5. ดีมาก	5

กำหนดช่วงค่าเฉลี่ยเพื่อแปลผลและวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจ ได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00-1.50 ระดับความพึงพอใจควรปรับปรุง

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51-2.50 ระดับความพึงพอใจพอใช้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51-3.50 ระดับพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51-4.50 ระดับพึงพอใจดี

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51-5.00 ระดับพึงพอใจดีมาก
ในการประเมินผลครั้งนี้ดำเนินการจากผู้ตอบแบบสอบถาม โดยแบ่งเป็น ชาย 7 คน หญิง 13 คน ทั้ง 20 คนนี้ มีอาจารย์ 1 คน เจ้าหน้าที่สำนักงาน 3 คน มีนักศึกษาและบุคคลทั่วไปร่วมทดสอบระบบผู้ใช้งานทั่วไป 16 คน อายุระหว่าง 21-30 ปี มี 6 คน อายุระหว่าง 31-40 ปี และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบสืบค้นข้อมูลต้นไม้ด้วยคิวอาร์โค้ด

รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ	4.60
2. ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ	4.50
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.45
4. ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล	4.40
ค่าเฉลี่ยรวม	4.31

จากตารางที่ 2 พบว่าความตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ อยู่ในระดับพึงพอใจที่ ดีมาก (4.60) การทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ อยู่ในระดับพึงพอใจที่ ดี (4.50) การง่ายต่อการใช้งานระบบ อยู่ในระดับพึงพอใจที่ ดี (4.45) การรักษาความปลอดภัยของข้อมูล อยู่ในระดับพึงพอใจ ดี (4.40) และค่าเฉลี่ยโดยรวมของระบบสืบค้นข้อมูลต้นไม้ด้วยคิวอาร์โค้ด จัดอยู่ในระดับความพึงพอใจที่ดี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.31

อภิปรายผลการวิจัย

การใช้ระบบสืบค้นข้อมูลต้นไม้โดยใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดสามารถระบุตัวตนของต้นไม้ได้ด้วยการกำหนดพิกัดบนแผนที่กูเกิล(Google Maps) การสืบค้นด้วยคำค้นสามารถทำผ่านหน้าเว็บไซต์ได้ ส่วนการสแกนรูปคิวอาร์โค้ดที่เป็นป้ายติดตามต้นไม้ระบบสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือแบบ

สมาร์ทโฟนได้ ส่วนการจัดเก็บข้อมูลถ้าหากต้องการเพิ่มข้อมูล แก้ไข ลบข้อมูลสามารถทำได้เฉพาะผู้ดูแลระบบ ข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นสำหรับการใช้งานโปรแกรมอ่านคิวอาร์โค้ดเพราะถ้าใช้แอปพลิเคชันที่ให้ทดลองใช้ เมื่อหมดเวลาก็อาจไม่สามารถสแกนคิวอาร์โค้ดได้ ส่วนการแสดงผลบนแผนที่กูเกิลก็เช่นเดียวกัน เพราะแผนที่ขึ้นตรงกับเครื่องแม่ข่ายบริการของกูเกิล ดังนั้นถ้าเครื่องแม่ข่ายหยุดให้บริการหรือข้อกำหนดการใช้งานเปลี่ยนไปข้อมูลที่สร้างไว้บนกูเกิลก็จะหายไปด้วย ปัญหาการอ่านรหัสผิดพลาด ถ้าหารหัสข้อมูลที่ได้ไม่ตรงกับข้อมูลที่กำหนดก็จะแสดงผลไม่ถูกต้องครบถ้วนเช่นกัน หรือการพิมพ์ป้ายอาจจะมีข้อผิดพลาดเรื่องความเข้มของสีอาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดได้ อีกประการหนึ่งคือถ้าเครื่องโทรศัพท์สมาร์ทโฟนของผู้ใช้ไม่ได้เปิดบริการส่วนของการระบุตำแหน่ง(GPS)อาจแสดงตำแหน่งของต้นไม้ผิดพลาดได้ ส่วนการแสดงผลจากคำค้นนั้นสามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดี

สรุป

ระบบสืบค้นข้อมูลต้นไม้ด้วยคิวอาร์โค้ด อาจเป็นกรณีศึกษาเบื้องต้นซึ่งการติดป้ายบนต้นไม้ อาจจะชำรุดเสียหายได้ง่าย หรือถ้าหากต้นไม้ต้นนั้น ถูกตัดหรือตายไปก็คงจะมีแต่ชื่อที่ยังคงเหลือไว้ในฐานข้อมูล ดังนั้นควรที่จะเก็บรวบรวมและเผยแพร่ให้กว้างขวางเพื่อการอนุรักษ์และการขยายพรรณไม้ให้ยังคงเหลือไว้ให้ลูกหลานได้ศึกษาและใช้ประโยชน์ในอนาคตสืบต่อไป

เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในระบบงานได้หลายด้าน เช่นการตรวจสอบนับสินค้า การติดตามผลิตภัณฑ์ การตรวจสอบย้อนกลับของสินค้าเพื่อสร้างความมั่นใจในตัวสินค้าก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับระบบงานแต่ละด้านในระบบที่สร้างขึ้นมานี้อาจจะยังไม่สะดวกในการใช้งานมากนัก

ในส่วนของผู้ใช้งานทั่วไประบบควรจะสร้างการเชื่อมโยงไปยังฐานข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้อีกซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานได้สารสนเทศเพิ่มเติมจากเว็บไซต์นี้ได้

ควรพัฒนาต่อยอดให้สามารถเพิ่มข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือสอดคล้องกับจตุรรัตน์ โถชัย และณัฐวี อุดกฤษฎ์.(2558)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และสาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ผู้วิจัยในการเอื้อเฟื้อสถานที่เก็บข้อมูลและดำเนินงานวิจัยนี้เป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

จิรพร ชื่อจริง. (2555). ระบบการตรวจสอบย้อนกลับ

ในการส่งออกผักสดโดยเทคโนโลยี QR code.

กรุงเทพฯ: สาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

จตุรรัตน์ โถชัย และณัฐวี อุดกฤษฎ์. (2558). ระบบ

จัดการครุภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดบน

แอนดรอยด์โฟน. The Eleventh National

Conference on Computing and

Information Technology. NCCIT2015.

ชิวิน ชนะวรรณ และคณะ. (2557). การประยุกต์ใช้

QR code กับระบบการจัดการสารสนเทศ

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์. ใน การประชุม

วิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ครั้งที่

6. การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD Proceedings 2014, Chiang Mai,

Thailand. เชียงใหม่, D100.

บัญชา ปะสีละเตสัง.(2557). พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

ด้วย PHP ร่วมกับ MySQLและ jQuery.

พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น

จำกัด (มหาชน), 169-248.

มูลนิธิโลกร้อน. (มปท).ประโยชน์ของป่า. สืบค้นจาก

<http://fagw.org/?p=94>.

ไม่ปรากฏชื่อ. (มปท). ทรัพยากรป่าไม้. สืบค้นจาก

<https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/en>

<vi2/forest/forestn.htm2>.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ. (มปท). ทรัพยากร

ป่าไม้. สืบค้นจาก <http://kanchanapisek.or.th/>

<kp6/sub/book/book.php?book=21&chap=8>

http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=21&chap=8&page=t21-8-infodetail_07.html.

Denso Wave Incorporated. (2015). History of

QR Code. [serial online] 2015 Feb; (1): [1

screen]. Available from: URL: <http://www.qrcode.com/en/history/> Accessed

February 20.

Webdevmedia. (2015). **QR-Code Image Generator**. [serial online] 2015 May-Sep;(1):[1 screen]. Available from: <https://addons.mozilla.org/en-US/firefox/addon/qr-code-image-generator/?src=api>.

Wikipedia. (2015). **the free encyclopedia**. QR code [serial online] 2015 May-Sep;(1):[1 screen]. Available from: URL:http://en.wikipedia.org/wiki/QR_code
Accessed February 20.

ระบบรับส่งข้อมูลผ่านระบบไฟฟ้าส่องสว่าง

Visible Light Communication System

รุ่งโรจน์ ฆะมันจา^{1*} ณัฐพล ค้ายอด² และสถาพร อิตุพร³

Roongroj Kamanchar^{1*} Nattapon Khamyot² and Sathaporn Ituporn³

^{1,2,3} หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

^{1,2,3} Rajamangala University of Technology Lanna, Tak

* Corresponding author e-mail: k.roongroj@mutl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นกรนำเสนอรูปร่างแบบการส่งข้อมูลผ่านแสง โดยใช้แสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงในย่านที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ ข้อมูลข่าวสารจะถูกผสม เข้ารหัสแล้วส่งผ่านข้อมูลข่าวสารด้วยแสงสว่างที่ใช้อยู่ตามปกติในรูปแบบการกระพริบที่ความถี่สูง ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ข้อมูลข่าวสารในรูปแบบสัญญาณเสียงถูกผสมกับคลื่นพาห์แบบพีดีบีแอลเอ็ม (Pulse Width Modulation) โฟโอดีไดโอดถูกนำมาใช้งานร่วมกับวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบแอคทีฟ เพื่อใช้ในการรับข้อมูล ระบบที่สร้างขึ้นใช้แสงจากแอลอีดีแบบวอร์มไวท์ขนาด 10 วัตต์ จากการทดสอบในช่วงความถี่เสียง 20 เฮิรตซ์ ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ ระบบให้ความสว่างของแสงประมาณ 170 ลักซ์ มีความเบี่ยงเบนด้านความถี่ 0.95 มีค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนเฉลี่ย 54.6 dB

คำสำคัญ: แสงที่มองเห็นได้ , แอลอีดี , พีดีบีแอลเอ็ม

Abstract

In this paper the data transmission over lighting model is proposed. The lighting is created from the optical spectrum light source. The information is modulated and demodulated using the normal lighting by blinking in high frequency which is invisible for human sight. The audio signal is modulated with the carrier by Pulse Width Modulation (PWM). In receiver module a photo diode is used in active low pass filter. The system model is developed by 10 watts warm-white LED. The system is tested with an audio frequency from 20 Hz to 20 kHz. In conclusion, the system characteristics are 170 lux of approximate brightness, 0.95 frequency deviation, and 54.6 dB signal to noise ratio.

Keywords: Visible Light, LED , PWM

บทนำ

ในปัจจุบัน แอลอีดี (LED) มีบทบาทในอุตสาหกรรมแสงมาก เป็นที่คาดการณ์ว่าในอนาคต แอลอีดีจะถูกนำมาใช้แทนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ และหลอดไฟไส้ทั้งสแตนด์ที่มีทั่วไปตามอาคาร บ้านเรือน จึงมีแนวคิดในเรื่องการส่งข้อมูลข่าวสารเข้าไปในระบบไฟส่องสว่าง เป็นการหลีกเลี่ยงการส่งข้อมูลด้วยสัญญาณความถี่วิทยุ ซึ่งในปัจจุบัน มีการ

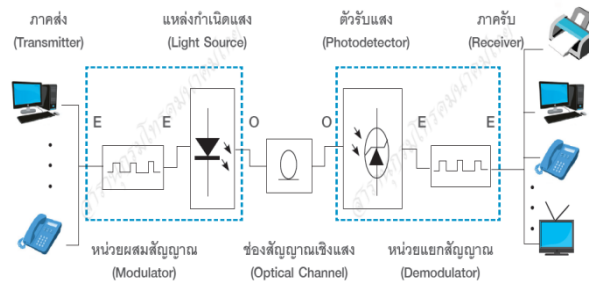
ส่งข้อมูลแบบไร้สายด้วยสัญญาณความถี่วิทยุเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกรเกิดสัญญาณรบกวนแบบไม่ตั้งใจขึ้นกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนั้นระบบไฟส่องสว่างที่ใช้แอลอีดีจะไม่ได้ให้ประโยชน์แค่ความสว่างเท่านั้น แต่ยังสามารถส่งข้อมูลมาพร้อมกับแสงสว่างได้ การส่งข้อมูลจะใช้การกระพริบของแอลอีดีที่เร็วกว่าสายตามนุษย์จะสามารถรับรู้ได้ ทำให้เราเห็นเป็นแสงสว่างตามปกติ และใช้อุปกรณ์ชุดรับข้อมูลที่

ออกแบบขึ้นมาใช้ในการถอดรหัสข้อมูลที่ส่งมาพร้อมแสงสว่าง เพื่อประโยชน์ในการสื่อสาร รับส่งข้อมูลต่อไปงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบวิธีการส่งข้อมูลไปในระบบไฟส่องสว่างและออกแบบวงจรรับข้อมูลย่านความถี่เสียงผ่านระบบไฟฟ้าส่องสว่าง

หลักการของการสื่อสารด้วยแสง

การสื่อสารผ่านช่องสัญญาณเชิงแสงมีหลักการดังรูปที่ 1 โดยแหล่งกำเนิดข้อมูล เช่น โทรศัพท์ โทรสาร เป็นต้น จะสร้างข้อมูลข่าวสารในรูปของสัญญาณไฟฟ้า จากนั้น ภาคผสมสัญญาณ จะทำการเพิ่มผสมสัญญาณรูปแบบเฉพาะเข้าไปเพื่อให้เกิดมีความเหมาะสม แล้วทำการส่งสัญญาณไปแหล่งกำเนิดแสง เพื่อทำการแปลงสัญญาณข้อมูลไฟฟ้าเข้ากับคลื่นพาห์ที่ถูกเลือกมาจากความถี่ของ

แสง หลังจากทำการแปลงสัญญาณแล้ว สัญญาณไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นสัญญาณแสงที่มีลักษณะเป็นลำแสง แล้วส่งสัญญาณออกไปยังตัวกลางของแสง ซึ่งอาจเป็นอากาศ ชั้นบรรยากาศหรือตัวนำสัญญาณทางแสงอื่น ๆ สัญญาณแสงนั้นจะถูกส่งไปยังภาครับ โดยในขั้นแรก สัญญาณแสงจะถูกรวมแสงจากเลนส์ด้านหน้าหรืออื่น ๆ จากนั้นถูกส่งไปยังอุปกรณ์ตรวจจับทางแสงที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยการแยกสัญญาณข้อมูลข่าวสารออกจากคลื่นพาห์ จากนั้นส่งสัญญาณไฟฟ้า ที่ได้ไปยังอุปกรณ์ปลายทาง เพื่อทำการเปลี่ยนกลับคืนให้เป็นสัญญาณโทรศัพท์ โทรสารหรืออื่นๆ ที่สอดคล้องกับภาคส่ง เพื่อให้ได้ข้อมูลแบบเดียวกับที่แหล่งกำเนิดข้อมูลส่งออกมา [1]



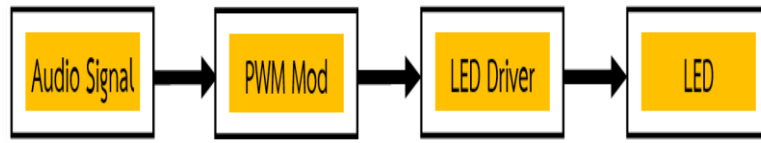
ภาพที่ 1 หลักการสื่อสารผ่านช่องสัญญาณเชิงแสง

รูปแบบการวิจัย

1) แบบข้อมูลที่กำหนดใช้ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปแบบข้อมูลเป็นสัญญาณย่านความถี่เสียง ในช่วง 20 เฮิรตซ์ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ โดยมีสมมุฐานถึงการใช้งานในเรื่องการส่งสัญญาณเพื่อการแจ้งข่าวสารด้วยเสียง

2) การออกแบบระบบแยกเป็นส่วนที่ใช้ในการส่ง และส่วนที่ใช้ในการรับข้อมูล ในการส่งข้อมูลนั้น

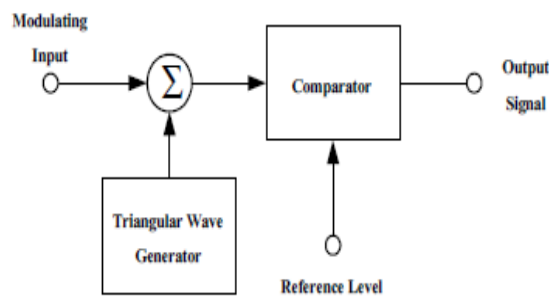
สัญญาณเสียงจะถูกมอดูเลชันให้เป็นความถี่สูง ด้วยเหตุผลที่จะทำให้มนุษย์ไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของความถี่ที่หลุดไปจะส่งสัญญาณออกไปได้ สัญญาณที่มอดูเลชันแล้วจะส่งไปยังวงจรที่ทำหน้าที่ขับหลอดแอลอีดีขนาด 20 วัตต์ เพื่อให้หลอดแอลอีดีส่งสัญญาณออกไป แสดงดังบล็อกไดอะแกรมภาพที่ 2



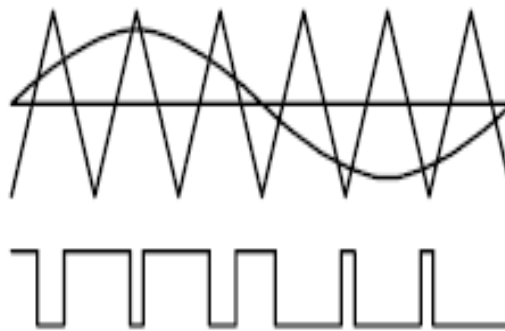
ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมส่วนของการส่งสัญญาณ

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้การมอดูเลชันแบบพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM : Pulse Width Modulation) ดังแสดงในภาพที่ 3 สัญญาณข้อมูลข่าวสารรูปแบบไซน์จะถูกเปรียบเทียบกับสัญญาณรูปฟันเลื่อยที่สร้าง

ขึ้นแล้วให้สัญญาณขาออกเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างของพัลส์เปลี่ยนแปลงไปดังในรูปที่ 4 [2]



ภาพที่ 3 ระบบสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม



ภาพที่ 4 สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม

ในการทดลอง ได้ใช้ไมโครไอซี 555 ซึ่งเป็นไอซีที่สามารถกำหนดรูปแบบการทำงานได้หลายรูปแบบ โดยรูปแบบที่กำหนดใช้ในงานนี้คือรูปแบบโมโนสเตเบิล (Monostable Mode) ซึ่งในรูปแบบนี้สามารถประยุกต์ใช้งานไอซีได้หลากหลาย เช่น วงจร

ตั้งเวลา, สวิตช์สัมผัส, ทารความถี่ และวงจรพีดับเบิลยูเอ็ม เป็นต้น [3] วงจร พีดับเบิลยูเอ็มดังภาพที่ 5 ถูกกำหนดให้คลื่นพาห้มีความถี่ 3 เท่าของความถี่ข้อมูลข่าวสาร ซึ่งโดยการใช้ค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุค่ามาตรฐานแบบผิดพลาด 5%

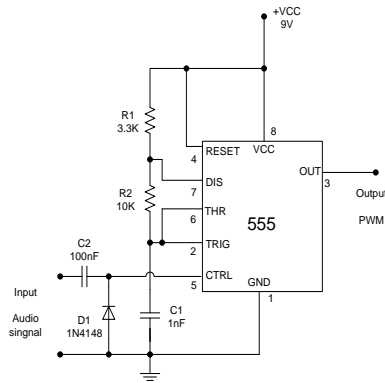
ได้แก่ R_1 3.3k, R_2 10k และ C_1 1nF จะได้ค่าความถี่ พาร์ท 62.2 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยคำนวณได้จาก

$$T = t_1 + t_2 \quad (3)$$

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{และ} \quad f = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C_1} \quad (4)$$

$$t_1 = 0.69 \times (R_1 + R_2) \times C_1 \quad (1)$$

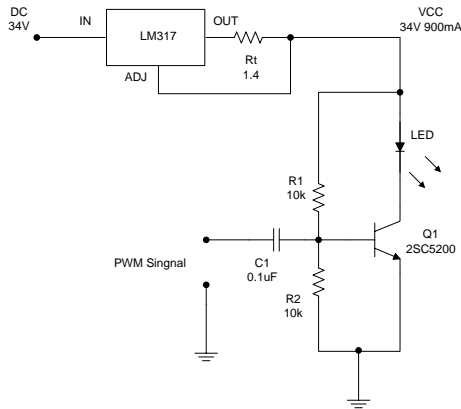
$$t_2 = 0.69 \times R_2 \times C_1 \quad (2)$$



ภาพที่ 5 วงจรพีดีบีเปลี่ยเอ็มโดยใช้ไมโครไอซี 555

ในส่วนวงจรขับแอลอีดี ใช้แหล่งจ่ายกระแส คงที่ขนาด 900 มิลลิแอมแปร์โดยใช้เรกูเลเตอร์ไอซี LM317 [4] ทำงานร่วมกับเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์

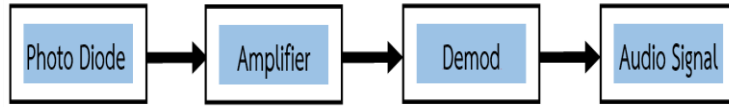
ดังภาพที่ 6 เมื่อแอลอีดีทำงานจะมีค่าแรงดันตกคร่อมประมาณ 22.2 โวลต์ ทำให้ได้กำลังงาน 20 วัตต์



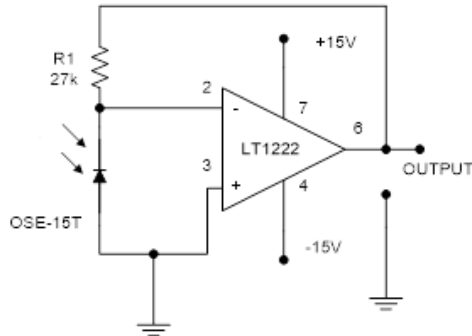
ภาพที่ 6 วงจรขับแอลอีดี

ในส่วนของการรับสัญญาณดังบล็อกไดอแกรม รูปที่ 7 จะใช้โฟโตไดโอด OSE-15T ทำหน้าที่รับสัญญาณแสง สัญญาณจะถูกขยายให้แรงขึ้น โดยใช้ ออปแอมป์ LT1222 ดังภาพที่ 6 แล้วทำการตีมอ

ดูเลขขึ้นเพื่อกำจัดสัญญาณความถี่พาท้อออกไปเหลือเพียงความถี่ข้อมูลข่าวสาร



ภาพที่ 7 บล็อกไดอะแกรมส่วนของการรับสัญญาณ



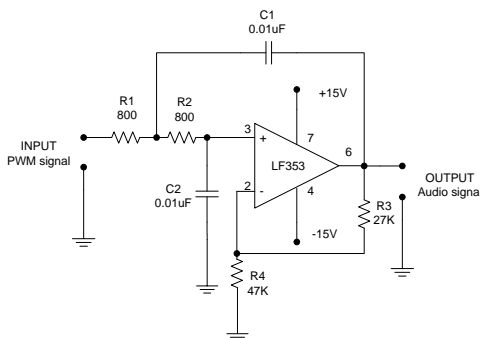
ภาพที่ 8 วงจรรับและขยายสัญญาณที่ดับเบิลยูเอ็ม

การตีมอดูเลชั่นสัญญาณที่ดับเบิลยูเอ็มโดยใช้ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเพื่อแยกเอาสัญญาณพาห် ออกให้เหลือเพียงสัญญาณข้อมูลข่าวสาร วงจรกรอง ความถี่ต่ำผ่านที่ใช้ เป็นแบบบัตเตอร์เวิร์ด แอคทีฟ ฟิเตอร์อันดับที่สอง จะกำหนดความถี่ตัดอยู่ที่ 20 กิโลเฮิรตซ์ซึ่งเป็นแบนด์วิดธ์ของความถี่เสียงโดยใช้ ออปแอมป์ LF353 ดังรูปที่ 9 ค่าของ R และค่าของ

C ในวงจรถูกกำหนดให้ $R_1=R_2= 800\Omega$, $C_1=C_2= 0.01\mu\text{F}$ สามารถคำนวณความถี่ตัดได้จาก สมการที่ (5) และอัตราขยายของวงจรคำนวณได้จาก สมการที่ (6) [5]

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}} \quad (5)$$

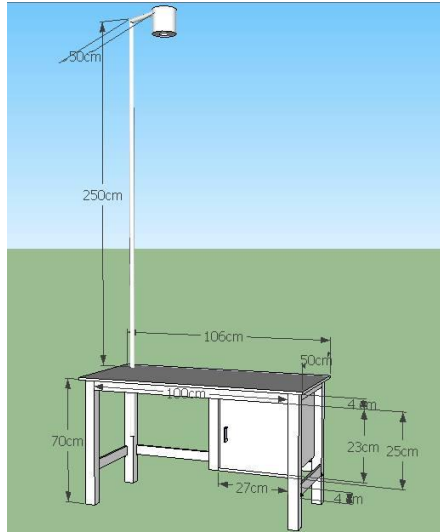
$$A_V = 1 + \frac{R_3}{R_4} \quad (6)$$



ภาพที่ 9 วงจรตีมอดูเลชั่น

ในการวิจัยนี้ ได้ทำการออกแบบรูปแบบของ ระบบเป็นโตะทำงานที่มีโคมไฟส่องสว่างจากด้านบน

โดยใช้เสาติดตั้ง ระยะห่างระหว่างโคมไฟและพื้นโตะ 250 ซม. โตะมีความสูง 70 ซม. ดังภาพที่ 10



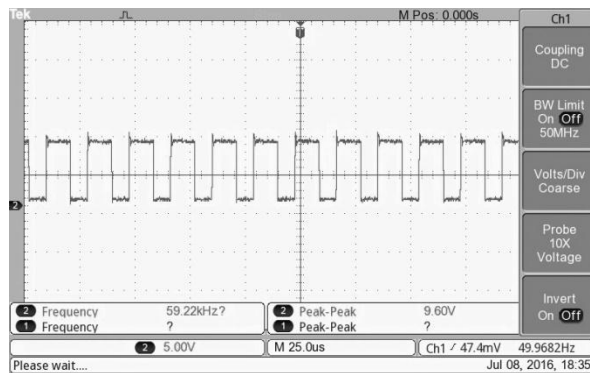
ภาพที่ 10 รูปแบบชุดทดลองที่สร้างขึ้น

ผลการวิจัย

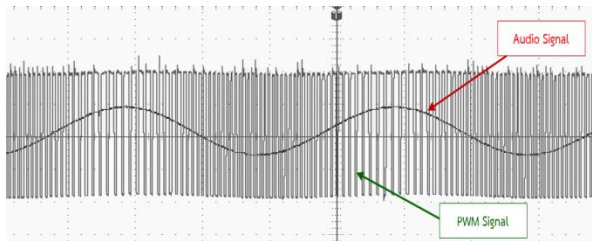
ในการทดสอบส่วนของการส่งข้อมูล ใช้วิธีการส่งข้อมูลข่าวสารจากเครื่องสร้างสัญญาณเสียง (Audio Frequency Generator) หรือเครื่องกำเนิดสัญญาณหลายหน้าที่ (Function Generator) กำหนดความถี่ตั้งแต่ 20 เฮิรตซ์ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ และใช้สัญญาณเสียงเพลงในการจัดส่งข้อมูล วงจรที่ใช้ถูกออกแบบสัญญาณพาห้ไว้ที่ 60 กิโลเฮิรตซ์มีลักษณะสัญญาณดังรูปที่ 11 ซึ่งพบว่าสัญญาณพัลส์ของคลื่นพาห้ที่ได้มีความถี่ 59.22 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเป็น

ผลมาจากความคลาดเคลื่อนของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่ใช้ซึ่งเป็นแบบมีความคลาดเคลื่อน 5%

สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่ได้มีลักษณะดังรูปที่ 12 ซึ่งพบว่าวงจรสามารถมอดูเลชั่นสัญญาณได้ตลอดย่านความถี่เสียง 20 เฮิรตซ์ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ โดยสัญญาณไม่มีความผิดเพี้ยน การวัดสัญญาณใช้ออสซิลโลสโคปแบบ 2 ช่องวัดสัญญาณเสียงด้านขาเข้า เทียบกับสัญญาณที่ออกจากวงจรมอดูเลชั่นแบบพีดับเบิลยูเอ็ม (ในรูปแสดงสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มที่สัญญาณเสียง 1 กิโลเฮิรตซ์)



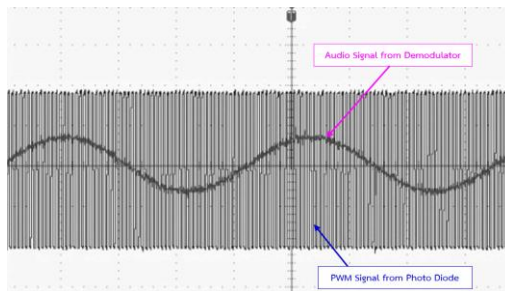
ภาพที่ 11 พัลส์ของสัญญาณพาห้มีความถี่ 59.22 กิโลเฮิรตซ์



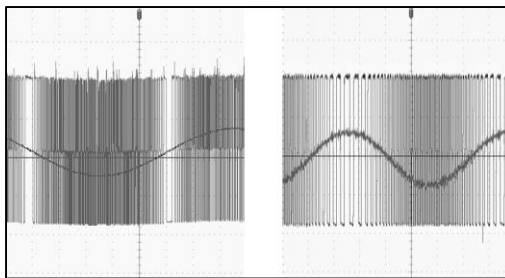
ภาพที่ 12 สัญญาณพีดีบีเอ็มที่ได้จากวงจรมอดูเลชันเทียบกับสัญญาณเสียงขาเข้า 1 กิโลเฮิร์ตซ์

ในส่วนของการรับสัญญาณใช้การวัดสัญญาณที่รับได้จากโฟโตไดโอดและผ่านการขยายสัญญาณแล้วเทียบกับสัญญาณที่ได้จากภาคดีมอดูเลชัน ซึ่งจะเห็นว่าวงจรสามารถแยกสัญญาณพาห้ซึ่งเป็นความถี่สูงออก เหลือแต่สัญญาณข้อมูลข่าวสารที่ส่งเข้าไปได้

ดังภาพที่ 13 และในภาพที่ 14 แสดงให้เห็นถึงสัญญาณในส่วนภาคส่งสัญญาณ (ซ้าย) เทียบกับสัญญาณในภาครับ (ขวา) เมื่อทำการทดลองส่งคลื่นเสียงความถี่ 20 เฮิร์ตซ์



ภาพที่ 13 สัญญาณพีดีบีเอ็มที่รับได้จากโฟโตไดโอดเทียบกับสัญญาณที่ติมอดูเลชันออกมา



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบสัญญาณของภาคส่ง(ซ้าย) และสัญญาณในภาครับ(ขวา) ที่ความถี่เสียง 20 เฮิร์ตซ์

การทดสอบคุณภาพของสัญญาณขาออกของระบบ ใช้วิธีการวัดค่า SNR (Signal to Noise Ratio) โดยการใช้ฮอสซิลโลสโคปในรูปแบบ FFT ซึ่งแสดงแอมพลิจูดสัญญาณในแกนความถี่ ซึ่งสามารถวัดค่ากำลังงานของสัญญาณข้อมูลข่าวสาร (S) และ

กำลังงานเฉลี่ยของสัญญาณรบกวน (N) แล้วนำมาคำนวณหาค่า SNR จาก $SNR(dB) = S(dB) - N(dB)$ ดังภาพที่ 15 (แสดงการวัดสัญญาณขาออกที่ความถี่เสียงขาเข้า 1 กิโลเฮิร์ตซ์)



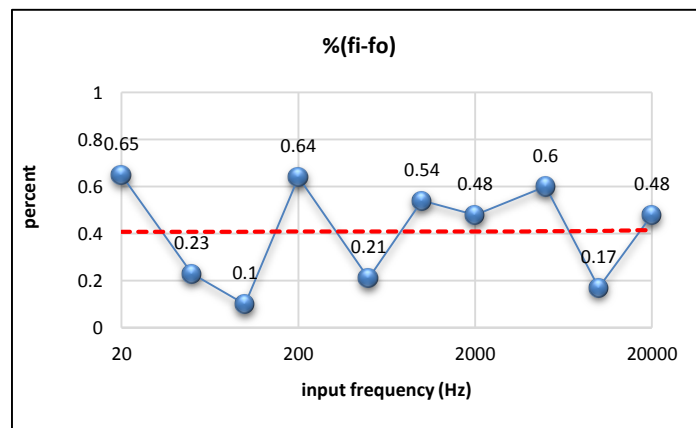
ภาพที่ 15 การวัดสัญญาณในเชิงความถี่เพื่อหาค่า SNR

ผลการทดลองวัดหาค่าความถี่ทางด้านขาออก (f_o), ค่าความคลาดเคลื่อนของความถี่ ($f_i - f_o$), แรงดันขาออก (V_o), SNR, ความสว่างของแสงโดยวัดบนพื้นโต๊ะที่จัดทำขึ้น ตรงกับแอลอีดีในแนวตั้ง มีระยะห่าง

250 ซม. โดยข้อมูลทั้งหมดทำการวัดเทียบกับสัญญาณความถี่เสียงขาเข้า (f_i) ได้ผลตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของสัญญาณขาออกของระบบ

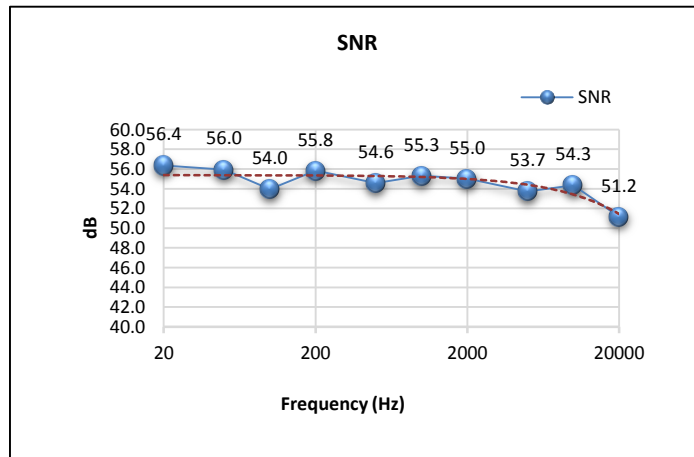
f_i (Hz)	f_o (Hz)	$\%(f_i - f_o)$ (%)	V_o (Vp-p)	SNR (dB)	ความสว่าง (LUX)
20	19.87	0.65	1.96	56.35	168
50	50.12	0.23	1.90	55.95	168
100	100.11	0.10	1.87	53.95	168
200	198.72	0.64	1.91	55.83	169
500	498.92	0.21	1.88	54.57	168
1k	989.23	1.07	1.76	55.32	169
2k	2.07k	3.38	1.73	55.02	169
5k	4.97k	0.60	1.71	53.74	168
10k	10.02k	0.17	1.74	54.33	168
20k	19.88k	0.60	1.68	51.15	168



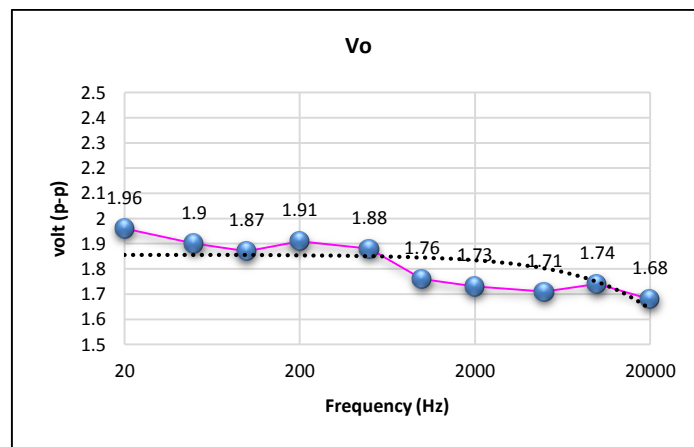
ภาพที่ 16 ผลต่างของความถี่เมื่อเทียบความถี่ทางด้านขาออกและขาเข้า

จากภาพที่ 16 แสดงค่าของความถี่ทางด้านขาออกเมื่อเทียบกับความถี่ทางด้านขาเข้า พบว่าทางด้านขาออก ความถี่ที่มีความคลาดเคลื่อนไปจากทางด้านขาเข้า ต่ำสุดอยู่ที่ 0.1% ที่ 100 เฮิร์ตซ์และ

สูงสุดอยู่ที่ 0.64% ที่ 200 เฮิร์ตซ์ มีค่าเฉลี่ยตลอดช่วงความถี่เสียงอยู่ที่ประมาณ 0.4% มีความเบี่ยงเบนด้านความถี่ $\sigma = 0.95$



ภาพที่ 17 ค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของสัญญาณทางด้านขาออก



ภาพที่ 18 ค่าแรงดันทางด้านขาออกของระบบ

ค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal to Noise Ratio) ของสัญญาณขาออกดังรูปที่ 17 และค่าแรงดันทางด้านขาออกของระบบดังรูปที่ 18 แสดงให้เห็นว่าที่ความถี่ที่สูงขึ้น ค่าแรงดันมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่าของสัญญาณรบกวนมีค่าเฉลี่ยอยู่ใกล้เคียงกันตลอดช่วงความถี่ จึงทำให้ค่า SNR มีแนวโน้มลดลงด้วยเช่นกัน ในการทดลองได้เริ่มทำการทดลองโดยใช้ภาคคิมอดูเลเตอร์ที่มีวงจรรองความถี่ต่ำผ่านแบบชั้นเดียว ให้ค่า SNR ที่

แนวโน้มลดลงมาก เมื่อทำการปรับวงจรองความถี่ต่ำเป็นแบบสองชั้น (2^{nd} order) จึงให้ผลการตอบสนองต่อความถี่สูงที่ดีกว่า ในขณะที่ค่าความสว่างจากแอลอีดีมีค่าคงที่ตลอดย่านความถี่

สรุปผลการวิจัย

จากการส่งสัญญาณข้อมูลข่าวสารผ่านตัวกลางที่เป็นแสงสว่างที่ใช้งานตามปกติ พบว่าเราสามารถส่งสัญญาณและรับสัญญาณโดยใช้วงจรที่ง่าย ไม่มี

ความสลับซับซ้อนได้ ไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ประโยชน์จากแสงสว่าง แอลอีดีที่ใช้ในการวิจัยนี้ใช้แบบดวงเดียว ให้ค่าแสงสว่างประมาณ 170 ลักซ์ ซึ่งสามารถเพิ่มความสว่างโดยการเพิ่มวงจรขับและแอลอีดีสำหรับพื้นที่ใช้สอยที่ต้องการความสว่างที่มากกว่านี้ได้ ระบบมีความเบี่ยงเบนด้านความถี่เท่ากับ 0.95 มีค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนเฉลี่ยอยู่ที่ 54.6 dB

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ยุทธนา มุลกลาง หลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และ Mr.Aleksei Nekhaev ศูนย์ภาษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในความกรุณาช่วยเหลือเรื่องการจัดทำเอกสารบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

พัชรินทร์ ดวงแก้ว , เครื่องวัดรังสี วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (2555). **สารานุกรมโทรคมนาคมไทย**. กรุงเทพฯ. โครงการบริหารจัดการความรู้โทรคมนาคมไทย และการสื่อสารเชิงแสงและควอนตัม.

มนตรี ศิริปรัชญานันท์ และปราโมทย์ วาดเขียน.

(2544). การกำเนิดสัญญาณผลอนุพันธ์ที่ดับเบิ้ลยูเอ็มที่มีความถี่ที่โดยใช้วงจรมิตทริกเกอร์. **การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 24 (EECON-24)**. 22-23 พฤศจิกายน 2554, 687-692.

ว่าที่ร้อยตรีภูตินันท์ ภาคโอสถ. **ไอซี 555 ไทเมอร์**

และการประยุกต์ใช้. สืบค้นจาก

[http://old.ebooks.in.th/download/38615/IC_555_and_its_applications_Basic_Version.Available :https://en.wikipedia.org/wiki/555_timer_IC](http://old.ebooks.in.th/download/38615/IC_555_and_its_applications_Basic_Version.Available%3Ahttps://en.wikipedia.org/wiki/555_timer_IC).

อนุชา แก้วพูลสุข. (2558). การพัฒนาออกแบบแหล่งจ่ายกระแสคงที่: เปรียบเทียบระหว่างวงจรสหกรณ์กระแส และไอซี LM317. **7th National Science Research Conference**. 30-31 March 2015. Naresuan University. คุณภาพการบริการในสถาบันบริหารสารสนเทศอุดมศึกษา. **บรรณารักษศาสตร์และสารนิเทศศาสตร์ มข.** 21 (3), 1-17

Robert Boylesstad and Louis Nashelsky.

(1992). **Electronic Devices and Circuit Theory**. 5th edition. New York. Prentice-Hall International Edition.

การใช้ถ่านไม้ในการบำบัดสีน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมผ้า

The Use of Charcoal for Removal the Waste Water Color from Dyeing Process Effluent

ภัทรา วงษ์พันธ์กมล^{1*}, ธีรวัฒน์ กันทะ², กลิ่นประทุม ปัญญาปิง³ และ ศิระประภา ชัยเนตร⁴
Pattru Wongpankamol^{1*}, Teerawat Kanta², Klinpratoom Panyaping³
and Siraprapa Chainetr⁴

^{1,2,3,4} คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

^{1,2,3,4} Faculty of Engineering , Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author e-mail: pttwp512@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาการดูดซับสีของน้ำทิ้งจากกระบวนการย้อมผ้าโดยใช้ถ่านไม้ ที่มีจำหน่ายในท้องถื่น 2 ชนิด ได้แก่ ถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม ในรูปของเกล็ด 3 ขนาด คือ 4.75×5, 2×2.36 และ 0.8×1.18 มิลลิเมตร โดยเลือกทำการศึกษา 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ทำการศึกษาหาระยะเวลา และปริมาณที่เหมาะสม ต่อการดูดซับสีของวัสดุดูดซับ ส่วนขั้นที่ 2 คือ การหาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับ โดยเปรียบเทียบระหว่าง ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิช และไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ จากการศึกษาพบว่าขนาด และปริมาณของถ่านไม้ที่ดีที่สุดของถ่านทั้ง 2 ประเภท คือ ขนาด 0.8×1.18 มิลลิเมตร และ 30 กรัม ตามลำดับ โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสีของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม คือ 2 และ 5 นาที ตามลำดับ ส่วนการหาประสิทธิภาพในการดูดซับ พบว่าการใช้ไอโซเทอมแลงเมียร์แบบเส้นตรง สามารถอธิบายผลได้ดีกว่า ซึ่งสามารถคำนวณค่าการดูดซับสี ของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม ได้เท่ากับ 0.0387 และ 0.0289 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบในส่วนของร้อยละการกำจัดสีของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม มีค่าเท่ากับ 44.27 และ 31.37 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ถ่านไม้ กระบวนการย้อมผ้า

Abstract

Adsorption capacity for dye removal from wastewater was determined by using 2 types of granular charcoal which made from Longan wood and Tamarine wood as sorbent material. The study of different size and quantity of sorbent material was conducted in the experiment ; 4.75 x 5, 2 x 2 and 0.8 x 1.18 mm. The experiment was divided in to 2 parts. There are the study of optimum time on adsorption capacity and the study of sorption isotherm. The results showed the highest sorption capacity of size and quantity of both 2 types of charcoal was 0.8×1.18 mm. and 30 g. The optimum time of highest sorption capacity of longan charcoal and tamarine charcoal was 2 and 5 minutes, respectively. The sorption capacity of both charcoals can be described in term of Langmuir Isotherm at 0.0387 and 0.0289 mg. The color removal of longan charcoal and tamarine charcoal 44.27 % and 31.37 %, respectively.

Keywords: Charcoal , Dyeing Process

บทนำ

จากการส่งเสริมการผลิตผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชนของรัฐบาลที่ผ่านมา ส่วนหนึ่งได้ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลพิษทางสิ่งแวดล้อมขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะมลพิษทางน้ำ และในเขตของพื้นที่ภาคเหนือตอนบนอย่างเช่น เชียงใหม่ และ ลำพูน จากการศึกษาของศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 1 ได้พบว่า วิสาหกิจชุมชนที่ผลิตผ้าทอมือน้ำที่ซึ่งเกิดจากการฟอกย้อมสีและได้ถูกเททิ้งสู่ธรรมชาติ โดยไม่มีการบำบัด ซึ่งมีผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อมและระดับน้ำใต้ดินของชุมชน ทำให้บางพื้นที่ไม่สามารถใช้น้ำจากบ่อน้ำในชุมชนได้ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2559) และ อุตสาหกรรมสิ่งทอซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องมีน้ำในทุกขั้นตอนการผลิตไม่ว่าจะเป็นการผลิตเส้นใย การปั่น การทอ การถักผ้า และการฟอกย้อมก็ตาม โดยวัตถุดิบที่ใช้ เช่น สีย้อมผ้า สารเคมี เป็นต้น บางชนิดละลายน้ำได้ บางชนิดละลายน้ำไม่ได้ จึงทำให้น้ำมีสภาพที่แปรเปลี่ยนไปที่เราเรียกว่าน้ำเสีย เช่น อุดหนุมิสูงขึ้น มีกลิ่น มีสี ตลอดจนทำให้สิ่งมีชีวิตที่อยู่น้ำตาย เนื่องจากมีสารอินทรีย์ในน้ำปริมาณที่สูง มลสารส่วนใหญ่ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมนั้น มาจากกระบวนการย้อมสี (Dyeing) และการตกแต่งสำเร็จ (Finishing) (ชนิษฐา เจริญลาภ, 2550) ซึ่งสีที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมมีหลายชนิด เช่น สีรีแอกทีฟ สีเอซิด สีเบสิก สีไดเรกต์ สีแรวีต และสีดีสเพอร์ส เป็นต้น (อัจฉราพร ไสละสุต, 2527)

โดยในปัจจุบันมีวิธีการบำบัดสีในน้ำทิ้งหลายวิธีด้วยกัน โดยวิธีที่นิยมใช้กันคือการบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีซึ่งต้องใช้สารเคมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนสารเคมี นอกจากนี้ยังมีวิธีการอื่น ในการบำบัดสีได้ เช่น กระบวนการทางชีววิทยาที่ใช้ระบบตะกอนเร่งและระบบบ่อเติมอากาศ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542)

การดูดซับสีด้วยถ่านจัดเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการกำจัดสีออกจากน้ำเสีย(มันสิน ตันฑุล

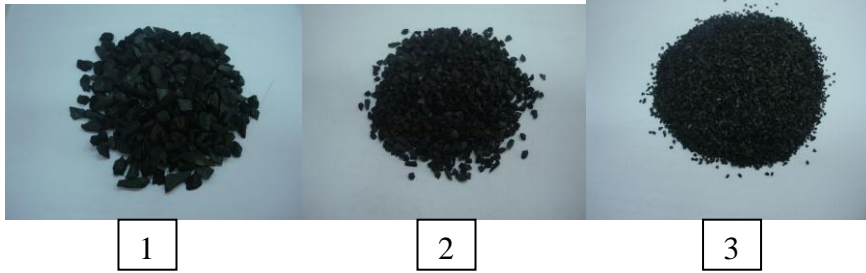
เวศม์, 2542) ซึ่งถ่านเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ หรืออินทรีย์วัตถุซึ่งมีคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีคุณสมบัติดูดซับสารต่างๆ และเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน มีต้นทุนต่ำ นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์วัสดุดูดซับที่มีขายในท้องถิ่น ผลิตเป็นวัสดุดูดซับสีคือ ถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม ซึ่งปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากไม้ลำไย และไม้มะขาม คือการทำถ่าน ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้านี้ จึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้วัสดุดูดซับที่เตรียมได้จากถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม ในการดูดซับสี ของน้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนของสี ผลการศึกษาเบื้องต้นที่ได้ สามารถขยายผลไปสู่การบำบัดน้ำเสียที่มีสีของโรงงานในขั้นตอนต่อไปได้อีก โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อศึกษาหาระยะเวลา และปริมาณวัสดุดูดซับ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับ และ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการดูดซับสีในน้ำทิ้งสีย้อมผ้า ระหว่างถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม ในรูปของเกลือ

วิธีการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ถ่านที่ผลิตจากไม้ลำไย และไม้มะขาม ในการดูดซับสีจากตัวอย่างน้ำทิ้งสีย้อมผ้าในอุตสาหกรรมในครัวเรือน โดยการนำถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม มาบดให้ได้ขนาด จนสามารถร่อนผ่านตะแกรงคัดขนาด จำนวน 3 ขนาด คือ เบอร์ 1 ขนาด 4.75×5 มิลลิเมตร คือ สามารถค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานขนาด 4 เมช เบอร์ 2 ขนาด 2×2.36 มิลลิเมตร คือ สามารถร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 8 เมช และค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานขนาด 10 เมช และ เบอร์ 3 ขนาด 0.8×1.18 มิลลิเมตร คือ สามารถร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 16 เมช และค้างอยู่บนตะแกรงมาตรฐานขนาด 20 เมช ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 และน้ำทิ้งสีสังเคราะห์ได้จากการเตรียมน้ำสีสังเคราะห์จากสีย้อมผ้าตราสำเนา หาซื้อได้ง่ายตาม

ห้องตลาด ผลิตโดยบริษัท ศิวะสัมพันธ์ จำกัด (ศิวะสัมพันธ์, 2558) โดยใช้ความเข้มข้น 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เพื่อเป็นน้ำสีตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (อ้างอิงจากความเข้มข้นของน้ำเสียจาก การผลิตผ้า

ย้อมของกลุ่มอุตสาหกรรมครัวเรือน บ้านคุณพระศรีสมวงศ์ บ้านสันไร่ อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่) โดยทำการศึกษาทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง และเป็นการทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 1 ถ่านไม้ลำไยที่ผ่านการร่อน เบอร์ 1, 2 และ 3



ภาพที่ 2 ถ่านไม้มะขามที่ผ่านการร่อน เบอร์ 1, 2 และ 3

การทดลองครั้งนี้ได้ออกแบบการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ ขั้นที่ 2 การหาค่าที่เหมาะสมและความสามารถในการดูดซับสี ขั้นที่ 3 การหาประสิทธิภาพในการดูดซับสีของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม และมีวิธีการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำสากล คือ Standard Method American Public Health Association (APHA ,1992) พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์คือ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัด ความเป็นกรด – ด่าง ความเข้มของสีด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer (UV₄₆₃) ใช้ $\lambda = 463 \mu\text{m}$ ค่าสภาพความนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง EC Meter และความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) โดยใช้ Potassium Dichromate Digestion จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้

ค่าสถิติพื้นฐานอย่างง่ายคือ ค่าเฉลี่ย และการคำนวณร้อยละการกำจัดสี ด้วยเศษวัสดุ และทำนายค่าประสิทธิภาพการดูดซับสีสูงสุดด้วยแบบจำลองของฟรอนด์ลิชไอโซเทอม (Freundlich Isotherm) และ แลงเมียร์ไอโซเทอม (Langmuir Isotherm) โดยพิจารณาจากค่าความสามารถในการดูดซับสีสูงสุดของถ่าน และจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient: R^2) ที่มีค่าเข้าใกล้ 1

ผลการวิจัย

1. ลักษณะสมบัติของเศษวัสดุดูดซับ

จากการเตรียมวัสดุดูดซับ เพื่อทำการหาคุณสมบัติเบื้องต้น สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 โดยขนาดของถ่านหาจากขนาดของตะแกรงที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไปของวัสดุดูดซับ

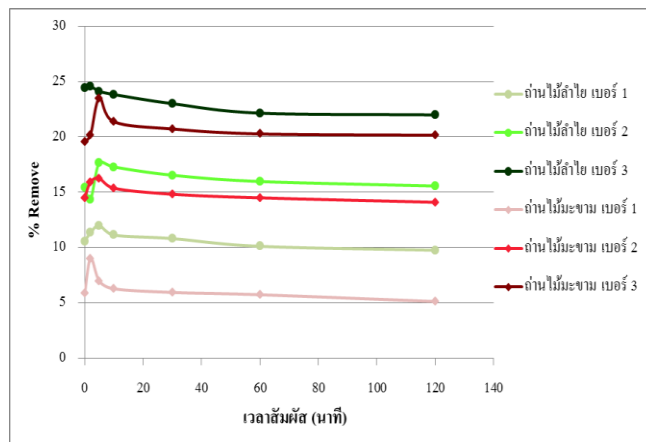
ชนิดของวัสดุดูดซับ	เบอร์	ขนาด (มม)	ลักษณะทั่วไป
ถ่านไม้ลำไย	1	4.75×5	มีสีดำ ผิวมัน รูปร่างเหลี่ยม และเปราะ
	2	2×2.36	
	3	0.8×1.18	
ถ่านไม้มะขาม	1	4.75×5	มีสีดำ ผิวมัน รูปร่างแบน
	2	2×2.36	
	3	0.8×1.18	

2. ระยะเวลาที่เหมาะสมและการหาค่าประสิทธิภาพในการดูดซับสีจากน้ำสีสังเคราะห์โดยใช้เศษวัสดุดูดซับ

2.1 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับสีจากน้ำสีสังเคราะห์ที่ใช้เศษวัสดุดูดซับ

การหาระยะเวลาที่เหมาะสมของการดูดซับที่ระยะเวลาที่ต่างๆโดยหาค่าร้อยละการกำจัดสี (%Removal) ได้แก่ 0, 2, 5, 10, 30, 60 และ 120

นาที่ ที่ความเข้มข้นของสี 2442 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขามแบบเกล็ด 3 ขนาด อย่างละ 10 กรัม เพื่อหาระยะเวลาที่ดีที่สุดในการหาค่าความสามารถในการดูดซับสีจากน้ำทิ้งสีย้อมผ้า และแสดงความสัมพันธ์ของเวลากับร้อยละการกำจัดสีของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขามแบบเกล็ด 3 ขนาด ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของเวลากับร้อยละการกำจัดสีของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขามของการหาระยะเวลาที่เหมาะสม

จากภาพที่ 3 พบว่า ถ่านไม้ลำไยเบอร์ 3 และถ่านไม้มะขามเบอร์ 3 ค่าร้อยละการกำจัดสีจะมีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 24.12 และ 23.50 ตามลำดับ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงใช้ถ่านไม้ลำไยเบอร์ 3 เวลาสัมผัส 2 นาที่ และถ่านไม้มะขามเบอร์ 3 เวลาสัมผัส 5 นาที่ ในการหาปริมาณวัสดุดูดซับในการดูดซับสี

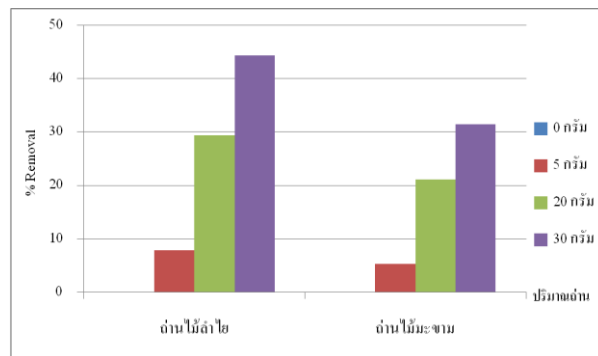
จากน้ำทิ้งสีย้อมผ้า เมื่อเวลาสัมผัสนานขึ้น มีแนวโน้มร้อยละการกำจัดสีลดลง เนื่องจากสีที่ติดวัสดุดูดซับหลุดออกมาจึงทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อเกิดการเขย่ามากขึ้นทำให้มีโอกาสหลุดของสีมากขึ้น และผงถ่านออกมาทำให้การอ่านค่าของสีเพิ่มขึ้น โดยสอดคล้องกับสภาพของถ่านทั่วไปที่ยังไม่ได้รับการ

เผาตามอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อให้เป็นถ่านกัมมันต์ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542)

2.2 การหาปริมาณวัสดุดูดซับที่เหมาะสมต่อการดูดติดผิวของวัสดุดูดซับ

การหาปริมาณวัสดุดูดซับที่เหมาะสม โดยหาจากค่าร้อยละการกำจัดสี ได้แก่ 0, 5, 20 และ 30 กรัม

ที่ความเข้มข้นของสี 2442 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ่านไม้ลำไยเบอร์ 3 ใช้เวลาสัมผัส 2 นาที และถ่านไม้มะขามเบอร์ 3 ใช้เวลาสัมผัส 5 นาที เพื่อหาได้ประสิทธิภาพในการดูดติดที่สูงที่สุด และความสัมพันธ์ของเวลากับร้อยละการกำจัดสี ของการหาปริมาณถ่านที่เหมาะสม ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของเวลากับร้อยละการกำจัดสีของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขามของการหาปริมาณถ่านที่เหมาะสม

จากภาพที่ 4 พบว่า ปริมาณถ่าน 30 กรัม ค่าร้อยละการกำจัดสีจะมีค่ามากที่สุด มีค่าเท่ากับ 44.27 และ 31.37 ตามลำดับ เมื่อปริมาณถ่านมากขึ้น มีแนวโน้ม ร้อยละการกำจัดเพิ่มขึ้นตามปริมาณถ่าน แต่ในที่นี้มีข้อจำกัดในเรื่องอุปกรณ์การทดลอง ซึ่งมีขนาดเล็ก สามารถเติมถ่านได้ปริมาณสูงสุดเพียง 30 กรัม เท่านั้น

2.3 การหาค่าประสิทธิภาพในการดูดซับสีจากน้ำสีสังเคราะห์โดยใช้วัสดุดูดซับธรรมชาติ

การหาค่าความสามารถในการดูดซับสีจากน้ำสีสังเคราะห์ คณะผู้วิจัยหาค่าความสามารถในการดูดซับสี ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ฟรุนด์ลิชไอโซเทอม และ แลงเมียร์ไอโซเทอม โดยมีรูปแบบสมการของฟ

รุนด์ลิชไอโซเทอม และแลงเมียร์ไอโซเทอมดังสมการที่ (1) (2)

$$X/M = K_f C_e^{1/n} \quad (1)$$

$$X/M = (abC_e)/(1+abC_e) \quad (2)$$

X/M คือ ปริมาณของตัวถูกละลายที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ

Ce คือ ปริมาณความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่เหลืออยู่ในสารละลาย ณ สภาวะสมดุล [9]

การหาประสิทธิภาพในการดูดซับสีในน้ำทิ้งสีย้อมผ้า จากกระบวนการต้มน้ำสีย้อมผ้าที่ความเข้มข้น 2442 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ่านไม้ลำไยเบอร์ 3 ที่เวลาสัมผัส 2 นาที และถ่านไม้มะขามเบอร์ 3 ที่เวลาสัมผัส 5 นาที ได้หาค่าร้อยละเฉลี่ยของการกำจัดสี ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพในการดูดซับสีในน้ำทิ้งสีย้อมผ้า

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ปริมาณถ่าน(กรัม)	ร้อยละการกำจัดเฉลี่ย
ถ่านไม้ลำไย เบอร์ 3	5	7.74
	20	29.32
	30	44.27
ถ่านไม้มะขาม เบอร์ 3	5	5.86
	20	21.00
	30	31.37

นอกจากนี้ยังแสดงค่าร้อยละของการดูดติดผิว และค่าประสิทธิภาพในการกำจัดสี ของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม จากนั้นนำค่าที่ได้จากการคำนวณ ไปสร้างตามแบบฟรูดิชไอโซเทอม และแลงเมียร์ไอโซเทอม แต่พบว่าพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ มีค่าเข้าใกล้

1 มากกว่า แสดงว่าการดูดซับสีของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม ที่นำมาเขียนเป็นไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ มีความเหมาะสมมากกว่าไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรูดิช ดังนั้น จึงจะแสดงค่าต่างๆ ตามสมการของแลงเมียร์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าคงที่ตามสมการของแลงเมียร์ และค่าความสามารถในการดูดติดสีสูงสุดของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม

แลงเมียร์ไอโซเทอม	ถ่านไม้ลำไย	ถ่านไม้มะขาม
ความเข้มข้นของสีที่สภาวะสมดุล, Ce (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2442	2442
จุดตัดแกน y, 1/ab	5398	28937
ความชัน, 1/a	24.23	22.80
ค่าความสามารถในการดูดติดสีสูงสุด, X/M (มิลลิกรัมต่อกรัม)	0.0378	0.0289
$\frac{Ce}{X/M} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a} Ce$		

เมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการดูดติดสีสูงสุด จากตารางที่ 3 ของถ่านไม้ลำไย และไม้มะขามจะพบว่า ถ่านไม้ลำไยจะมีค่าความสามารถในการดูดติดสีสูงสุด มากกว่าถ่านไม้มะขามร้อยละ 12.9

2.4 การหาประสิทธิภาพการบำบัดสี, ค่าความเป็นกรดต่าง, สภาพนำไฟฟ้า และซีไอดี

การหาประสิทธิภาพการบำบัดสี, ค่าความเป็นกรดต่าง, สภาพนำไฟฟ้า และซีไอดีสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นสี ค่าความเป็นกรดต่าง สภาพนำไฟฟ้า และซีไอดี

พารามิเตอร์	ก่อนเขย่า	หลังเขย่า		ร้อยละของการกำจัด	
		ถ่านไม้ลำไย	ถ่านไม้มะขาม	ถ่านไม้ลำไย	ถ่านไม้มะขาม
ความเข้มข้นสี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	2442	1361	1676	44.27	31.37
ค่าความเป็นกรดต่าง	9.58	11.17	11.06	-	-
สภาพนำไฟฟ้า (มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	13.58	15.05	16.35	-	-
ซีไอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	4800	786.9	1616.25	83.61	66.33

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าความเป็นกรดต่าง และค่าความนำไฟฟ้า ของน้ำทิ้งสีย้อมผ้าในตอนเริ่มการทดลองมีค่า เท่ากับ 9.58 และ 13.58 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อนำมาเขย่ากับถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม พบว่า ค่าพีเอช และค่าสภาพนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่าความสามารถในการดูดซับที่ดียิ่งขึ้นจะขึ้นกับสภาพของความเป็นประจุของพื้นวัสดุดูดซับและสัมพันธ์กับค่าค่าความเป็นกรดต่าง และค่าสภาพนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าซีไอดี เริ่มแรกมีค่า 4800 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาเขย่ากับถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม พบว่ามีค่าลดลง เนื่องจากขบวนการดูดซับที่ผิวของถ่าน และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสี พบว่าถ่านไม้ลำไยมีประสิทธิภาพดีกว่าถ่านไม้มะขาม เนื่องจากถ่านไม้มะขามมีความหนาแน่นและความแข็ง มากกว่าถ่านไม้ลำไยจึงทำให้ถ่านไม้มะขามมีรูพรุนที่ตัวถ่าน และผิวของถ่าน มีค่าน้อยกว่าถ่านไม้ลำไย

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาหาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับในการดูดซับสีในน้ำทิ้งสีย้อมผ้า และศึกษาเปรียบเทียบการดูดซับสีในน้ำทิ้งสีย้อมผ้า ระหว่างถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม โดยทำการทดลองวัสดุดูดซับ 3 ขนาด พบว่าขนาดที่ดีที่สุด คือ ขนาด 0.8x1.18 มิลลิเมตร ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้ การศึกษาหาระยะเวลา และปริมาณวัสดุดูดซับ ในการดูดซับสีน้ำทิ้งสีย้อมผ้า จากถ่านไม้ลำไย และถ่าน

ไม้มะขาม พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับสีคือ 2 และ 5 นาที ตามลำดับ ส่วนปริมาณที่เหมาะสมต่อการดูดซับสี พบว่า มีค่าเท่ากับ 30 กรัม สำหรับถ่านไม้ทั้ง 2 ประเภท โดยหาค่าร้อยละของการกำจัดสี พบว่า มีค่าเท่ากับ 44.27 และ 31.37 ตามลำดับ ในส่วนของการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับในการดูดซับสีในน้ำทิ้งสีย้อมผ้า จากถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขามโดยใช้ไอโซเทอมแบบฟรุนดลิช และแลงเมียร์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ของไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิชมีค่า 0.519 และ 0.830 ตามลำดับ ส่วนไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์มีค่า 0.993 และ 0.919 ตามลำดับ ดังนั้นไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์จึงมีความเหมาะสมกว่า ไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช ในการอธิบายประสิทธิภาพของถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขามในการดูดซับสีน้ำทิ้งสีย้อมผ้า และการศึกษาเปรียบเทียบการดูดซับสีในน้ำทิ้งสีย้อมผ้า ระหว่างถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขาม จากการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับ พบว่าค่าความสามารถในการดูดซับสีสูงสุด ของถ่านไม้ลำไยมีค่า 0.0378 มิลลิกรัมต่อกรัม และถ่านไม้มะขามมีค่า 0.0289 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งถ่านไม้ลำไยมีประสิทธิภาพดีกว่าถ่านไม้มะขาม ร้อยละ 12.9 ดังนั้นถ่านไม้ลำไยจึงมีประสิทธิภาพการดูดซับสีในน้ำทิ้งสีย้อมผ้าดีกว่าถ่านไม้มะขาม

ข้อเสนอแนะ

1) ควรทำการทดลองปรับค่าความเป็นกรดต่าง เพื่อให้การดูดซับอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม และดูดซับได้ดียิ่งขึ้น

2) ควรทำการทดลองนำถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้มะขามไปเผาเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น

3) ควรทำการทดลองแบบต่อเนื่อง เพื่อสามารถขยายผลไปสู่การบำบัดที่มีประสิทธิภาพต่อไป

4) ควรศึกษาความพรุน และความหนาแน่นของวัสดุดูดซับ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงตามจุดประสงค์ โดยได้รับเงินสนับสนุนจากโครงการยกระดับปริญญา นิพนธ์เป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน งบประมาณผลประโยชน์ปี 2558 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรม สิ่งแวดล้อม ที่เอื้อเพื่อให้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง ตลอดการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2559) **บ่อบำบัดน้ำทิ้งจากการย้อมสี**. สืบค้นเมื่อ 11 สิงหาคม 2559, จาก <http://www.ipc1.dip.go.th>.

เกียรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2542). **การบำบัดน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สยามสแตนเนอรัลชีฟฟพลาย.

เกียรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2542). **การบำบัดน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สยามสแตนเนอรัลชีฟฟพลาย.

เกียรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. **วิศวกรรมกรรมการกำจัดของเสีย เล่มที่ 5**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เอส. อาร์.พรินติ้ง แมส

ชินชฎา เจริญลาภ. (2547). **สีย้อมในอุตสาหกรรมฟอกย้อม**. สืบค้นเมื่อ 16 มกราคม 2550, จาก http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=370&read=trueโปรดัก.

มันสิน ตัณฑุลเวศม์. (2542) **เคมีวิทยาของน้ำเสียเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิวะสัมพันธ์, บจ. (2527). **สีเคมีย้อมผ้าตราสำเนา**. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2558, จาก <http://www.siva-sumpan.com/index>. สำนักพิมพ์เทคนิค 19 การพิมพ์, 2527.

อัจฉราพร ไชยะสุด. **คู่มือการย้อมสี**. กรุงเทพฯ.

APHA, AWWA and WEF. (1992). **Standard Method for the Examination of Water and Wastewater**. 18th ed. New York: American Public Health Association.

**การออกแบบวงจรนับขึ้น/ลง 4 หลักแบบเข้าจังหวะบนบอร์ด
CPLD Explorer XC9572XLแสดงผลด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์**
**Designing the 4 Digits Synchronous Up/Down Decade Counter on CPLD
Explorer XC9572XL Board Displaying with Multiplex Technique**

สุกฤต สิริ¹, ธีรเดช คาบเพชร² และ อติสร กวาวสิบสาม^{3*}
Sukrit siri¹, Teeradet Kabphet² and Adisorn Kwawsibsam^{3*}

^{1,2,3} วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

^{1,2,3}College of Integrated Science and Technology Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author e-mail: adisorn_401@hotmail.com, 080-5006475

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอเทคนิคการออกแบบและสร้างวงจรนับขึ้น/ลงขนาด 4 หลัก (0000 – 9999) บนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL แสดงผลด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์ ซึ่งบอร์ดใช้ไฟเลี้ยงวงจร 3.3V สามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง ทำการสร้างวงจรโดยวิธีวาดผังวงจรโดยใช้โปรแกรม Xilinx ISE WebPACK 8.1i เสร็จแล้วดาวน์โหลดวงจรลงใน Chip CPLD ขนาด 1,600 เกต ซึ่งวงจรที่ออกแบบประกอบด้วยวงจรถูกนับความถี่ 32.768 kHz, วงจรหารความถี่, วงจร 2 to 1 MUX, วงจรนับขึ้น/ลงแบบเข้าจังหวะแบบมีเอาต์พุตตัวทศ/ตัวยืม จำนวน 4 วงจร, วงจรนับ 2 บิต, วงจร 4 to 1 MUX จำนวน 4 ชุด, วงจร 2 to 4 Decoder แบบ Active Low, และวงจรถอดรหัส BCD-8421 to 7 Segment แบบคอมมอนแคโทด โดยทำการสร้างที่ละวงจรจากนั้นทำการทดสอบวงจรโดยการจำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม ISE Simulator แล้วทำการรวมทุกวงจรเข้าด้วยกันโดยการสร้าง Symbol เพื่อสะดวกในการใช้งาน จากการออกแบบและสร้างวงจรพบว่าวงจรใช้ทรัพยากรใน Chip CPLD ดังนี้คือ Macrocells 48/72 (67%) Pterms 182/360 (51%) Registers 33/72 (46%) Pins 15/34 (45%) Function Block Inputs 62/216 (29%) ผลการสร้างวงจรพบว่าทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้

คำสำคัญ : วงจรนับขึ้น/ลง, CPLD, เทคนิคการมัลติเพล็กซ์

Abstract

This article aims to design and build the 4 digits synchronous up/down decade counter (0000 – 9999) on CPLD Explorer XC9572XL board displaying with multiplex technique on the CPLD Explorer XC9572XL . It use 3.3V power supply and no data is lost if no power supply. Design and build by schematic using software tool ISE WebPACK 8.1i and Service Pack 2 of the Xilinx copyright then download circuit into CPLD Chip 1600 gates. . This circuit consist of oscillator circuit 32.768 kHz, frequency divide circuit, 2 line to 1 line MUX, 4 digits synchronous up/down decade counter with carry and borrow output 4 circuits, 2 bits counter, 4 channel 4 line to 1 line MUX, 2 line to 4 line decoder active low and bcd-8421 to 7 segment decoder common cathode. In the design, we tested the circuit design using simulation program found that this design resource in the CPLD chip below Macro cells 48/72 (67%), Pterms 182/360 (51%), Registers 33/72 (46%), Pins 15/34 (45%), Function Block Inputs 62/216 (29%). Results showed that the circuit works properly as designed.

Keywords: 4 Digits Synchronous Up/Down Decade Counter, CPLD, Multiplex Technique

บทนำ

ปัจจุบันวงจรดิจิทัลเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวัน ทุกวันนี้อุปกรณ์และเครื่องใช้ต่างๆล้วนมีวงจรดิจิทัลเข้าไปเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ เครื่องมือทางทหาร ทางการแพทย์ สิ่งอำนวยความสะดวกและด้านความปลอดภัยในการดำรงชีวิต เช่น วงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ วงจรควบคุมการแสดงผลในระบบไฟจราจร เพื่อให้เราสามารถทราบและตัดสินใจได้ถูกต้อง การแสดงผลสามารถแสดงได้ในหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น แสดงผลด้วยเสียง หลอดไฟ LED หรือตัวเลข เป็นต้น

สัญญาณไฟจราจรที่มีการแสดงผลด้วยตัวเลขเป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่มีการใช้วงจรดิจิทัลเข้ามาเกี่ยวข้องหนึ่งนั้นคือการออกแบบวงจรนับเพื่อแสดงผลให้รู้ว่ามีเวลาเหลืออีกเท่าใดเพื่อความปลอดภัยในการจราจร วงจรนับสิบแบบขึ้น/ลงนิยมใช้การออกแบบวงจรแบบเข้าจังหวะมากกว่าแบบไม่เข้าจังหวะเพราะมีข้อดีกว่าคือออกแบบได้ง่าย ทำงานในความถี่สูงได้ดี ปัจจุบันไอซีนับขึ้น/ลง ขนาด 1 หลักเช่นเบอร์ 74LS192 ราคาค่อนข้างแพง หายาก ใช้เวลานานในการสั่งซื้อ เมื่อนำมาต่อเป็นวงจรรับขนาด 4 หลักบวกกับอุปกรณ์เพิ่มเติม เช่นภาคอินพุตประกอบด้วยวงจรถ่ายค่าเน็ตสัญญาณพัลส์ วงจรควบคุมการนับ ภาคเอาต์พุตประกอบด้วยวงจรถ่ายรหัสจำนวน 4 ชุด 7 Segment จำนวน 4 ชุด สำหรับกรณีที่ไม่ใช้เทคนิคการแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ ซึ่งต้องใช้อุปกรณ์ สายต่อวงจรงบประมาณ เวลาในการทดลอง เวลาในการจัดหาอุปกรณ์ มาก โอกาสในการผิดพลาดวงจรไม่ทำงาน

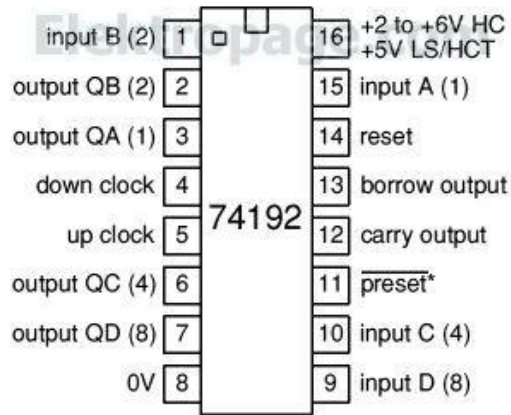
ตามทีออกแบบไว้มีสูง การแก้ไขวงจรทำได้ยาก และในขณะที่ทำการประกอบวงจรอาจได้รับสารพิษจากควันตะกั่วบัดกรีได้หากสะสมเป็นเวลานานๆอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

จากเหตุผลที่กล่าวมาหลักสูตรเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ ได้เห็นความสำคัญในการพัฒนาการเรียนการสอน โดยเฉพาะทักษะของนักศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาเสริมการเรียนรู้ในสาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในการเรียนการสอนวิชาวงจรดิจิทัล รหัส 51022005 จึงได้ทำวิจัยเรื่องการออกแบบวงจรรับขึ้น/ลง 4 หลักแบบเข้าจังหวะบนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL แสดงผลด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์ เพื่อเรียนรู้หลักการคิดการออกแบบและสร้างวงจบบนชิพเอนกประสงค์ที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายและเป็นการสร้างสรรค์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ขึ้นมาใหม่ สามารถนำกลับมาใช้งานได้ตลอดและชิพ CPLD สามารถนำมาสร้างวงจรดิจิทัลใหม่ๆได้อีกมากมายโดยไม่ต้องไปหาซื้อไอซีดิจิทัลเบอร์ต่างๆมาใช้งาน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรรับขึ้น/ลง 4 หลักและการมัลติเพล็กซ์บนบอร์ด CPLD Explorer XC 9572XL
2. เพื่อสร้างวงจรรับขึ้น/ลง 4 หลักแสดงผลด้วยเทคนิคการมัลติเพล็กซ์บนบอร์ด CPLD Explorer XC 9572XL โดยวิธีวาดผังวงจร

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 1 IC 74192 Synchronous Up/Dn Decade Counter

(<http://www.elektropage.com/default.asp?tid=435>)

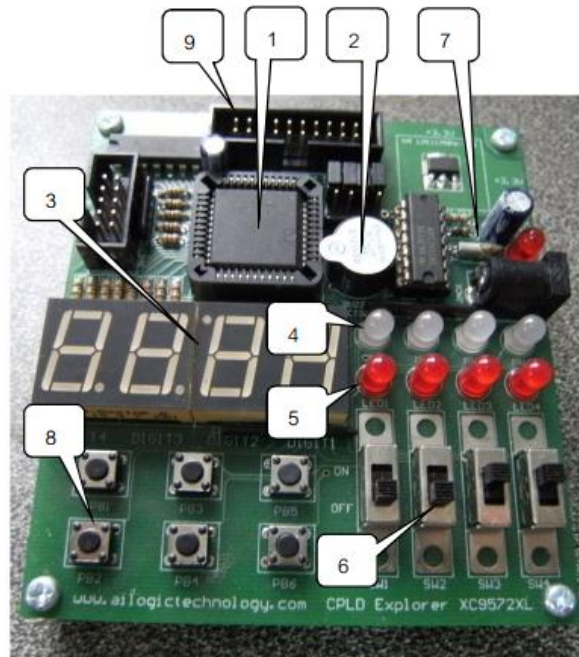
จากรูปที่ 1 IC 74192 เป็นไอซีดิจิตอลทำหน้าที่นับขึ้น/ลง 0-9 ขนาด 1 หลัก ถ้าเป็นเบอร์ 74LS/HCT192 จะใช้ไฟเลี้ยง +5VDC แต่ถ้าเป็นเบอร์ 74HC192 สามารถใช้ไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 2-6VDC เป็นไอซี

16 ขา มีขาเอาต์พุตตัวทอดตัวยืมสำหรับต่อขยายหลักๆ หลัก ไอซีสามารถกำหนดเลขการนับเริ่มต้นได้โดยการป้อนข้อมูลเข้าที่ขาอินพุต DCBA แล้วควบคุมการไหลของข้อมูลที่ขา 11 (นั้ทรว ัจจนเทพินทร์, 2544)



ภาพที่ 2 รูปร่างของ IC 74192

(<http://www.elektropage.com/default.asp?tid=435>)



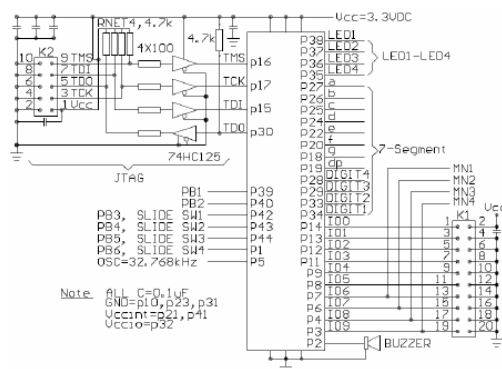
ภาพที่ 3 บอร์ดทดลอง CPLD Explorer XC9572XL

คุณสมบัติของบอร์ดทดลอง CPLD Explorer XC9572XL

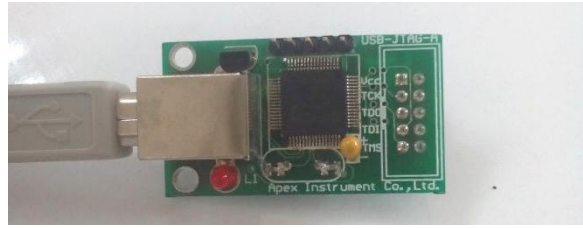
- 1. CPLD เบอร์ XC9572XL 1,600 เกต แบบ PLCC 44 ขา (PC44) Speed Grade -10
- 2. บัสเซอร์ 1 ตัว
- 3. 7 Segment common K ขนาด 4 หลัก
- 4. LED แสดงผล 3 สถานะ 4 หลอด
- 5. LED แสดงผล 2 สถานะ 4 หลอด

- 6. Slide Switch 4 ตัว
- 7. Onboard Oscillator 32.768 kHz
- 8. Push button switch 6 ตัว
- 9. Port K1 เป็น I/O 10 บิต ซึ่งสามารถใช้กับ I/O 5V และ 3.3V ได้ (ณรงค์ ทองฉิม และเจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

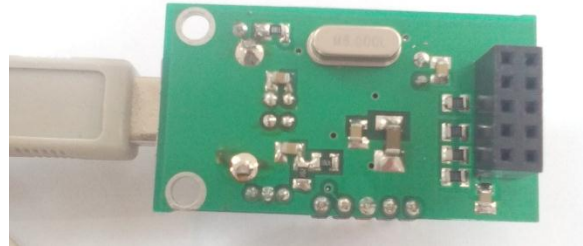
วงจรและตำแหน่งขาบนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL



ภาพที่ 4 วงจรและตำแหน่งขาของ CPLD เบอร์ XC9572XL
(ที่มา: <http://www.ailogictechnology.com/index.php>)



(a)



(b)

ภาพที่ 5 สาย USB JTAG (a) ด้านบน (b) ด้านล่าง

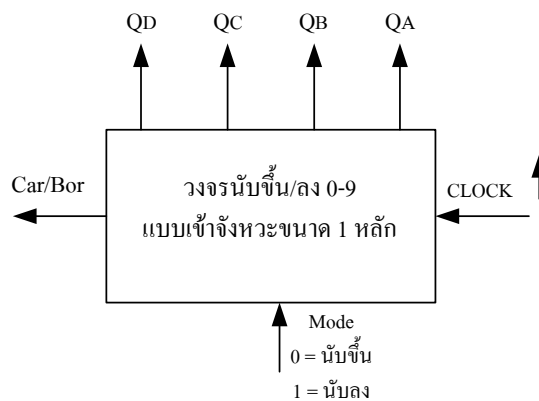
จากรูปที่ 4 เป็นวงจรการเชื่อมต่อบนบอร์ด CPLD และตำแหน่งขาในการเลือกใช้งาน Chip CPLD XC9572XL ขนาด 44 ขามีความจุ 1600 เกตมี 34 I/O โครงสร้างภายในประกอบด้วย Function Block และ I/O Block ที่สามารถเชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์แมทริกซ์ ภายใน Function Block ประกอบไปด้วยวงจรลอจิกเกตพื้นฐานที่สามารถโปรแกรมเป็นวงจรดิจิทัลได้ตามต้องการเมื่อโปรแกรมแล้วข้อมูลยังคงอยู่ถึงแม้ไม่มีไฟเลี้ยงและสามารถโปรแกรมได้หลายครั้ง (ฉนวนคง

ถาวร และเจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

รูปที่ 5 แสดงสายต่อ USB JTAG (a) ด้านบนการวางอุปกรณ์ส่วน (b) ด้านล่างการบัดกรีวงจร ซึ่งเป็นสายที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์กับบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL เวลาที่เราต้องการดาวน์โหลดวงจรจากคอมพิวเตอร์ลงสู่ชิพ CPLD

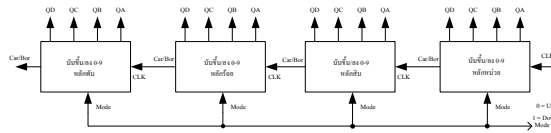
วิธีการวิจัย

กำหนด Block Diagram ของวงจรรนับขึ้น/ลง



ภาพที่ 6 Block Diagram ของวงจรรนับขึ้น/ลง

กำหนด Block Diagram ของวงจรนับขึ้น/ลง 4 หลัก



ภาพที่ 7 Block Diagram ของวงจรนับขึ้น/ลง 4 หลัก

ออกแบบวงจรนับขึ้น/ลง 1 หลัก

ตารางที่ 1 Action table ของ JK-F/F

Q_n	Q_{n+1}	J	K
0	0	0	x
0	1	1	x
1	0	x	1
1	1	x	0

ตารางที่ 2 การกำหนดนับขึ้น/ลงและอินพุตของ JK-F/F

M	Q_n				Q_{n+1}				I/P								
	D	C	B	A	D	C	B	A	JD	KD	JC	KC	JB	KB	JA	KA	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	x	0	x	1		
	0	0	0	1					x								
	0	0	1	0	0	0	1		0	x	0	x	1	x	x		
	0	0	1	1	0				1								
	0	0		0	0	0	1		0	x	0	x	x	0	1		
	0	0		1	1				x								
	0	1		0	0	1	0		0	x	1	x	x	1	x		
	0			0	0	1	0		0	x	x	0	0	0	x	1	
	0	1		0	1				x								
	0	1		1	0	1	1		0	x	x	0	1	x	x		
	0			0	0	1	1		0	x	x	0	x	0	1		
	0	1		1	1				x								
	0	1		0	0	1	0	0	1	x	x	1	x	1	x		
	0	1	0	0	0				1								
	0			1	0	0	0		x	0	0	x	0	x	1		

	1 0 0	1	x
	1	0 0 0	x 1 0 x 0 x x
		0	1
1	1 0 0 1	1 0 0	x 0 0 x 0 x x
	1 0 0 0	0	1
	0 1 1 1	0 1 1	x 1 1 x 1 x 1
	0 1 1 0	1	x
	0 1 0 1	0 1 1	0 x x 0 x 0 x
	0 1 0 0	0	1
	0 0 1 1	0 1 0	0 x x 0 x 1 1
	0 0 1 0	1	x
	0 0 0 1	0 1 0	0 x x 0 0 x x
	0 0 0 0	0	1
		0 0 1	0 x x 1 1 x 1
		1	x
		0 0 1	0 x 0 x x 0 x
		0	1
		0 0 0	0 x 0 x x 1 1
		1	x
	0 0 0	0 x 0 x 0 x x	
	0	1	
	1 0 0	1 x 0 x 0 x 1	
	1	x	

จากการออกแบบวงจรเราจะได้สมการในการเขียนวงจรลอจิกดังนี้

	DC	00	01	11	10
BA	00	0	0	x	x
	01	0	0	x	x
	11	0	1	x	x
	10	0	0	x	x

M=0

	DC	00	01	11	10
BA	00	1	0	x	x
	01	0	0	x	x
	11	0	0	x	x
	10	0	0	x	x

M=1

$$JD = \overline{M}CBA + M\overline{C}BA$$

(1)

	DC	00	01	11	10
BA	00	x	x	x	0
	01	x	x	x	1
	11	x	x	x	x
	10	x	x	x	x

M=0

	DC	00	01	11	10
BA	00	x	x	x	1
	01	x	x	x	0
	11	x	x	x	x
	10	x	x	x	x

M=1

$$KD = \overline{M}A + M\overline{A}$$

$$= M \oplus A$$

(2)

	DC				
BA	00	01	11	10	
00	0	x	x	0	
01	0	x	x	0	
11	1	x	x	x	
10	0	x	x	x	

M=0

	DC				
BA	00	01	11	10	
00	0	x	x	1	
01	0	x	x	0	
11	0	x	x	x	
10	0	x	x	x	

M=1

$$JC = \overline{M}BA + M\overline{D}\overline{A}$$

(3)

	DC				
BA	00	01	11	10	
00	x	0	x	x	
01	x	0	x	x	
11	x	1	x	x	
10	x	0	x	x	

M=0

	DC				
BA	00	01	11	10	
00	x	1	x	x	
01	x	0	x	x	
11	x	0	x	x	
10	x	0	x	x	

M=1

$$KC = \overline{M}BA + M\overline{B}\overline{A}$$

(4)

	DC				
BA	00	01	11	10	
00	0	0	x	0	
01	1	1	x	0	
11	x	x	x	x	
10	x	x	x	x	

M=0

	DC				
BA	00	01	11	10	
00	0	1	x	1	
01	0	0	x	0	
11	x	x	x	x	
10	x	x	x	x	

M=1

$$JB = \overline{M}\overline{D}\overline{A} + M(\overline{D}\overline{A} + C\overline{A})$$

(5)

	DC				
BA	00	01	11	10	
00	x	x	x	x	
01	x	x	x	x	
11	1	1	x	x	
10	0	0	x	x	

M=0

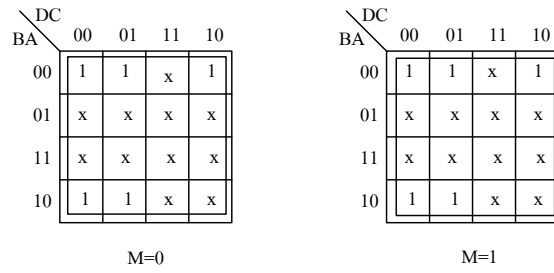
	DC				
BA	00	01	11	10	
00	x	x	x	x	
01	x	x	x	x	
11	0	0	x	x	
10	1	1	x	x	

M=1

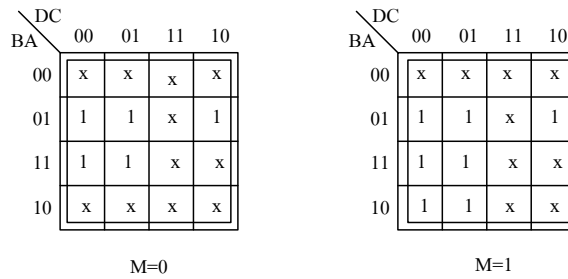
$$KB = \overline{M}A + M\overline{A}$$

$$= M \oplus A$$

(6)



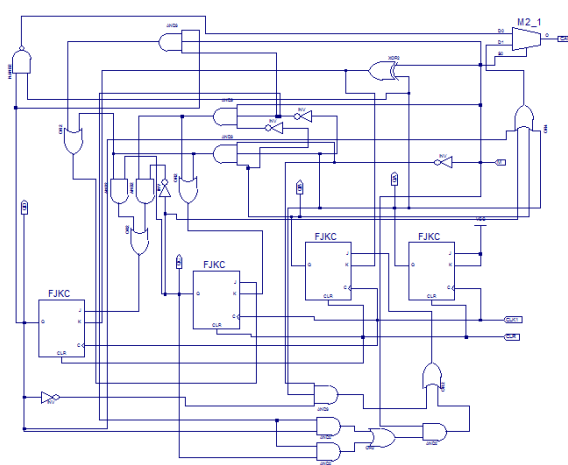
$$\begin{aligned}
 JA &= \overline{M}(1) + M(1) \\
 &= 1 \\
 &= +5V
 \end{aligned}
 \tag{7}$$



$$\begin{aligned}
 KA &= \overline{M}(1) + M(1) \\
 &= 1 \\
 &= +5V
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

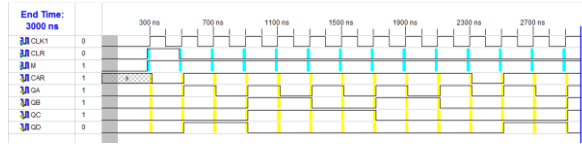
สร้างวงจรลงบนโปรแกรม Xilinx ISE WebPACK 8.1i

สร้างวงจรมัลติเพล็กซ์ 1 หลัก

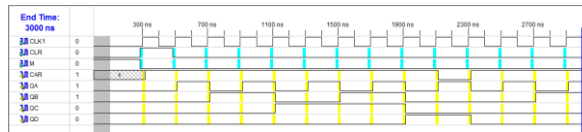


ภาพที่ 8 วงจรมัลติเพล็กซ์ 1 หลักที่ออกแบบได้

ทดสอบวงจรโดยการจำลองการทำงาน



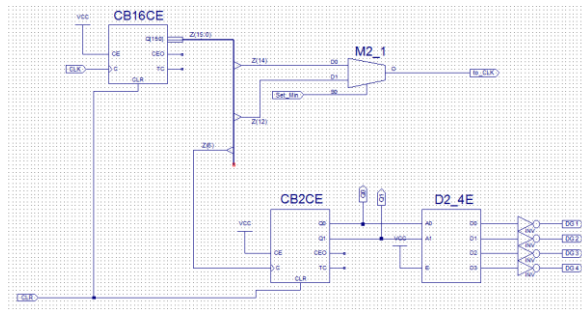
ภาพที่ 9 วงจรนับลง 9-0 เมื่อขา Mode = 1



ภาพที่ 10 วงจรนับขึ้น 0-9 เมื่อขา Mode = 0

จากรูปที่ 9-10 วงจรทำงานในสภาวะขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา ถ้าขา CLR=1 จะทำการรีเซ็ตวงจรทำให้เอาต์พุตเป็นลอจิก 0 ทั้งหมดจนกว่าขา CLR=0 วงจรจะเริ่มนับโดยจะนับขึ้นหรือลงขึ้นอยู่กับขา M ถ้าขา M=0 วงจรจะนับขึ้นถ้าขา M=1 วงจรจะนับลง

สร้างวงจรถ่ายความถี่ วงจร 2 to 1 MUX วงจรนับ 4 และวงจร 2 to 4 Decoder แบบ Active Low

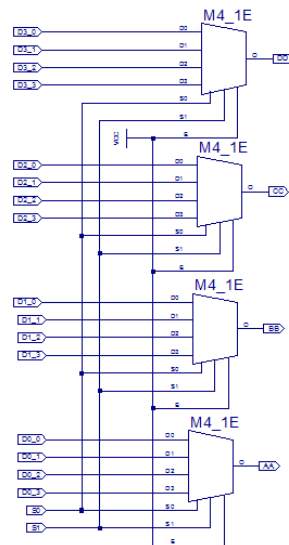


ภาพที่ 11 วงจรถ่ายความถี่ วงจร 2 to 1 MUX วงจรนับ 4 และวงจร 2 to 4 Decoder แบบ Active Low

จากรูปที่ 11 ตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจากบนบอร์ด CPLD ซึ่งผลิตความถี่ 32.768 kHz ผ่านวงจรถ่ายความถี่ซึ่งเป็นวงจรถ่ายเลขฐานสองขนาด 16 บิตลงมา 3 ความถี่คือ 2 Hz (Z14) และ 8 Hz (Z12) เพื่อที่จะทำให้สามารถเลือกการนับให้เร็วหรือช้าได้โดยใช้วงจร 2 Line to 1 Line MUX เบอร์ M2_1 มี

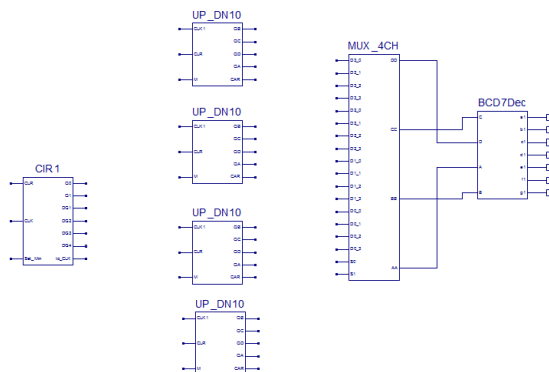
สัญญาณนาฬิกาส่งไปยังวงจรถ่ายต่อไป ส่วนอีกความถี่คือ 512 Hz (Z6) จะส่งมายังวงจรถ่าย 4 เพื่อเป็นสัญญาณส่งไปยังวงจร 4 Channel 4 to 1 MUX และวงจร 2 to 4 Decoder แบบ Active Low ต่อไป [2-4]

สร้างวงจร 4 Channel 4 to 1 MUX



ภาพที่ 12 วงจร 4 Channel 4 to 1 MUX

สร้างสัญลักษณ์ของแต่ละวงจร

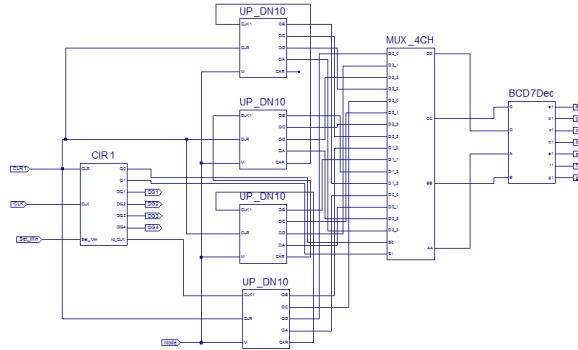


ภาพที่ 13 สัญลักษณ์ของวงจรต่างๆ

จากรูปที่13 เป็นการนำเอาวงจรที่เราสร้างมาก่อนแล้วมาทำเป็นสัญลักษณ์แล้วนำมาต่อกันเป็นวงจรที่ต้องการ วงจร CIR1 เป็นการนำเอาวงจรในรูปที่ 11 คือ วงจรหารความถี่ วงจร 2 to 1 MUX วงจรนับ 4 และ วงจร 2 to 4 Decoder แบบ Active Low มารวมกันแล้วสร้างเป็นวงจรใหม่ ส่วนวงจรที่ 2 ชื่อ UP_DN10

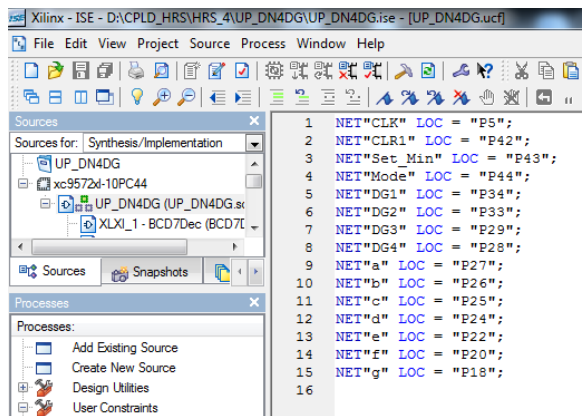
เป็นวงจรถับสัญญาณแบบขึ้น/ลง วงจรละ 1 หลักจำนวน 4 วงจร ส่วนวงจรที่ 3 เป็นวงจรมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบ 4 ช่อง และวงจรที่ 5 เป็นวงจรถอดรหัส BCD-8421 to 7 segment common cathode

เชื่อมต่อสัญลักษณ์ของแต่ละวงจรเข้าด้วยกัน



ภาพที่ 14 วงจรนับขึ้น/ลง 4 หลักแบบเข้าจังหวะ

การเชื่อมต่อขาของวงจรเข้ากับบอร์ด CPLD



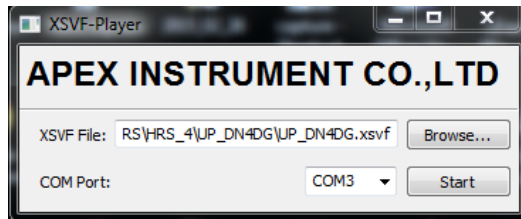
ภาพที่ 15 การกำหนดขาในหน้าต่าง Edit Constraints (text)

Design Name	UP_DN4DG
Fitting Status	Successful
Software Version	1.26
Device Used	XC952XL-10-PC44
Date	3-9-2015, 9:20PM

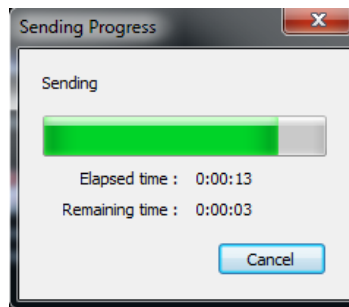
RESOURCES SUMMARY				
Macros Used	Ports Used	Registers Used	Pin Used	Function Block Inputs Used
4872 (67%)	182360 (51%)	3372 (46%)	1534 (45%)	62216 (29%)

PINS RESOURCES					
Signal Type	Required	Mapped	Pin Type	Used	Total
Input	3	3	I/O	13	28
Output	11	11	GCLK_IO	1	3
Bidirectional	0	0	GTS_IO	1	2
GCLK	1	1	GSR_IO	0	1

ภาพที่ 16 การใช้ทรัพยากรทั้งหมดภายใน Chip CPLD

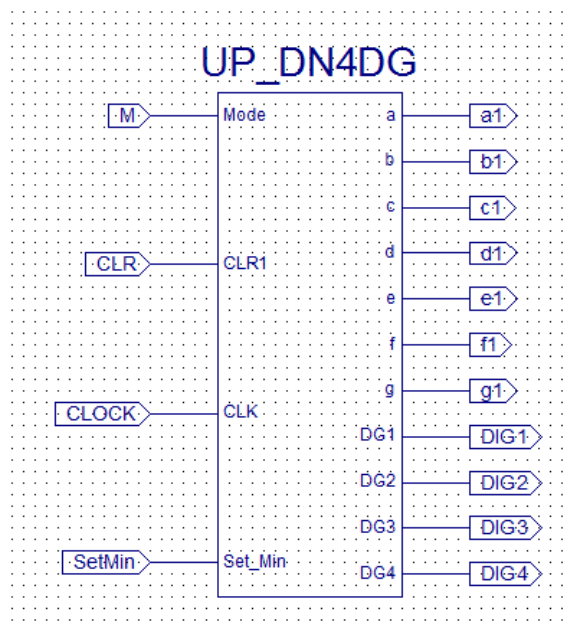


ภาพที่ 17 การเลือกไฟล์เพื่อดาวน์โหลด

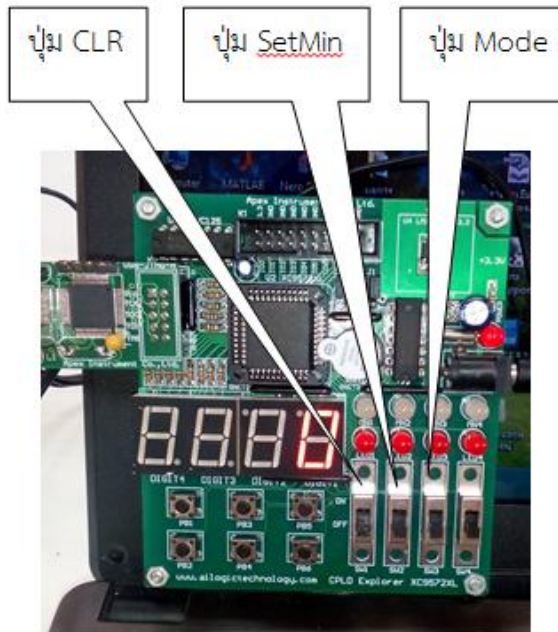


ภาพที่ 18 การดาวน์โหลดวงจรลงสู่ Chip CPLD

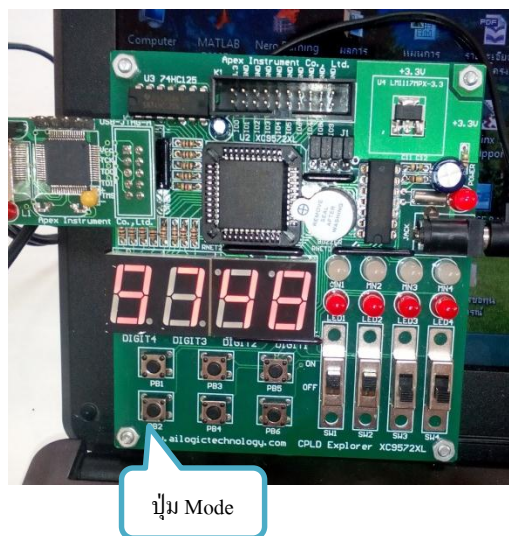
ผลการวิจัย



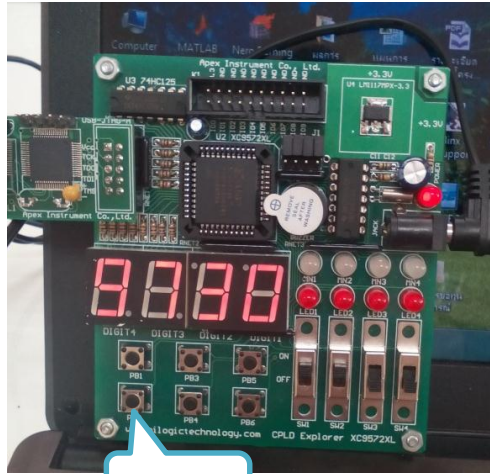
ภาพที่ 19 ชิปตัวใหม่วงจรนับขึ้น/ลง 4 หลักแบบเข้าจังหวะ 0000 – 9999 ที่พร้อมใช้งาน



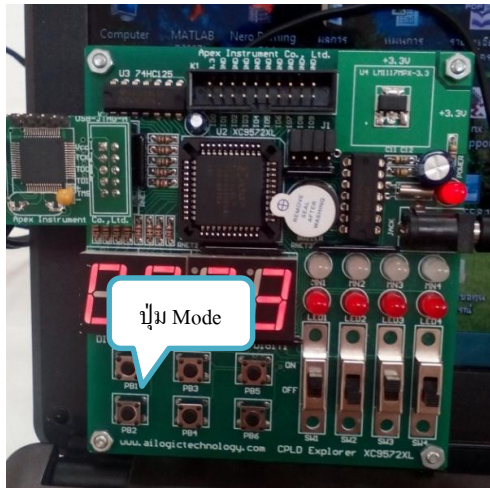
ภาพที่ 20 ปุ่มควบคุมการทำงาน CLR, SetMin, Mode



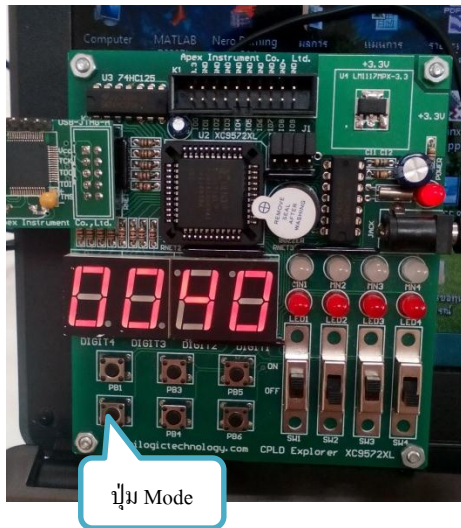
ภาพที่ 21 วงจรนับลง 9748 เมื่อปุ่ม Mode = 1



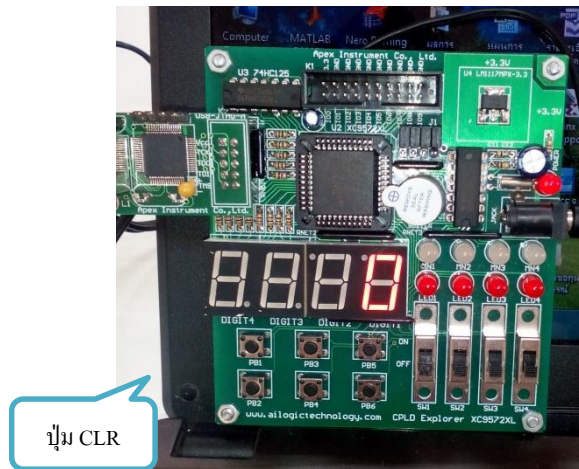
ภาพที่ 22 วงจรนับลง 9730 เมื่อปุ่ม Mode = 1



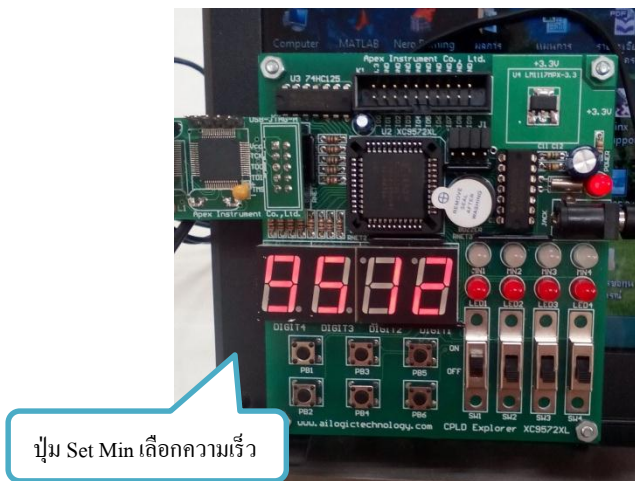
ภาพที่ 23 วงจรนับขึ้น 0023 เมื่อปุ่ม Mode = 0



ภาพที่ 24 วงจรนับขึ้น 0040 เมื่อปุ่ม Mode = 0



ภาพที่ 25 วงจร Reset เมื่อปุ่ม CLR = 1



ภาพที่ 26 เลือกการนับแบบเร็วช้า

จากผลการวิจัยพบว่าเราสามารถสร้างวงจรนับขึ้น/ลงขนาด 4 หลักที่ทำงานได้จริงได้โดยวิธีการวาดผังวงจรแล้วดาวน์โหลดลงชิพ CPLD เพื่อนำไปใช้งานได้ตลอดเวลา จากรูปที่ 19 เป็นวงจรสมบูรณ์ประกอบด้วย 4 อินพุต 11 เอาต์พุต มีขา M หรือ Mode ทำหน้าที่เลือกการนับขึ้นหรือลง ขา CLR ทำหน้าที่รีเซ็ตเอาต์พุตให้เป็นศูนย์ ขา CLOCK ทำหน้าที่รับสัญญาณเข้ามาเพื่อทำการนับ ขา SetMin ทำหน้าที่ในการเลือกที่จะนับเร็วหรือนับปกติ จากการทดสอบวงจรจะนับขึ้น 0000-9999 ถ้าปุ่ม M = 0, CLR=0 และวงจรจะนับลง 9999-0000 เมื่อ ปุ่ม M = 1, CLR=0 และถ้าขา CLR=1 วงจรจะรีเซ็ตเอาต์พุตจะแสดงเลขศูนย์ตลอดเวลาจนกว่าขา CLR = 0 วงจรจะเริ่มนับอีกครั้ง

อภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบและทดสอบวงจรพบว่าวงจรทำงานได้ดีตามที่ต้องการ สามารถนับขึ้น/ลง 4 หลักได้ถูกต้องทุกครั้งตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ การสร้างวงจรต้องระมัดระวังการลากเส้นเชื่อมต่อให้ถูกต้องทุกเส้น การออกแบบมีความชัดเจนที่ภาคตัวตดซึ่งต้องใช้ทักษะพื้นฐานวงจรดิจิทัลพอสมควร แนวทางการพัฒนางานต่อไป เช่น การออกแบบวงจรให้สามารถเริ่มต้นการนับเลขใดก็ได้หรือการประยุกต์ใช้กับอินพุตที่เป็นเซนเซอร์แบบต่างๆ

สรุป

การสร้างวงจรนี้ได้ทำการออกแบบวงจรขึ้นมาใหม่คือวงจรนับขึ้น/ลงขนาด 1 หลักแบบเข้าจังหวะนำมาเชื่อมต่อกัน 4 วงจรและวงจร BCD-8421 to 7 Segment Decoder Common Cathode แล้วต่อร่วมกับวงจรอื่นๆที่ได้ออกแบบไว้แล้ว พบว่าวงจรสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีตามที่คาดหวังไว้ และใช้ทรัพยากรภายในชิพ CPLD เช่น Registers 33/72 (46%) Pins 14/34 (45%) สามารถนำวงจรนี้ไปใช้กับวงจรอื่นๆได้อย่างไม่จำกัด และแก้ไขวงจรได้ง่าย ตัวชิพ CPLD สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ตลอดแม้ไม่มีไฟเลี้ยง

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ประจำปี 2558 เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้นักศึกษาได้คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น จนสามารถเป็นบัณฑิตนักปฏิบัติ (Hands-on) ได้อย่างแท้จริงและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาชุมชน สังคมได้อย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ณรงค์ ทองนิม และ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น. **ออกแบบดิจิทัลสมัยใหม่ด้วย FPGA และ CPLD ภาคปฏิบัติเล่มที่ 1 Schematic**. นภัทร วจนเทพินทร์. (2544). **วงจรถิจิตอล (ลอจิกเชิงลำดับ)**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.
- Alan B.Marcovitz. **Introduction to Logic Design**, New York, USA : McGraw-Hil.
<http://www.ailogictechnology.com/index.php>
- Robert K. Dueck. **Digital Design with CPLD Applications and VHDL**. 2nd Edition. Red River College, Winnipeg, Manitoba.

ระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ เพื่อประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการของ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
Personal Profile Management System for Assessing the Performance's
Academic Officers of Rajamangala University of Technology Lanna Nan

นงนุช เกตุย^{1*}, บุศรินทร์ แซ่ลิ่ม², ภาณุวัฒน์ ผาบสละ³, วิโรจน์ มงคลเทพ⁴
และนราพร จันพิบูลย์⁵
Nongnuch Ketui^{1*}, Budsarin Sealim², Phanuwat Papsala³, Wiroj Mongkolthep⁴,
and Naraporn Janpibul⁵

^{1,2,3,4} หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

⁵ กองบริหารทรัพยากรมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

^{1,2,3,4} Computer Science Program, Rajamangala University of Technology Lanna Nan.

⁵ Personal Management Division, Rajamangala University of Technology Lanna Nan

* Corresponding Author. E-mail: nongnuchketui@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติของบุคลากรในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ผ่านทางเว็บไซต์ เพื่อจัดเก็บข้อมูลประวัติเบื้องต้นของบุคลากร แต่ยังไม่สามารถทำการประเมินผลงานของบุคลากรได้ และยังคงใช้เอกสารบันทึกด้วยมือ ดังนั้นเพื่อลดการใช้งานของเอกสาร ประหยัดเวลาในการประเมินผลงานของผู้ประเมินผลงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานองงาน ระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ เพื่อประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จึงถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ ระบบจะมีการทำงาน 2 ส่วน ได้แก่ (1) ส่วนการบันทึกข้อมูลทะเบียนประวัติของบุคลากร และ (2) ส่วนของการประเมินผลการทำงานของบุคลากร พร้อมทั้งสามารถสรุปออกมาเป็นรายงานได้ เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนของการวัดและปรับฐานขั้นเงินเดือนของบุคลากร ทั้งนี้ระบบได้ถูกพัฒนาโดยใช้ภาษาพีเอชพี ควบคู่กับโปรแกรมอะโดบีดีวีเอ็มวีเออร์ ซีเอส 8 จากการทดสอบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บโดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคลากรและผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 20 คน พบว่า อยู่ในระดับดี (4.31) แต่มีปัญหาส่วนการใช้งานโปรแกรมที่ยังไม่สะดวก เนื่องจากเป็นระบบใหม่ที่กำลังถูกนำมาใช้งาน

คำสำคัญ: ระบบทะเบียนประวัติ, ประเมินบุคลากร, โปรแกรมประยุกต์ระบบบุคลากร

Abstract

Nowaday, Rajamangala University of Technology Lanna has used computer program for collecting personal data as website. However we found that this system cannot this data for personal assessment and staffs have used the hard copy manually. If we focus on the paperless issue, timeless for evaluating personals, and the performance of personal profile management system, Personal Profile Management System for Assessing the Performance's Academic Officers of Rajamangala University of Technology Lanna Nan is developed as the web site application. Our system has two parts; (1) collect the personal profile into the system and (2) assess the working output, including the summary reports and supporting the promoted the level of salary. We used PHP language for coding together with Adobe Dreamweaver CS8. To evaluate the application with twenty personal and general staffs , the results showed that the level is good (4.31). The program is not useable since it is new.

Keywords: Personal Profile System, Personal Assessment, Personal Application

บทนำ

ระบบบุคลากรหรือระบบสารสนเทศด้านทรัพยากรบุคคล เป็นระบบที่ถูกสร้างขึ้นมาให้สนับสนุน การดำเนินงาน ด้านทรัพยากรบุคคลตั้งแต่การวางแผน การจ้างงาน การพัฒนาและฝึกอบรม ค่าจ้างเงินเดือน การดำเนินการทางวินัยช่วยให้การบริหารทรัพยากรบุคคล เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน นั้น ทำการจัดเก็บข้อมูลบุคลากร ซึ่งประกอบด้วย ประวัติส่วนตัว ประวัติการศึกษา ประวัติการทำงาน ตำแหน่ง รวมถึงประวัติเครื่องราชอิสริยาภรณ์ และประวัติการมาทำงานของบุคลากร ในรูปแบบเอกสารและบันทึกในเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) และถูกบันทึกแบบกระจัดกระจาย ไม่รวมข้อมูลเป็นศูนย์กลาง ทำให้การทำงานค่อนข้างช้า ถ้าต้องการสืบค้นข้อมูล และออกรายงานเพื่อใช้สนับสนุนการตัดสินใจ เนื่องจากข้อมูลมีปริมาณมาก โดยจำนวนของบุคลากรในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน มีทั้งหมด 214 คน แบ่งเป็นสายสอน 125 คน สายสนับสนุน 89 คน รวมไปถึงการแก้ไขข้อมูลอาจเกิดความผิดพลาดได้ เพราะการทำงานรูปแบบไฟล์ต้องแก้ไขทุกไฟล์ที่มีการอ้างอิงข้อมูลเดียวกัน นอกจากนี้งานบุคลากรได้นำข้อมูลจากทะเบียนประวัติ เช่น ข้อมูลการมาทำงาน ข้อมูลการทำงาน หรือข้อมูลการศึกษา เป็นต้น ไปใช้ในการประเมินผลงานการทำงานของคนในแต่ละปีงบประมาณ โดยมีหลักเกณฑ์การประเมินผลขึ้นอยู่กับประเภทของบุคลากร คือ ข้าราชการ พนักงานมหาวิทยาลัย พนักงานราชการ พนักงานพันธกิจ ลูกจ้างประจำ และแต่ละประเภทต้องถูกจัดอยู่ในกลุ่มสายสอนหรือสายสนับสนุน รวมถึงการพิจารณาช่วงเวลาการปฏิบัติงานของบุคคล ซึ่งจะเห็นว่าหลักเกณฑ์ต่างๆ มีความแตกต่างกันและมีความซับซ้อนของข้อมูล ดังนั้นการคำนวณด้วยการใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล แม้ว่าจะเป็นโปรแกรมตารางคำนวณที่ตีชนิดหนึ่ง แต่ถ้าการกรอกตัวเลขหรือ

กำหนดค่าใดๆ ผิดพลาด การอ้างอิงข้อมูลหรือสูตรการคำนวณผิด ย่อมส่งผลต่อการประเมินผล และเกิดความล่าช้าตามมา

ดังนั้นการพัฒนาระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ เพื่อประเมินผลงานบุคลากรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน นี้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อจัดเก็บข้อมูลประวัติบุคลากร ในรูปแบบของฐานข้อมูลที่มีข้อดีเรื่องการใช้ข้อมูลร่วมกัน และนำไปใช้ประเมินผลงานของบุคลากร ที่แสดงผลผ่านเว็บไซต์แบบออนไลน์ จึงทำให้เกิดความสะดวกในการปรับปรุง บันทึกข้อมูล สืบค้นข้อมูล และออกรายงานเพื่อใช้สนับสนุนการตัดสินใจต่างๆ ของผู้บริหารอีกด้วย

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความรู้และงานวิจัยด้านระบบบุคลากร

ราตรี คำโมง (2543) ได้พัฒนาเรื่อง ระบบสารสนเทศบุคลากรของสถาบันราชภัฏเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างฐานข้อมูลบุคลากรของสถาบันราชภัฏเชียงใหม่ ผลิตสารสนเทศบุคลากรจากฐานข้อมูลบุคลากร และอำนวยความสะดวกในการค้นหาข้อมูลบุคลากรได้อย่างรวดเร็ว ส่วนงานวิจัยของสมร วนาลักษณ์ , วราภรณ์ ทะรี (2549) ได้พัฒนาเรื่อง ระบบฐานข้อมูลบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดน่าน วัตถุประสงค์จัดทำขึ้นเพื่อให้ฐานข้อมูลช่วยจัดเก็บข้อมูลขององค์กรให้เป็นระเบียบ แยกข้อมูลตามประเภท ทำให้ข้อมูลประเภทเดียวกันเก็บอยู่ด้วยกัน สามารถค้นหาและเรียกใช้ได้ง่าย ไม่ว่าจะป็นนำมาพิมพ์รายงาน นำมาคำนวณ หรือนำมาวิเคราะห์ และสามารถใช้ได้กับองค์กรได้อย่างดี ทั้งในส่วนของผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ ทำให้ผู้ใช้งานใช้งานได้สะดวกมากขึ้น รวมถึงงานวิจัยของ สิริกัญญา วงศ์คำ (2549) ได้พัฒนาเรื่อง การพัฒนาระบบข้อมูลบุคลากรของโรงเรียนพนมชยการเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบข้อมูลบุคลากรโรงเรียนพนมชยการเชียงใหม่ โดยใช้ภาษาพีเอชพี ในการเขียน

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ระบบ และโปรแกรมฐานข้อมูลมาย
เอสคิวแอลเป็นเครื่องมือจัดการฐานข้อมูล ระบบนี้ถูก
พัฒนาบนระบบอินทราเน็ต

นอกจากนี้ งานวิจัยของ พรพิพัฒน์ ทองปรอน
(2550) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศ
ทรัพยากรมนุษย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
ล้านนา พบว่าการมีโปรแกรมระบบสารสนเทศ
ทรัพยากรมนุษย์ เพื่อใช้งานเกี่ยวกับการบริหารจัดการ
งานทางด้านบุคลากร ทำให้การจัดระบบการจัดเก็บ
ข้อมูลเป็นระเบียบมากขึ้น และสามารถเรียกใช้ข้อมูล
ได้รวดเร็วมากขึ้น ข้อมูลมีความเที่ยงตรง ถูกต้อง
แม่นยำมากขึ้น ไม่ว่าจะเรียกใช้เมื่อใดก็ตาม ลดความ
ซ้ำซ้อนในการจัดเก็บข้อมูล การจัดทำรายงานรวดเร็ว
และถูกต้องมากขึ้น เป็นแนวทางในการพัฒนา
ระบบงานอื่นๆ เช่น ให้เป็นประโยชน์เพื่อช่วยให้การ
ปฏิบัติงานได้อย่างดี เป็นการริเริ่มในด้านการใช้
เทคโนโลยีใหม่ๆ ให้เป็นประโยชน์ เพื่อช่วยในการ
ปฏิบัติงานด้านคอมพิวเตอร์ให้มีประสิทธิภาพมาก
ยิ่งขึ้น และลดค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บ
ข้อมูล เช่น กระดาษ แฟ้มเอกสาร ตู้เอกสาร เป็นต้น

สุรศักดิ์ หล้าเจริญ (2552) ได้ศึกษาเรื่อง การ
พัฒนาระบบสารสนเทศการประเมินสมรรถนะ
ความสามารถเพื่อใช้ในการฝึกอบรม การไฟฟ้าฝ่าย
ผลิตแห่งประเทศไทย (เหมืองแม่เมาะ) ผลการประเมิน
พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจเกี่ยวกับความสะดวก
รวดเร็วในการเข้าใช้งานในระบบ ในระดับมากที่สุดที่
ค่าเฉลี่ย 4.57 สำหรับผลการประเมินระบบทุกด้านใน
ภาพรวม ผู้ประเมินมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 4.29 แสดงว่าระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้งานได้
จริงจากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีตลอดจนผลการศึกษา
ที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้ศึกษาสามารถนำข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
และข้อมูลระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ มาประยุกต์ใช้
ในการวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาระบบการ
ประเมินด้านสมรรถนะบุคลากรฝ่ายการพยาบาล
โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ เพื่อให้สามารถ
ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้และผู้บริหาร

ตามลำดับขั้นได้ และงานวิจัยของ สาธิต ธรรมชั้นทา
(2555) ได้พัฒนาเรื่อง การพัฒนาระบบฐานข้อมูลการ
ปฏิบัติงานของบุคลากรสายผู้สอน มหาวิทยาลัยราช
ภัฏเชียงราย มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูล
การปฏิบัติงานของบุคลากรสายผู้สอน มหาวิทยาลัย
ราชภัฏเชียงราย โดยใช้เทคโนโลยีเว็บเบส เพื่อให้
สามารถนำข้อมูลสารสนเทศมาใช้ได้อย่างมี
ประสิทธิภาพ และให้ได้สารสนเทศมีความถูกต้อง
เชื่อถือได้ มีความทันสมัยทันต่อเหตุการณ์ เพื่ออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน

ขณะเดียวกันในของการประเมินผล งานวิจัยของ
แนนน้อย หน่อคำ (2547) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนา
ระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการจำแนกการ
ปฏิบัติการพยาบาลสากล โรงพยาบาลมหาราชนคร
เชียงใหม่ จากผลการประเมินพบว่าระบบสารสนเทศที่
ได้มีความถูกต้อง ครบถ้วน และเหมาะสมสำหรับการ
นำไปใช้งานของฝ่ายการพยาบาล

วิสุทธิ วิจิตรพัชรภรณ์พร้อมคณะ (2556) ได้
ศึกษาเรื่อง การพัฒนาครู ผู้บริหารสถานศึกษาและ
ศึกษานิเทศก์ โดยใช้กระบวนการสร้างระบบที่เลี้ยง
(Coaching and Mentoring) โดยประกอบด้วย การ
ประเมินผลกระทบ การประเมินประสิทธิผล การ
ประเมินความยั่งยืน และการประเมินการถ่ายทอดการ
ส่งต่อ ผลการประเมินออกมาสามารถนำมาวัดระดับ
คุณภาพของการทำงานของครู และนำไปพัฒนาให้เข้า
กับหลักสูตรการสอนและการทำงาน

ความรู้และงานวิจัยด้านการประเมินผลงาน

ความหมายและความสำคัญของ Terms of
Reference (TOR) เป็นเอกสารที่กำหนดขอบเขตและ
รายละเอียดของภารกิจที่ผู้จัดทำ TOR ต้องการให้ผู้
รับจ้างดำเนินการ รวมทั้งความรับผิดชอบอื่นๆ ของ
ผู้รับจ้างที่เกี่ยวข้องกับภารกิจนั้น ดังนั้น TOR จึงเทียบ
ได้กับข้อกำหนด (Specifications) ของสินค้าที่ผู้ซื้อ
จัดทำขึ้นสำหรับการจัดซื้อ แต่ต่างกันตรงที่ไม่สามารถ
จัดทำข้อกำหนดอย่างละเอียดสำหรับผลงานการศึกษา
หรือบริการทางวิชาการได้เหมือนกับข้อกำหนดของ

สินค้า ดังนั้น TOR จึงให้ข้อกำหนดได้เพียงคร่าวๆ เท่านั้น

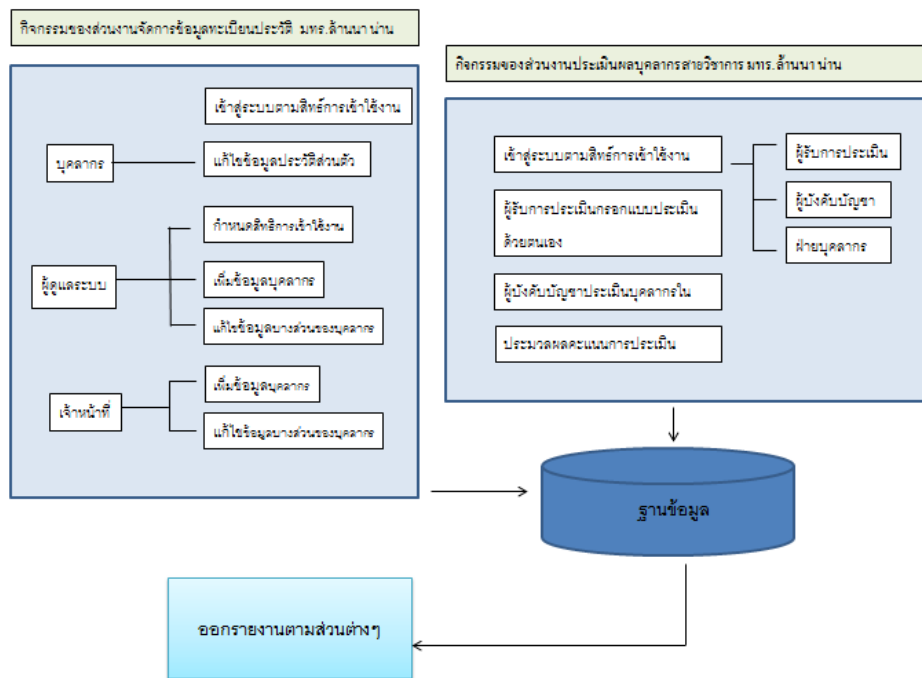
ความสำคัญของ TOR มีสองประการ คือ (1) ประการแรก TOR มีความสำคัญมากต่อคุณภาพของผลงานที่จะได้จากที่ปรึกษา TOR จะต้องมีความชัดเจน และกำหนดประเด็นต่างๆ ที่ที่ปรึกษาจะต้องวิเคราะห์ไว้อย่างชัดเจน TOR ยังมีความชัดเจนเพียงใด ยังทำให้การคัดเลือกที่ปรึกษาง่ายขึ้น โปร่งใสมากขึ้น และการประเมินปริมาณแรงงานของนักวิชาการสาขาต่างๆ ที่ต้องใช้จะใกล้เคียงกับความจริงมากยิ่งขึ้น (2) ประการที่สอง TOR เป็นเอกสารอ้างอิงที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของสัญญาว่าจ้าง ดังนั้น TOR จึงต้องมีความชัดเจนเพียงพอต่อการประเมินปริมาณและคุณภาพงานของที่ปรึกษา

ดังนั้น การจัดทำ TOR จึงต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาในเบื้องต้นหรือ ในระดับแนวคิด ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อป้องกันปัญหาที่มากกว่าการหาคำตอบ การศึกษาใช้เวลาไม่นาน และอาจทำได้โดยการร่วม

หารือกับกลุ่มต่างๆ เพื่อให้ได้มุมมองที่หลากหลายครบถ้วนสมบูรณ์ที่สุด

สถาปัตยกรรมของระบบ

สถาปัตยกรรมของระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ เพื่อประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการนี้ให้ความสำคัญกับการจัดเก็บข้อมูลทะเบียนประวัติ แล้วบันทึกลงในฐานข้อมูล เพื่อให้งานประเมินผลบุคลากรสายวิชาการ นำข้อมูลไปใช้ ซึ่งข้อมูลนั้นได้แก่ ข้อมูลการทำงาน ที่นำเข้ามาจากเครื่องอ่านลายนิ้วมือ ในรูปแบบไฟล์เอ็กเซล ในขณะที่พนักงานประเมินผลบุคลากรสายวิชาการ ซึ่งผู้รับการประเมินคือ อาจารย์ผู้สอน ตำแหน่ง อาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รองศาสตราจารย์ และศาสตราจารย์ จะบันทึกภาระงานของตนเองเข้าไปในระบบ จัดเก็บลงฐานข้อมูล จนกระทั่งมีการประเมินจากผู้บังคับบัญชา แล้วผลการประเมิน ที่สามารถออกรายงานให้ผู้บริหารสูงสุดรับทราบและลงนามในขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 1

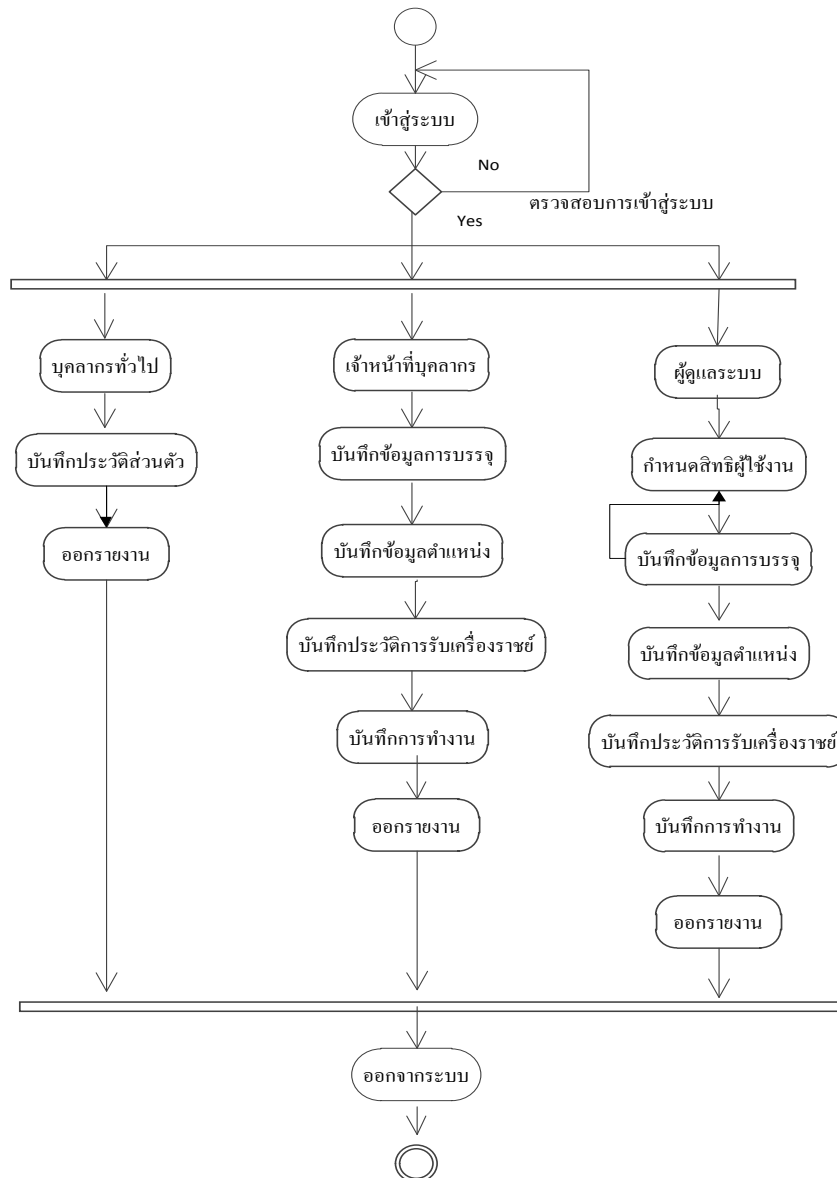


ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมของระบบทะเบียนประวัติบุคคลเพื่อประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

การออกแบบและพัฒนาระบบ

การออกแบบระบบระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ เพื่อประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน สามารถแบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ (1) งานทะเบียนประวัติ และ (2) งานประเมินผลบุคลากรงานทะเบียนประวัติ กำหนดผู้ใช้งาน ออกเป็น 3 ระดับ ระดับที่ 1 ผู้ดูแลระบบ ซึ่งทำหน้าที่กำหนดสิทธิผู้ใช้งาน บันทึกข้อมูลการบรรจุ บันทึกข้อมูลตำแหน่ง

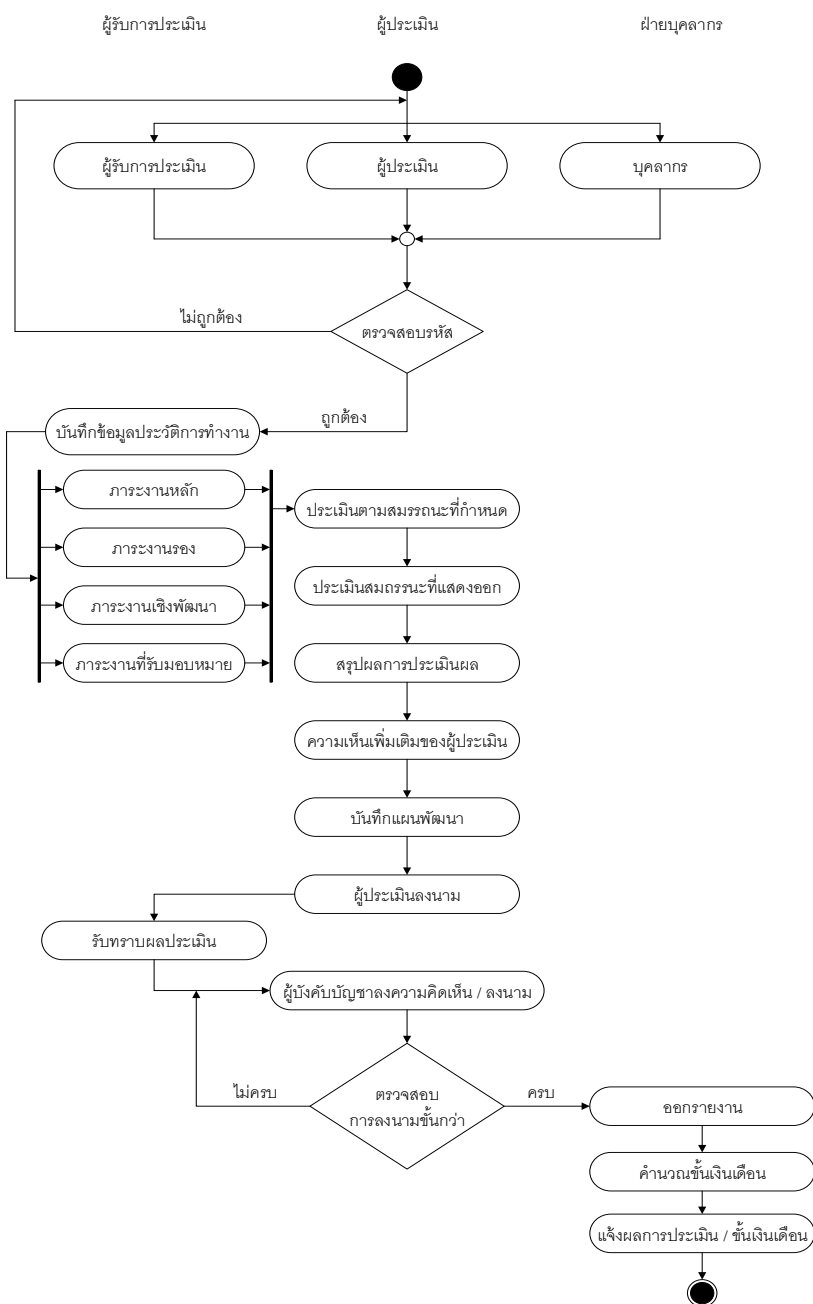
บันทึกประวัติการรับเครื่องราชอิสริยาภรณ์ บันทึกการทำงาน และสามารถออกรายงานได้ ผู้ใช้งานระดับที่ 2 เป็นเจ้าหน้าที่ประจำกองบริหารทรัพยากรมนุษย์ มีหน้าที่เช่นเดียวกับผู้ดูแลระบบ ยกเว้นกำหนดสิทธิผู้ใช้งาน ส่วนผู้ใช้งานระดับที่ 3 เป็นบุคลากรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน สามารถบันทึกประวัติส่วนตัว และเรียกดูข้อมูลรายงานบางส่วนเท่านั้น ดังรูปที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงกิจกรรมของส่วนงานทะเบียนประวัติบุคคล มทร.ล้านนา น่าน

ในขณะที่รูปที่ 3 แสดงแผนภาพกิจกรรมของ ส่วนงานประเมินบุคลากรสายวิชาการ ของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ซึ่งได้ กำหนดผู้ใช้งาน ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ผู้รับการ ประเมินหรือบุคลากรสายวิชาการ ผู้ประเมินหรือ ผู้บังคับบัญชา และเจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคลากร โดยผู้รับ การประเมินจะต้องบันทึกภาระงานหลัก ภาระงานรอง ภาระงานเชิงพัฒนา และภาระงานที่รับมอบหมาย ซึ่ง

เป็นไปตามมาตรฐานการปฏิบัติงานของมหาวิทยาลัย (TOR) หลังจากนั้นผู้ประเมินหรือผู้บังคับบัญชา จะต้องทำหน้าที่ประเมินตามสมรรถนะของผู้รับการ ประเมิน และบันทึกความคิดเห็น สรุปการประเมินผล ซึ่งระบบจะคำนวณผลประเมินให้อัตโนมัติในรูปแบบ ระดับค่าคะแนน แล้วนำไปใช้ในการกำหนดขึ้น เงินเดือน ในลำดับต่อไป



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงกิจกรรมของส่วนงานประเมินผลบุคลากรสายวิชาการ มทร.ล้านนา น่าน

ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของการพัฒนาระบบในครั้งนี้สามารถอธิบายเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

- ศึกษาข้อมูลทะเบียนประวัติบุคลากรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
- จัดเก็บและรวบรวมข้อมูลทะเบียนประวัติ บุคลากรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
- วิเคราะห์และออกแบบระบบฐานข้อมูล ได้แก่ ประวัติส่วนตัว ประวัติการศึกษา ประวัติการทำงาน ตำแหน่ง รวมถึงประวัติเครื่องราชอิสริยาภรณ์และประวัติการทำงานของบุคลากร
- พัฒนาระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ บุคลากรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน โดยพัฒนาในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน
- บุคลากรสายวิชาการสามารถบันทึกผลการปฏิบัติงานของตนเอง
- ผู้บังคับบัญชาสามารถประเมินเพื่อให้คะแนนบุคลากรในสังกัดตัวเอง
- ผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดสิทธิ์ต่างๆของผู้ใช้งานและปรับปรุง เรียกค้นข้อมูล ออกรายงาน ข้อมูลการประเมินบุคลากร

เครื่องมือในการพัฒนาระบบ

เนื่องจากการระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ เพื่อประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน เป็นระบบที่รองรับการทำงานแบบออนไลน์หรือเว็บไซต์ จึงได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่จัดการเซิร์ฟเวอร์ ที่เรียกว่า AppServ 2.5.10 ซึ่งประกอบไปด้วย

- Apache 2.2.8 ซอฟต์แวร์สำหรับเปิดให้บริการเซิร์ฟเวอร์บนโพรโทคอล HTTP
- PHP 5.2.6 ภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์-ไซด์ สคริปต์
- MySQL 5.0.51b ระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมอื่น ๆ ที่ใช้สำหรับจัดการฐานข้อมูล และเป็นเครื่องมือพัฒนาระบบในครั้งนี้ ได้แก่

- HeidiSQL โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL
- Sublime Text 3 โปรแกรมสำหรับเขียนพัฒนาโปรแกรมร่วมกับ Git สำหรับพัฒนาซอฟต์แวร์
- INSPINIA Web Theme โปรแกรมตกแต่งและพัฒนาความสวยงามของเว็บไซต์

ผลการศึกษา

หลังจากการออกแบบและพัฒนาระบบตามขอบเขต ทีมผู้พัฒนาได้ผลการศึกษาในรูปแบบของระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ เพื่อประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ในรูปแบบเว็บไซต์ และได้ทำการประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ ซึ่งได้อธิบายรายละเอียด ได้ดังนี้

ระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ เพื่อประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

การพัฒนาระบบนี้สามารถแสดงตัวอย่างหน้าจอหลัก ๆ ได้ดังรูปข้างล่างนี้

ระบบบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เข้าสู่ระบบเพื่อเริ่มต้นเซสชันของคุณ

Username

Password

Remember Me

Sign In

ภาพที่ 4 หน้าจอเข้าสู่ระบบ

RMUTL_NAN

หน้าหลัก

Developer-Web

เมนู

- กำหนดสิทธิ์การเข้าใช้งาน
- ข้อมูลเบื้องต้น
- บันทึกข้อมูลประวัติ
- บันทึกข้อมูลการบรรจุ
- บันทึกประวัติการรับเครื่องราชอิสริยาภรณ์
- บันทึกการทำงาน
- ออกรายงาน

สถานะ: Admin

เพิ่มข้อมูลคณะ

ชื่อคณะ

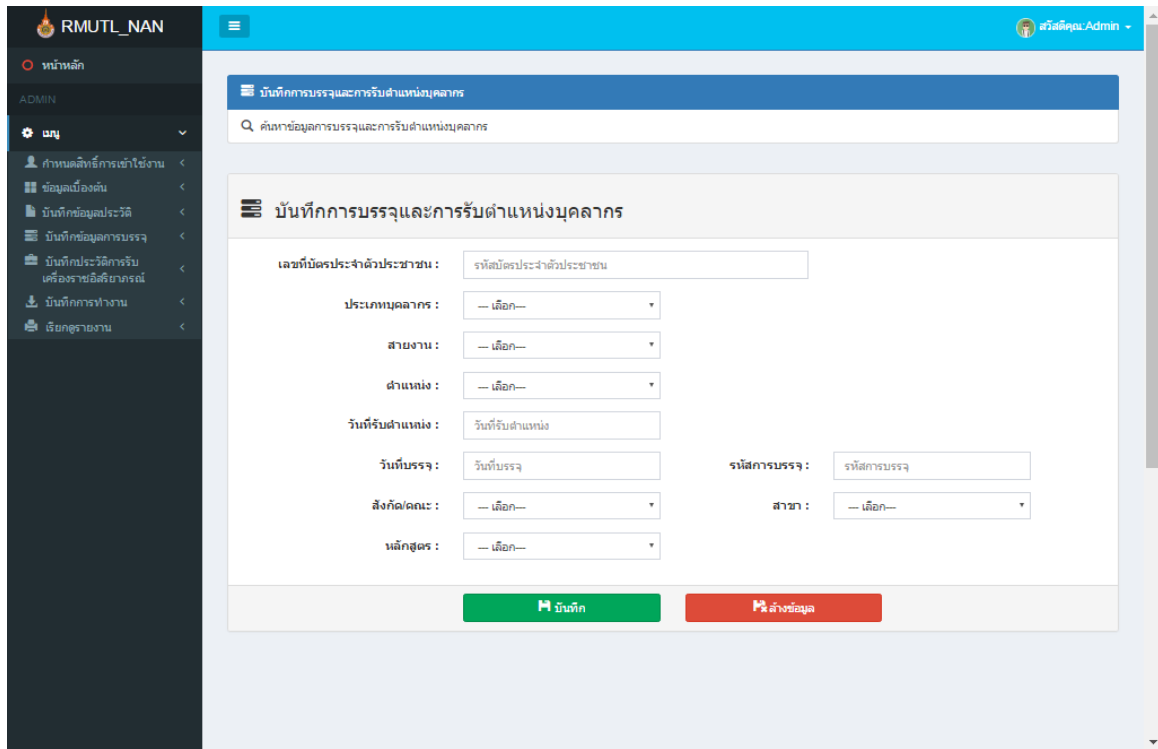
ชื่อคณะ

เพิ่มข้อมูล

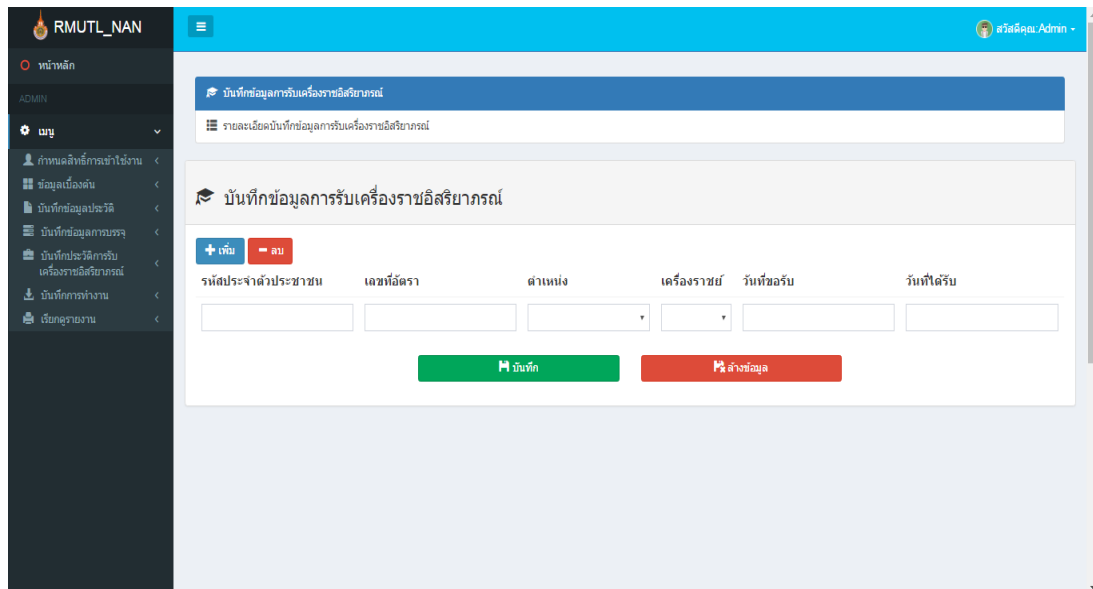
รายชื่อคณะ

รหัสคณะ	ชื่อคณะ	
1	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร	
2	บริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์	
3	วิศวกรรมศาสตร์	

ภาพที่ 5 หน้าจอบันทึกข้อมูลเบื้องต้น



ภาพที่ 6 หน้าจอบันทึกการบรรจุและการรับตำแหน่ง



ภาพที่ 7 หน้าจอบันทึกประวัติการรับเครื่องราชอิสริยาภรณ์

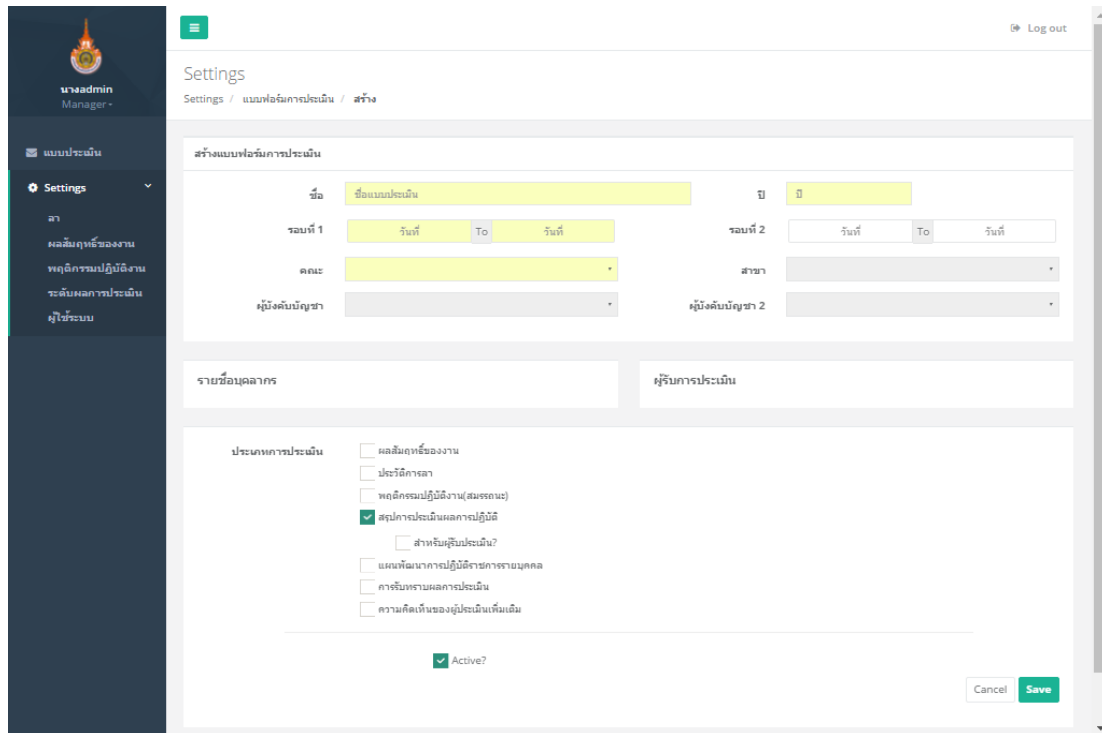
The screenshot shows a web application interface for RMUTL_NAN. The main content area is titled 'บันทึกประวัติส่วนตัว' (Personal History Record) and contains a form with the following fields:

- เขต (Province): Dropdown menu with '--เลือก--' (Select)
- สถาบันฯ (Institution): Dropdown menu with '--เลือก--' (Select)
- ชื่อ (Name): Text input field
- นามสกุล (Surname): Text input field
- รับเดือนปี เกิด (Date of Birth): Text input field
- ชื่อชาติ (Nationality): Dropdown menu with '--เลือก--' (Select)
- สัญชาติ (Nationality): Dropdown menu with '--เลือก--' (Select)
- ศาสนา (Religion): Dropdown menu with '--เลือก--' (Select)
- เลขที่บัตรประจำตัวประชาชน (ID Number): Text input field
- ออกใบ ๗ สำนักงาน (Office): Text input field
- วันที่ (Date): Text input field
- สถานที่เกิด (Place of Birth): Text input field
- จังหวัด (Province): Dropdown menu with '--เลือก จังหวัด--' (Select Province)
- อำเภอ (District): Dropdown menu with '--เลือก อำเภอ--' (Select District)

ภาพที่ 8 หน้าจอบันทึกประวัติส่วนตัวและการศึกษา

จากรูปภาพที่แสดงในข้างต้น รูปที่ 4 แสดงหน้าจอการเข้าสู่ระบบ ซึ่งผู้ใช้งานทุกระดับจะต้องมีชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน โดยทางผู้ดูแลระบบจะดำเนินการกำหนดชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านเริ่มต้นในการเข้าใช้งานครั้งแรก ส่วนรูปที่ 5 แสดงตัวอย่างของหน้าจอบันทึกข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งได้แก่ ข้อมูลคณะสาขา หลักสูตร ประเภทตำแหน่ง ประเภทบุคลากร ระดับการศึกษา เครื่องราชอิสริยาภรณ์ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำไปใช้ในการบันทึกรายการประจำวันต่าง ๆ โดยในรูปนี้จะหน้าจอสำหรับการทำงานที่คล้ายคลึงทำให้ผู้ใช้งานง่ายต่อการใช้งาน และเกิดความคุ้นชิน นอกจากนี้ยังมีหน้าจอการบันทึกประวัติส่วนตัวและการศึกษา ดังรูปที่ 8 ซึ่งผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเข้าไปแก้ไขข้อมูลให้มีความถูกต้องได้ ส่วนรูปที่ 6 แสดงหน้าจอบันทึกการบรรจุและการรับตำแหน่ง ซึ่งผู้ใช้งานระดับเจ้าหน้าที่หรือผู้ดูแลระบบจะเป็นผู้บันทึกข้อมูล และกำกับดูแลข้อมูลส่วนนี้ แต่ผู้ใช้งาน

ทั่วไปสามารถเรียกดูข้อมูลได้เท่านั้น ไม่สามารถแก้ไขได้ รูปที่ 7 แสดงหน้าจอบันทึกประวัติการรับเครื่องราชอิสริยาภรณ์ ซึ่งผู้ใช้งานระดับเจ้าหน้าที่หรือผู้ดูแลระบบจะเป็นผู้บันทึก ส่วนรูปที่ 9 แสดงหน้าจอการสร้างแบบประเมิน ซึ่งฝ่ายบุคลากรจะเป็นผู้สร้างแบบประเมิน กำหนดผลสัมฤทธิ์ เพื่อใช้เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างผู้รับประเมิน และผู้ประเมิน รวมไปถึงถึงอาจารย์สายวิชาการ ต้องทำการบันทึกภาระงานของตนเอง ซึ่งมี 5 ด้าน ได้แก่ ภาระงานการเรียนการสอน ภาระงานวิจัย ภาระงานบริการวิชาการ ภาระงานทำนุบำรุงศิลปะ วัฒนธรรม และภาระงานอื่น ๆ เช่น งานบริหาร งานกำกับดูแลนักศึกษา ที่ส่งเสริมให้อาจารย์มีการพัฒนาตนเอง แล้วนำผลคะแนนดังกล่าว ออกรายงานและให้ผู้ประเมินได้กรอกผลประเมิน จนถึงขั้นตอนสุดท้ายที่ฝ่ายบุคลากร สามารถออกรายงานและนำผลประเมินส่งไปยังผู้บริหารสูงสุดของเขตพื้นที่ (มทร.ล้านนา น่าน)



ภาพที่ 9 หน้าจอการสร้างแบบประเมิน

การประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ

หลังจากการพัฒนาระบบเสร็จสิ้น ระบบถูกนำไปติดตั้งและใช้งาน พร้อมทำการประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ โดยใช้แบบทดสอบ ซึ่งคำถามแบ่งเป็น 5 ระดับ (ระดับความคิดเห็น 1: ควรปรับปรุง 2: น้อย 3: พอใช้ 4: ดี และ 5: ดีมาก ซึ่งเรียงระดับคะแนนจากน้อยไปหามาก) ให้เลือก โดยกำหนดช่วงค่าเฉลี่ยเพื่อแปรผลและวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจ ได้ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00-1.50 จัดอยู่ในระดับความพึงพอใจควรปรับปรุง
- ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51-2.50 จัดอยู่ในระดับความพึงพอใจพอใช้

- ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51-3.50 จัดอยู่ในระดับพึงพอใจปานกลาง
- ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51-4.50 จัดอยู่ในระดับพึงพอใจดี
- ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51-5.00 จัดอยู่ในระดับพึงพอใจดีมาก

ในการประเมินผลครั้งนี้ดำเนินการจากผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 20 คนนี้ มีเจ้าหน้าที่ประจำกองบริหารทรัพยากรมนุษย์ 4 คน มีผู้ร่วมทดสอบระบบผู้ใช้งานทั่วไป 16 คน ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบ

รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ	4.60
2. ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ	4.50
3. ด้านความง่ายต่อการใช้ระบบ	4.45
4. ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล	4.40
ค่าเฉลี่ยรวม	4.31

จากตารางที่ 2 พบว่าความตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ อยู่ในระดับพึงพอใจที่ ดีมาก (4.60) การทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ อยู่ในระดับพึงพอใจที่ ดี (4.50) การง่ายต่อการใช้งานระบบ อยู่ในระดับพึงพอใจที่ ดี (4.45) การรักษาความปลอดภัยของข้อมูล อยู่ในระดับพึงพอใจ ดี (4.40) และค่าเฉลี่ยโดยรวมของระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ เพื่อประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน จัดอยู่ในระดับความพึงพอใจที่ดี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.31 ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ราตรี คำโมง (2543) และพรพิพัฒน์ ทองปรอน (2550) การนำโปรแกรมระบบสารสนเทศทะเบียนประวัติบุคลากรมาใช้ในองค์กร จะทำให้การจัดระบบการเก็บข้อมูลเป็นระเบียบมากขึ้น และสามารถเรียกใช้ข้อมูลได้รวดเร็วมากขึ้น และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สาธิต ธรรมขันธา (2555) การจัดเก็บข้อมูลสารสนเทศมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ได้สารสนเทศมีความถูกต้อง เชื่อถือได้ มีความทันสมัยทันต่อเหตุการณ์เพื่ออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน และสามารถนำไปใช้การประเมินผลของบุคลากร ซึ่งผลการทดลองในงานวิจัยนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ หน่อคำ (2547) และวิสุทธิ์ วิจิตรพัชรภรณ์พร้อมคณะ (2556) ที่ว่าระบบระบบสารสนเทศทะเบียนประวัติบุคลากรที่จัดเก็บข้อมูลสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำมาวัดระดับคุณภาพ

ของการทำงานของบุคลากรหรือครู อาจารย์ และนำไปพัฒนาให้เข้ากับหลักสูตรการสอนและการทำงาน

วิจารณ์และสรุปผล

การใช้การพัฒนาระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ เพื่อประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน มีการทำงานในรูปแบบเว็บไซต์ ซึ่งหลักการทำงานส่วนทะเบียนประวัติมีลักษณะคล้ายกับระบบบุคลากรทั่วไป แต่ระบบการประเมินผล จะออกแบบตามหลักการประเมินผลของมหาวิทยาลัย โดยระบบจะออกแบบสำหรับบุคลากรสายวิชาการเท่านั้น เนื่องจากสายสนับสนุน ยังมีหลักเกณฑ์ยังไม่แน่นอนจากการทำงานของผู้ใช้งานยังพบว่า ระบบออกแบบให้ใช้งานง่าย และสามารถคำนวณผลการประเมินได้อย่างรวดเร็ว และมีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งเป็นเพราะการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ทางทีมผู้พัฒนาได้ให้เจ้าหน้าที่ฝ่ายบุคลากรมาร่วมในการวิเคราะห์และออกแบบร่วมกัน ส่งผลให้เพิ่มความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งานและการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานขององค์กรเป็นอย่างมาก ส่วนทางด้านความปลอดภัยของระบบ มีการกำหนดผู้ใช้และตรวจสอบผู้ใช้ระบบก่อนเข้าถึงฟังก์ชันการทำงานแต่ละฟังก์ชันทั้งหมด ซึ่งเป็นการเพิ่มระดับความปลอดภัยต่อข้อมูลต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

สามารถประเมินผลการทำงานออกมาให้เป็นภาพอย่างชัดเจนโดยแสดงเป็นตัวเลขระดับการประเมิน ส่วนระบบที่ได้ศึกษาจะกล่าวถึงการพัฒนาเครื่องมือหรือแบบแผนการพัฒนาบุคลากร และระบบระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน มีการทำงานแบบออนไลน์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและมีความยืดหยุ่นกว่าระบบเดิมที่ศึกษามาที่จัดเก็บข้อมูลในเครื่องเซิร์ฟเวอร์ทำงานในระบบอินทราเน็ต

ข้อเสนอแนะ

ทางผู้พัฒนาระบบจัดการข้อมูลทะเบียนประวัติเพื่อประเมินผลงานของบุคลากรสายวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน คาดว่าควรพัฒนาเพิ่มในส่วนการประเมินผลของบุคลากรสายสนับสนุน เพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้ครอบคลุมและเพิ่มประสิทธิภาพของฝ่ายทรัพยากรมนุษย์ของมทร.ล้านนา น่าน ได้ในอนาคต รวมไปถึงอาจต้องมีการพัฒนาหน้าจอให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายกว่าเดิม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา (สวพ.) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภายใต้โครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน รหัสโครงการ 58-HRM-1-089 นอกจากนี้ยังได้รับการช่วยเหลือด้านสถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบจากศูนย์วิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมถึงสาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน และสำคัญที่สุดขอขอบคุณกองบริหารทรัพยากรมนุษย์ ที่ให้ข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- แน่น้อย หน่อคำ. (2547). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการจำแนกการปฏิบัติการพยาบาลสากลโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่. เชียงใหม่: การค้นคว้าแบบอิสระ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พรพิพัฒน์ ทองปรอน. (2550). การพัฒนาระบบสารสนเทศทรัพยากรมนุษย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศูนย์บริหารงานวิจัย.
- ราตรี คำโหมง. (2543). ระบบสารสนเทศบุคลากรของสถาบันราชภัฏเชียงใหม่. เชียงใหม่ : สถาบันราชภัฏเชียงใหม่.
- วิสุทธิ์ วิจิตรพัชรภรณ์ พร้อมคณะ. (2556). พัฒนาครูโดยใช้กระบวนการสร้างระบบพี่เลี้ยง (Coaching and Mentoring). ปทุมธานี : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมร วัฒนลักษณ์ และ วรางคณา ทะรี. (2549). ระบบฐานข้อมูลบุคลากรองค์การบริหารส่วนจังหวัดน่าน. น่าน : องค์การบริหารส่วนจังหวัดน่าน.
- สาธิต ธรรมขั้นทา. (2555). การพัฒนาระบบฐานข้อมูลการปฏิบัติงานของบุคลากรสายผู้สอน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย. เชียงราย : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.
- สิริกัญญา วงศ์คำ. (2549). การพัฒนาระบบข้อมูลบุคลากรของโรงเรียนพณิชยการเชียงใหม่. เชียงใหม่ : โรงเรียนพณิชยการเชียงใหม่.

การออกแบบและสร้างวงจรมานาฬิกาจับเวลาบนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL

แสดงผลขนาด 4 หลักด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์

The Design and Build Stopwatch Circuit on CPLD Explorer XC9572XL

Board in Display 4 Digits with Multiplex Techniques

นรรวิชญ์ ชีระดำรงศักดิ์¹ อติศรกวาวสิบสาม² และ สิทธิศักดิ์ ยี่ยวน^{3*}

Norrawit Theeradarmongsak¹ Adisorn Kwawsibsam² and Sittisak Yeeyoun^{3*}

^{1,2,3} วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

^{1,2,3} College of Integrated Science and Technology Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author e-mail: sittisak_elec@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรมานาฬิกาจับเวลาแสดงผลด้วยตัวเลข 4 หลัก บนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL แสดงผลด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์ ซึ่งบอร์ดใช้ไฟเลี้ยงวงจร 3.3V สามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง ทำการสร้างวงจรโดยวิธีวาดผังวงจรโดยใช้ ISE WebPACK 8.1i ของบริษัท Xilinx เสร็จแล้วดาวน์โหลดวงจรลงใน Chip CPLD ขนาด 1,600 เกต ซึ่งวงจรที่ออกแบบประกอบด้วยวงจรถ่ายความถี่ 32.768 kHz วงจรหารความถี่ให้เหลือ 100 Hz วงจรเปิดปิดสัญญาณนาฬิกา วงจรเซต-รีเซ็ต, วงจรนับ 100 วงจรนับ 60 วงจร 4 to 1 MUX จำนวน 4 ชุด วงจร 2 to 4 Decoder แบบ Active Low และ วงจรถอดรหัส BCD-8421 to 7 Segment จากการออกแบบวงจรพบว่าวงจรใช้ทรัพยากรใน Chip CPLD ดังนี้คือ Macrocells 38/72 (53%) Pterms 124/360 (35%) Registers 26/72 (37%) Pins 14/34 (42%) Function Block Inputs 53/216 (25%) ผลการสร้างวงจรพบว่าทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้

คำสำคัญ : วงจรมานาฬิกาจับเวลา, CPLD, เทคนิคการมัลติเพล็กซ์

Abstract

This article aims to offer design and build the circuit timer with 4-digit display on CPLD Explorer XC9572XL board with multiplex technique that was used 3.3V power supply which can store data even without power. Creating circuit by drawing a schematics by using ISE WebPACK 8.1i of Xilinx company and then download circuit into chip CPLD size 1600 gate that circuit design which includes circuit that create frequency at 32.768kHz, circuit divide the frequency to 100Hz, turn signal in circuit clock, a set - reset circuit, a counter circuit 100, a counter circuit 60, a 4 to 1 MUX circuit in 4 sets, 2 to 4 decoder circuit with Active Low, and decoder BCD-8421 to 7 segment from circuit design found that circuit using resource in chip CPLD in the following Macrocells 38/72 (53%) Pterms 124/360 (35%) Registers 26/72 (37%) Pins 14/34 (42%) Function Block Inputs 53/216 (25%) results from creating circuits found that operate correctly as intended.

Keywords : Stopwatch circuit, CPLD, Multiplex techniques

บทนำ

ระบบดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างมาก อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆล้วนมีระบบนี้เข้าไปเกี่ยวข้อง เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ในสำนักงาน ทางทหารทางการแพทย์ ระบบเครือข่ายและการสื่อสาร ระบบอิเล็กทรอนิกส์ในวงการกีฬาในการเรียนทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ วิชาวงจรดิจิทัลถือเป็นวิชาพื้นฐานที่มีความสำคัญทั้งในระดับ ปวช. และระดับอุดมศึกษา ซึ่งนักศึกษาจะต้องเรียนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เนื้อหาที่เรียนจะเริ่มจากระบบเลขฐานสอง รหัสเลขฐานสอง ลอจิกเกต กฎพีชคณิตบูลีน วงจรคอมไบเนชัน ฟลิปฟลอป รีจิสเตอร์ วงจรนับ และอื่นๆ ซึ่งจะเน้นให้นักศึกษานำลอจิกเกตมาออกแบบวงจรดิจิทัล เมื่อทำการออกแบบวงจรเสร็จแล้วนำลอจิกเกต หรือไอซีดิจิทัลสำเร็จรูปที่มีฟังก์ชันการทำงานที่เฉพาะด้าน มาต่อวงจรลงโปรโตบอร์ด ต่ออุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต ป้อนไฟเลี้ยงให้วงจรแล้วทำการป้อนลอจิกอินพุตเพื่อทดสอบวงจรว่าทำงานตามที่เรากำหนดไว้หรือไม่ถ้าวงจรไม่ทำงานแสดงว่าเกิดการผิดพลาด เช่น ต่อวงจรผิด ใช้ไอซีลอจิกเกตผิดเบอร์ ยิ่งถ้าหากวงจรที่เราออกแบบไว้มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมากการต่อวงจรก็จะมีขนาดใหญ่ตาม ใช้เวลา อุปกรณ์มากขึ้น โอกาสผิดพลาดก็มีสูงตาม การแก้ไขวงจรก็ยุ่งยากตามไปด้วย มีผลต่อความถูกต้องแม่นยำในการทำงานของวงจรเพราะที่ความถี่สูงๆจะเกิด Delay Time และสิ้นเปลืองงบประมาณในการสร้างมาก

ปัจจุบันการออกแบบฮาร์ดแวร์ทางด้านดิจิทัลได้พัฒนาไปมาก ทางเลือกในการออกแบบไอซีเพื่อผลิตฮาร์ดแวร์ดิจิทัลจำนวนมากๆและมีราคาต้นทุนต่ำได้หันมาใช้เทคโนโลยี FPGA (Field Programmable Gate Array) และ CPLD (Complex Programmable Logic Device) [1,2]

CPLD เป็นชิพเอนกประสงค์ที่สามารถโปรแกรมให้มีฟังก์ชันการทำงานตามที่ต้องการได้ มี

ส่วนประกอบภายในหลักๆคือ Function Block และ I/O Block ที่สามารถเชื่อมต่อถึงกันด้วยสวิตซ์ Matrix ภายใน Function Block จะประกอบไปด้วยวงจรลอจิกพื้นฐานต่างๆที่สามารถโปรแกรมเป็นวงจรดิจิทัลได้ตามต้องการ เช่น บอร์ดตัวเลข บอร์ดแสดงผลต่างๆ นาฬิกาจับเวลา ซึ่งปัจจุบันนาฬิกาจับเวลาจะถูกออกแบบมาโดยใช้ไอซีดิจิทัล หรือการเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่วงจรเหล่านี้ก็ต้องการอุปกรณ์เพิ่มเติมในส่วนอินพุตและเอาต์พุตเข้าไป เช่น สวิตซ์ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา วงจรควบคุมการถดถอย วงจรแสดงผลตัวเลข 7 ส่วน ซึ่งก็ยังทำให้การสร้างวงจรใช้เวลามากพอสมควร ดังนั้นการออกแบบวงจรดิจิทัลขนาดกลางและขนาดเล็กแล้วเลือกใช้บอร์ด CPLD Explorer XC9572XL จึงมีความเหมาะสมกว่า [1,2]

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษาได้ทำการศึกษาการออกแบบและประยุกต์ใช้งานวงจรนับ วงจรหารความถี่ การประยุกต์ใช้ลอจิกเกตเพื่อทำเป็นวงจรรนาฬิกาจับเวลา ที่สามารถใช้งานได้จริงแสดงผลขนาด 4 หลัก เพื่อนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนโดยมีการแสดงผลในหน่วยวินาทีและหน่วยย่อยวินาทีบนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL โดยวิธีวาดผังวงจร โดยใช้โปรแกรม Xilinx ISE WebPACK 8.1i เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการออกแบบ ซึ่งสามารถสร้างวงจรร้อยหลายๆวงจรแล้วนำวงจรต่างๆมาต่อกันเสร็จแล้วทำการยุบวงจรต่างๆให้เหลือวงจรเดียวได้ ส่วนการแสดงผลนั้นจะอาศัยการออกแบบโดยใช้เทคนิคการมัลติเพล็กซ์เข้ามาช่วยก่อนส่งข้อมูลแสดงผลที่ 7 เซกเมนต์ ทำให้ลดขนาดของวงจรให้เล็กลงได้มากและสามารถนำไปใช้งานในวงจรอื่นๆได้อีกมาก อีกทั้งเพื่อเป็นการเรียนรู้การออกแบบขั้นพื้นฐานเพื่อใช้ในการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้นของนักศึกษา และยังเป็นโอกาสที่ดีที่จะทำให้นักศึกษาสาขาวิชาเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ สาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้กล้าคิด กล้าทำและนำเสนอผลงานต่อไป

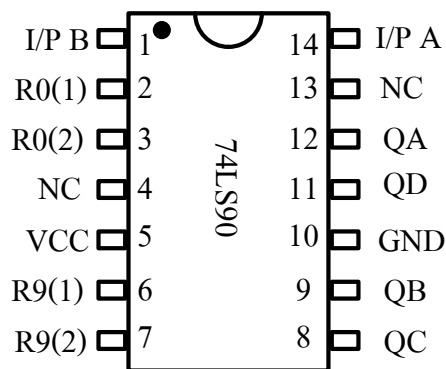
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรนาฬิกาจับเวลาแสดงผลขนาด 4 หลักและการมัลติเพล็กซ์บนบอร์ด CPLD Explorer XC 9572XL

2. เพื่อสร้างวงจรนาฬิกาจับเวลาแสดงผลขนาด 4 หลักและการมัลติเพล็กซ์บนบอร์ด CPLD Explorer XC 9572XL โดยวิธีวาดผังวงจร

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

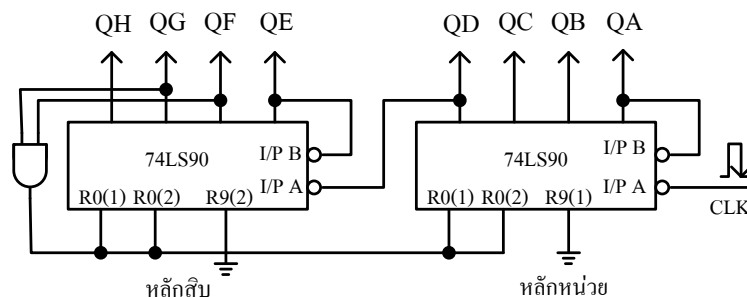
1. ไอซีดิจิทัลที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 1 IC 74LS90 Asynchronous Decade Counter

จากภาพที่ 1 IC 74LS90 เป็นไอซีดิจิทัลชนิด TTL ทำหน้าที่นับสิบภายในมีวงจรนับ 2 ชุดคือนับ 2 กับนับ 5 I/P A เป็นอินพุตของวงจรนับ 2 ส่วน I/P B เป็นอินพุตของวงจรนับ 5 ทำงานที่สภาวะขอบขาลง มีขาเรีเซตคือขา R0(1), R0(2) ทำงานที่ลอจิก 1 ไอซี

ตัวนี้สามารถออกแบบเป็นวงจรถับและวงจรหารความถี่ได้ เช่น วงจรถับ 60 และวงจรถับ 100 เพื่อใช้ในการแสดงเวลาในการจับเวลาหลักวินาทีและหลักส่วนย่อยของวินาที [3]



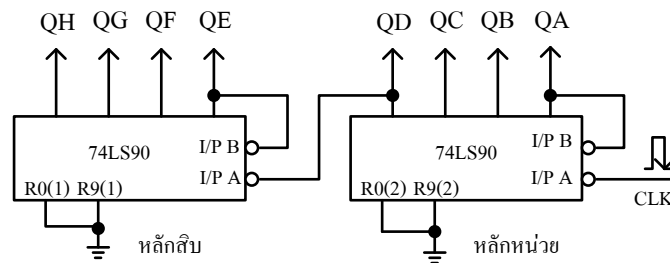
ภาพที่ 2 วงจรถับ 60 โดยใช้ไอซี 74LS90

จากภาพที่ 2 เป็นวงจรรนับ 60 โดยใช้ไอซี TTL เบอร์ 74LS90 2 ตัวทำหน้าที่นับโดยสัญญาณพัลส์ป้อนเข้าที่ขา I/P A ของตัวนับหลักหน่วยซึ่งทำงานในสถานะขอบขาลงเมื่อนับครบ 1 รอบ (0-9) จะทำการส่งสัญญาณพัลส์ 1 ลูกผ่านทางเอาต์พุต QD ไปกระตุ้นให้วงจรรนับหลักสิบทำงาน เมื่อนับถึงเลข 60 จะทำการรีเซ็ตตัวเองโดยมี AND gate 2 I/P เป็นตัว

ตรวจสอบเลข 6 หรือ 0110 แล้วส่งลอจิก 1 ไปที่ขา R0 ของไอซีทั้ง 2 ตัว ส่วนขา R9(1) และ R9(2) ขาดูขาหนึ่งต้องต่อลอจิก 0 เพื่อให้ไอซีทำงาน ส่วนการต่อ I/P B เข้ากับเอาต์พุต QA หรือ QE เพื่อเชื่อมต่อกับวงจรรนับ 2 กับวงจรรนับ 5 ภายในไอซีให้ทำงานเป็นวงจรรนับสิบ

ตารางที่ 1 ตารางความจริงของไอซี 74LS90

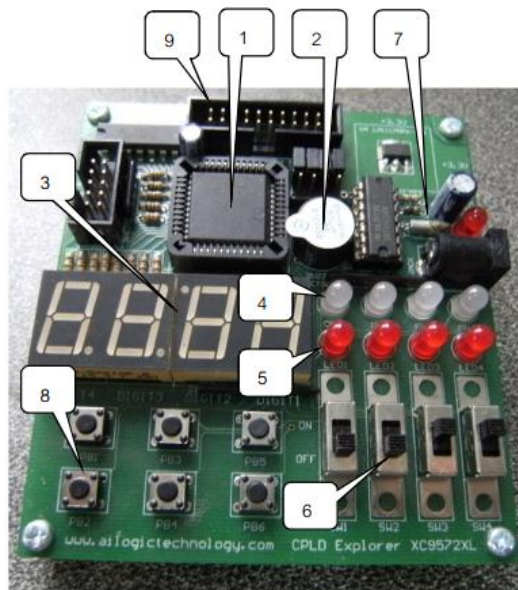
Reset Inputs				Output			
R0(1)	R0(2)	R9(1)	R9(2)	QD	QC	QB	QA
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
X	L	X	L				COUNT
L	X	L	X				COUNT
L	X	X	L				COUNT
X	L	L	X				COUNT



ภาพที่ 3 วงจรรนับ 100 โดยใช้ไอซี 74LS90

จากภาพที่ 3 เป็นวงจรรนับ 100 โดยใช้ไอซี TTL เบอร์ 74LS90 2 ตัวทำหน้าที่นับโดยสัญญาณพัลส์ป้อนเข้าที่ขา I/P A ของตัวนับหลักหน่วยซึ่งทำงานในสถานะขอบขาลงเมื่อนับครบ 1 รอบ (0-9) จะทำการส่งสัญญาณพัลส์ 1 ลูกผ่านทางเอาต์พุต

QD ไปกระตุ้นให้วงจรรนับหลักสิบทำงาน เมื่อนับถึงเลข 100 จะทำการรีเซ็ตตัวเองโดยไม่ต้องมีลอจิกเกตในการตรวจสอบเลขนับเพราะเป็นการนับที่ลงตัวอยู่แล้ว ส่วนการต่อขา R0 และ R9 ของไอซีทั้ง 2 ตัวสามารถเลือกต่อได้ตามเงื่อนไขในตารางที่ 1 [3,4]



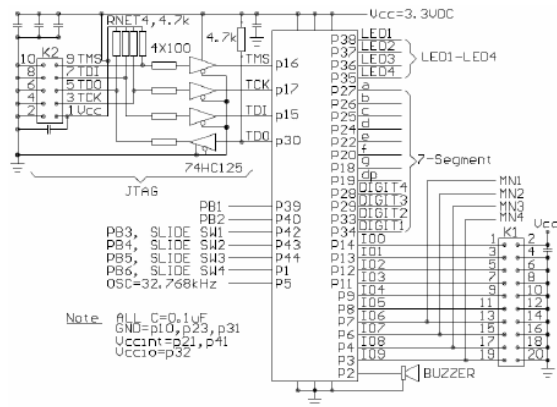
ภาพที่ 4 บอร์ดทดลอง CPLD Explorer XC9572XL

2. คุณสมบัติของบอร์ดทดลอง CPLD Explorer XC9572XL

1. CPLD เบอร์ XC9572XL 1,600 เกต แบบ PLCC 44 ขา (PC44) Speed Grade -10
2. บัสเซอร์ 1 ตัว
3. 7 Segment common K ขนาด 4 หลัก
4. LED แสดงผล 3 สถานะ 4 หลอด
5. LED แสดงผล 2 สถานะ 4 หลอด
6. Slide Switch 4 ตัว
7. Onboard Oscillator 32.768 kHz
8. Push button switch 6 ตัว
9. Port K1 เป็น I/O 10 บิต ซึ่งสามารถใช้กับ I/O 5V และ 3.3V ได้ [1]

จากภาพที่ 5 เป็นวงจรการเชื่อมต่อบนบอร์ด CPLD และตำแหน่งขาในการเลือกใช้งาน Chip CPLD XC9572XL ขนาด 44 ขามีความจุ 1600 เกต มี 34 I/O โครงสร้างภายในประกอบด้วย Function Block และ I/O Block ที่สามารถเชื่อมต่อกันด้วย สวิตช์แมทริกซ์ ภายใน Function Block ประกอบไปด้วยวงจรถอดจิกเกตพื้นฐานที่สามารถโปรแกรมเป็นวงจรถิจิตอลได้ตามต้องการเมื่อโปรแกรมแล้ว ข้อมูลยังคงอยู่ถึงแม้ไม่มีไฟเลี้ยงและสามารถโปรแกรมได้หลายครั้ง [1,2]

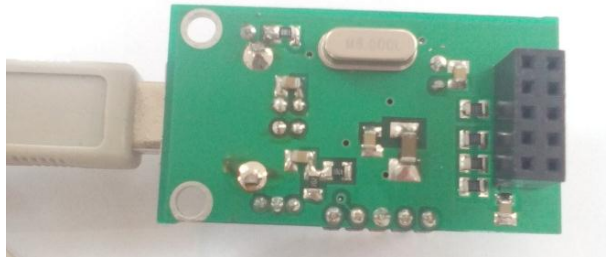
3. วงจรและตำแหน่งขาบนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL



ภาพที่ 5 วงจรและตำแหน่งขาของ CPLD เบอร์ XC9572XL
(ที่มา: <http://www.aiogictechnology.com/index.php>)



(a)



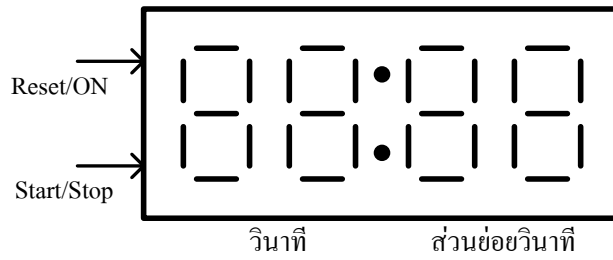
(b)

ภาพที่ 6 สาย USB JTAG (a) ด้านบน (b) ด้านล่าง

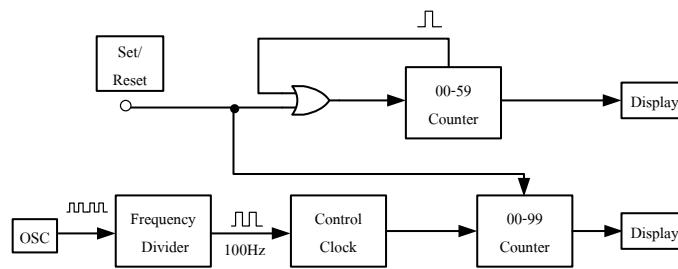
ภาพที่ 6 แสดงสายต่อ USB JTAG (a) ด้านบน การวางอุปกรณ์ส่วน (b) ด้านล่างการบัดกรีวงจร ซึ่งเป็นสายที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์กับบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL เพื่อโหลดวงจรลงสู่ชิพ CPLD

วิธีการวิจัย

1. กำหนด Block Diagram ของวงจร นาฬิกาจับเวลา



ภาพที่ 7 ขอบเขตการแสดงผลนาฬิกาจับเวลา



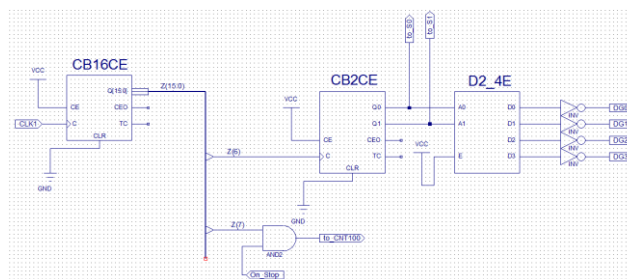
ภาพที่ 8 Block Diagram ของวงจรรนาฬิกาจับเวลา

จากภาพที่ 8 แสดง Block Diagram ของวงจรรนาฬิกาจับเวลาแสดงผล 4 หลัก ควบคุมการแสดงผลด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์ โดยใช้ตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (OSC) จากบนบอร์ด CPLD ซึ่งความถี่ที่สร้างขึ้นมาเท่ากับ 32.768 kHz ผ่านวงจรหารความถี่ลงมาเหลือ 100Hz ส่งเข้าสู่ภาคควบคุมการเปิดปิดสัญญาณนาฬิกาถ้าไม่มีการปิดสัญญาณก็ให้ส่งสัญญาณนี้เข้าสู่วงจรรนับ 00-99 แสดงว่าใน 1 วินาทีจะมีการนับในหน่วยนี้อยู่ 100 เลขแล้วส่งออกแสดงผล ส่วนอินพุต Set / Reset ทำหน้าที่ในการควบคุมให้วงจรรนับทำงานหรือให้รีเซ็ตวงจรเป็นศูนย์ ซึ่ง OR gate จะทำหน้าที่อีกอย่างหนึ่งคือตรวจเช็ค

การรีเซ็ตอัตโนมัติเมื่อนับครบ 60 แล้วส่งข้อมูลแสดงผลต่อไป

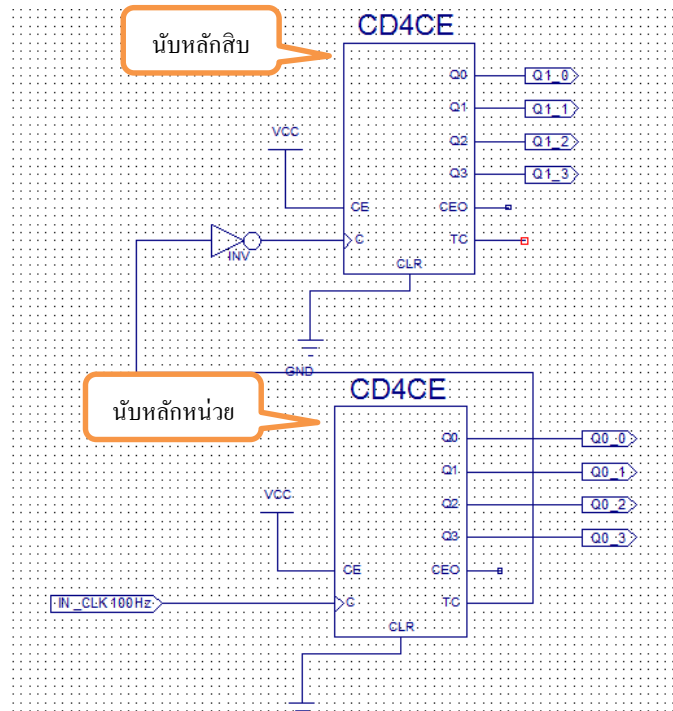
จากภาพที่ 9 ไอซี CB16CE หารความถี่จาก 32.768 kHz ออกมา 2 ความถี่คือ 512 Hz (Z6) ส่งเข้าวงจรควบคุมการแสดงผล ส่วนความถี่ 128 Hz (Z8) ส่งเข้าวงจรควบคุมการนับโดยใช้ AND gate 2 อินพุตนำสัญญาณเอาต์พุตส่งไปยังวงจรรนับต่อไป

2. สร้างวงจรรหารความถี่ วงจรรนับ 4 วงจร 2 to 4 Decoder แบบ Active Low และวงจรรควบคุมการนับ

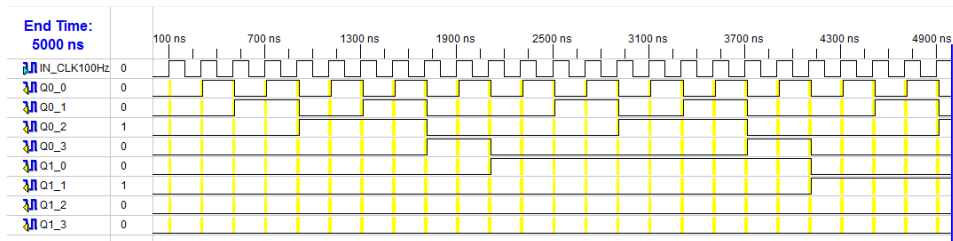


ภาพที่ 9 วงจรรหารความถี่ วงจรรนับ 4 วงจร 2 to 4 Decoderแบบ Active Low และวงจรรควบคุมการนับ

3. สร้างวงจรนับ 00-99 ในส่วนย่อยวินาทีโดยใช้ตัวนับเบอร์ CD4CE

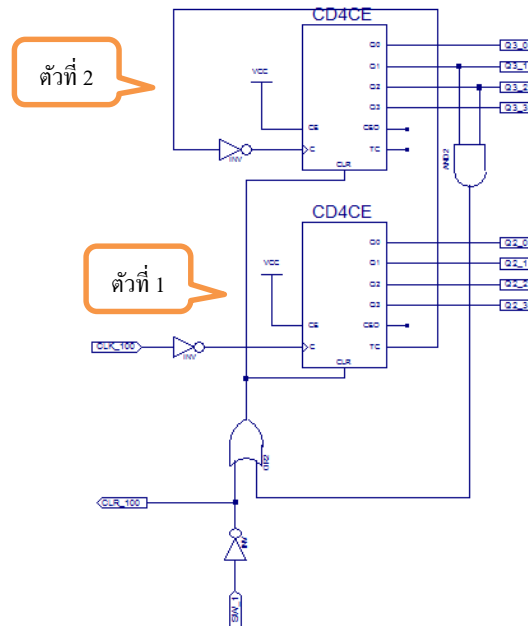


ภาพที่ 10 วงจรนับ 00-99 ในส่วนย่อยวินาที



ภาพที่ 11 การจำลองการทำงานของวงจรนับ 00-99

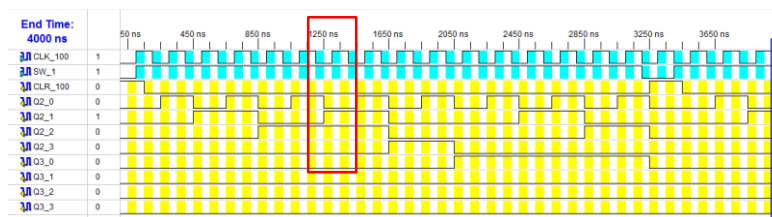
4. ออกแบบและสร้างวงจรนับ 00-59 วินาทีแบบมีขาควบคุมโดยใช้ตัวนับเบอร์ CD4CE



ภาพที่ 12 วงจรนับ 00-59 วินาทีแบบมีขาควบคุม

จากภาพที่ 12 เป็นวงจรนับหลักวินาทีโดยไอซีตัวที่ 1 นับหลักหน่วย ไอซีตัวที่ 2 นับหลักสิบ โดยวงจรรับสัญญาณจากวงจรนับ 100 เข้าสู่วงจรนับ 00-59 เมื่อนับเลข 60 วงจรจะทำการรีเซ็ตกลับมา

เริ่มนับเลข 00 ใหม่อีกครั้งหรือจนกว่าจะกดสวิตช์ SW_1 ก็จะทำให้วงจรนับ 00-59 และวงจรนับ 100 รีเซ็ตด้วยเช่นกัน

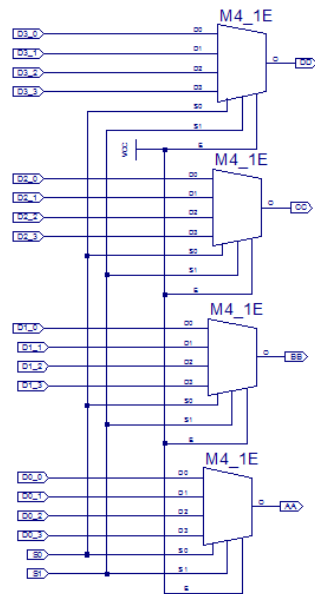


ภาพที่ 13 การจำลองการทำงานของวงจรนับ 00-59

จากภาพที่ 13 เป็นการจำลองการทำงานของวงจรนับ 00-59 จะเห็นว่าเมื่อไม่กดสวิตช์ SW_1 จะเป็นลอจิก 1 ทำให้ขา CLR_100 ของวงจรนับ 100 เป็นลอจิก 0 วงจรจะนับปกติ จากนั้นในกรณีที่เปลี่ยนจะพบว่าเมื่อวงจรนับถึงเลขใดๆ เช่นเลข 15₁₀ แล้วทำการกดสวิตช์ SW_1 จะเป็นลอจิก 0 ทำ

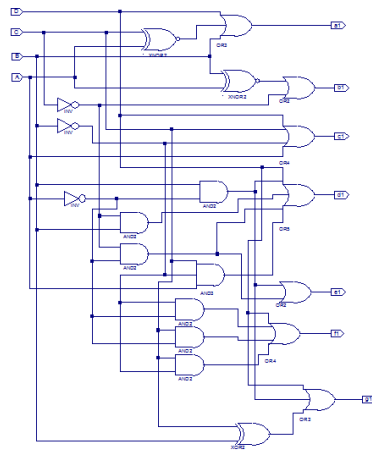
ให้ขา CLR_100 ของวงจรนับ 100 เป็นลอจิก 1 วงจรนับจะถูกรีเซ็ตทันที จนกว่าขา SW_1 จะกลับมาเป็นลอจิก 1 และขา CLR_100 เป็นลอจิก 0 วงจรจึงจะทำการนับอีกครั้ง

5. สร้างวงจร 4 แชนแนล 4 to 1 MUX



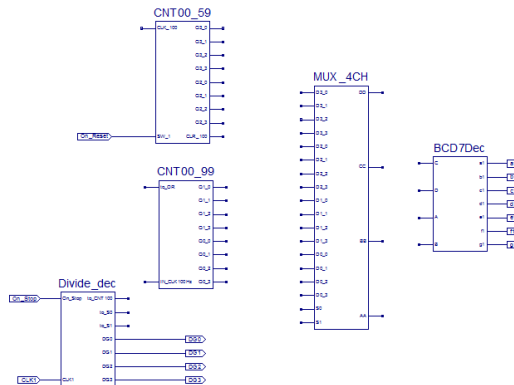
ภาพที่ 14 วงจร 4 แชนแนล 4 to 1 MUX

6. สร้างวงจร BCD-8421 to 7 Segment Decoder แบบ Common Cathode



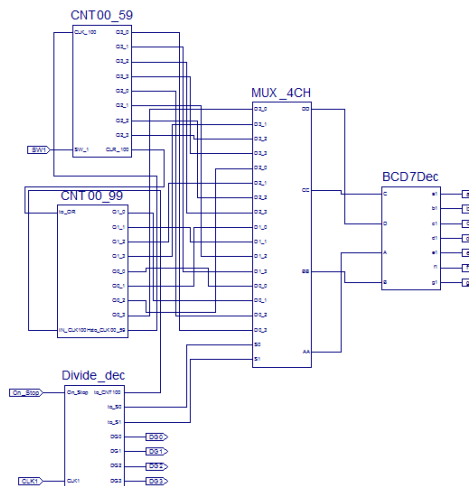
ภาพที่ 15 วงจร BCD-8421 to 7 Segment Decoder

7. การสร้างสัญลักษณ์ของแต่ละวงจร



ภาพที่ 16 องค์ประกอบของวงจรวินาทีก้านเวลา

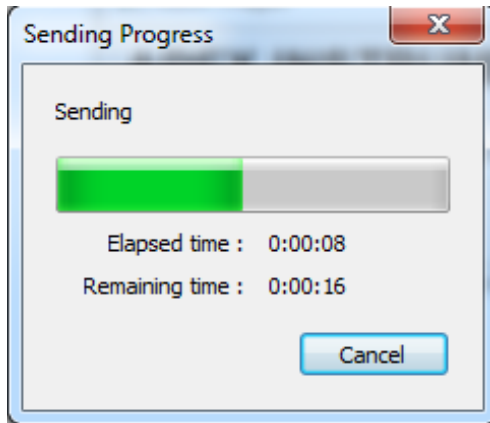
8. การเชื่อมต่อวงจรเข้าด้วยกัน



ภาพที่ 17 การเชื่อมต่อวงจรเข้าด้วยกันโดยการลากเส้นวงจร

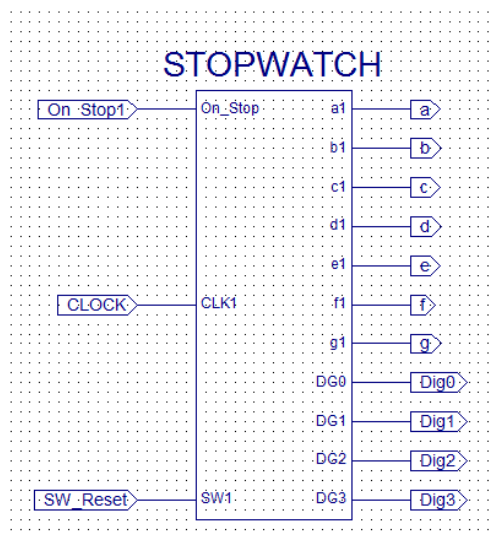
จากภาพที่ 16-17 ประกอบด้วยวงจรที่ 1 คือ วงจร Divide_dec ซึ่งภายในมีวงจรหารความถี่ วงจรนับ 4 วงจร 2 to 4 Decoder แบบ Active Low และวงจรควบคุมการนับ วงจรที่ 2 คือวงจรนับ

ส่วนย่อยของวินาที วงจรที่ 3 คือวงจรนับหลักวินาที วงจรที่ 4 คือวงจรมัลติเพล็กซ์แบบ 4 ช่อง และวงจรที่ 5 คือวงจรถอดรหัส BCD-8421 to 7 segment แบบ Common Cathode

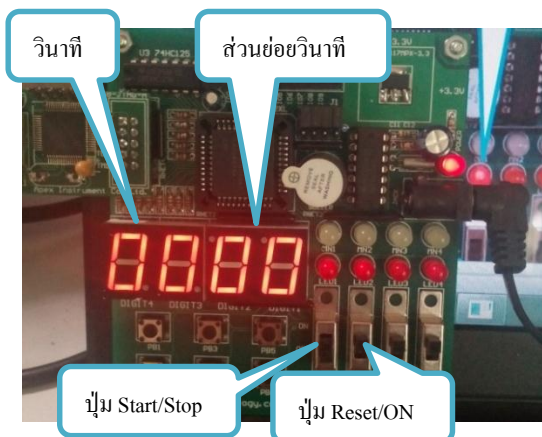


ภาพที่ 21 การดาวน์โหลดวงจรลงสู่ Chip CPLD

ผลการวิจัย

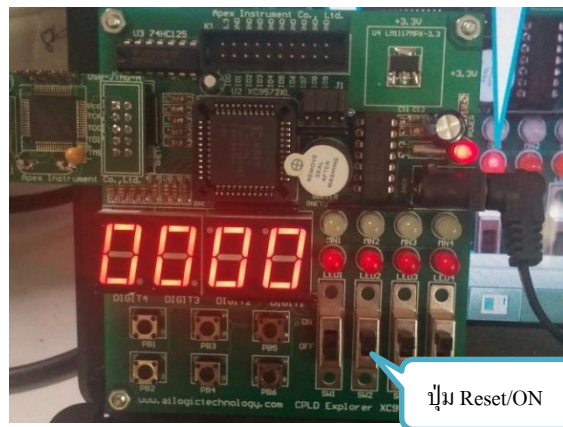


ภาพที่ 22 ชิปตัวใหม่วงจรรนาฬิกาดิจิตอล ที่พร้อมใช้งาน

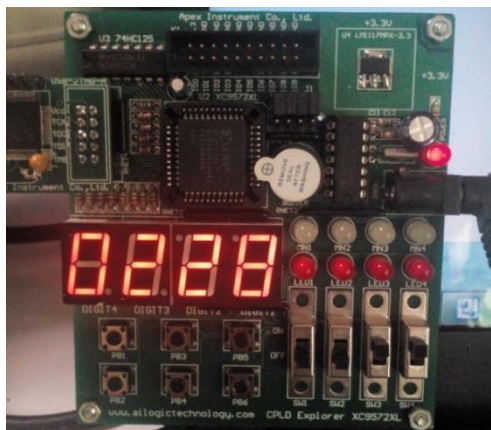


ภาพที่ 23 ปุ่มควบคุมการทำงาน

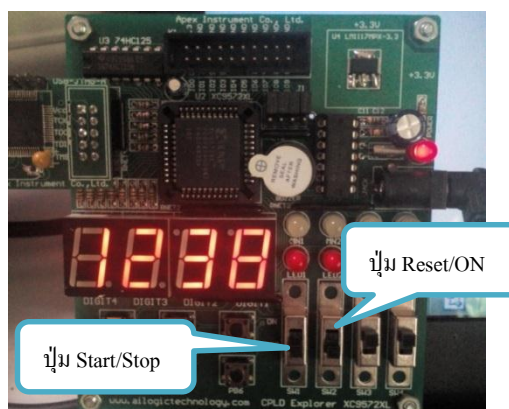
ปุ่ม Reset/ON ถ้าเป็นลอจิก 0 จะรีเซตวงจรทันที



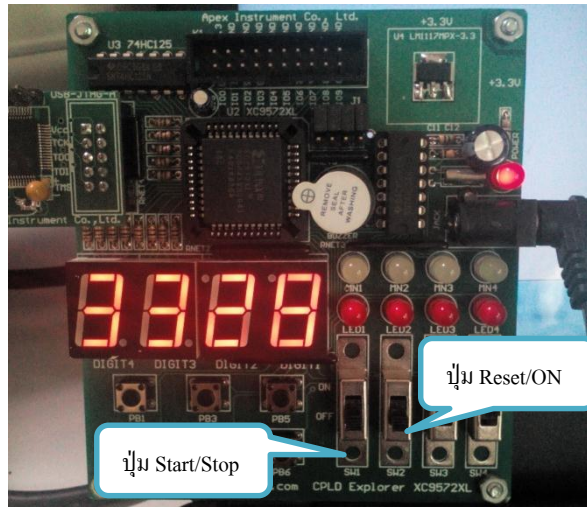
ภาพที่ 24 เมื่อปุ่ม Reset/ON = 0 จะรีเซตวงจรทันทีโดยไม่สนใจสถานะของปุ่ม Start/Stop



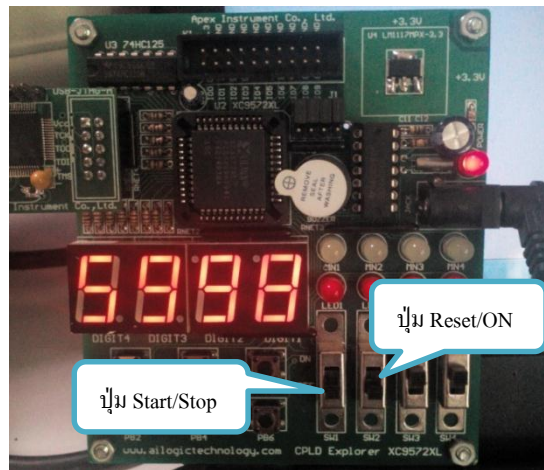
ภาพที่ 25 ทดลองเริ่มจับเวลาโดยให้ปุ่ม Reset/ON และปุ่ม Start/Stop = 1



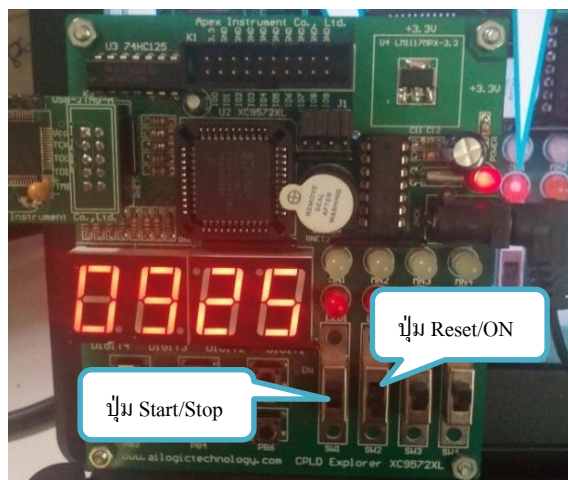
ภาพที่ 26 แสดงการจับเวลา 12.38 วินาที
วงจรมีการจับเวลาทำงานเมื่อปุ่ม Reset/ON=1



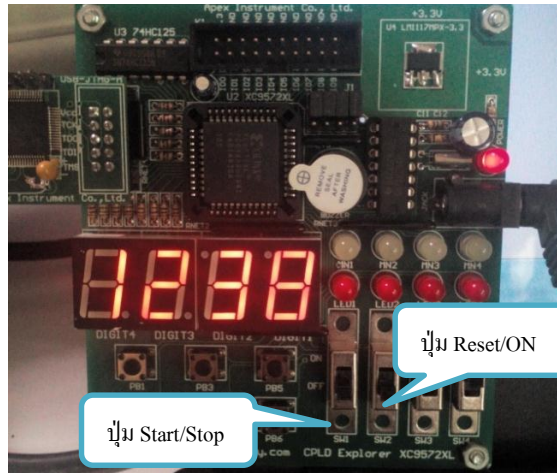
ภาพที่ 27 แสดงการจับเวลา 33.28 วินาที



ภาพที่ 28 แสดงการจับเวลา 59.98 วินาที



ภาพที่ 29 การหยุดเวลาค้างที่เลขปัจจุบันเลข 09.25 วินาที โดยให้ปุ่ม Reset/ON = 1, Start/Stop = 0



ภาพที่ 30 เมื่อให้ปุ่ม Reset/ON , Start/Stop = 1 วงจรสามารถนับต่อไปได้

อภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบและทดสอบวงจรพบว่าวงจรทำงานได้ดีตามที่ต้องการแต่บอร์ด CPLD รุ่นนี้จะมีข้อจำกัดในเรื่องความถี่ที่ผลิตออกมาที่ 32.768 kHz ไม่สามารถออกแบบวงจรหารความถี่ให้เหลือ 100 Hz ในการสร้างวงจรมีได้ใช้ความถี่ที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 128 Hz เพื่อเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับวงจรมับ 100 ทำให้วงจรมีการนับเวลาที่สร้างเสร็จเร็วกว่าเวลาจริง แนวทางการพัฒนางจรนี้ เช่น ออกแบบให้สามารถนับถอยหลังได้ หรือมีเสียงเตือนเมื่อถึงเวลาที่หยุดและควรใช้บอร์ด CPLD รุ่นที่มีวงจรมผลิตความถี่ 1 MHz

สรุป

การออกแบบและสร้างวงจรมีการนับเวลาที่บอร์ด CPLD Explorer XC9572XL ทำให้ได้วงจรรวมตัวใหม่ขึ้นมา 1 ตัว วงจรที่ออกแบบเพิ่มเติม เช่น วงจรควบคุมการปิดเปิดสัญญาณนาฬิกา วงจรมับ 60 แบบมีขาควบคุม วงจรมับ 100 และวงจรมหารความถี่ ออกแบบร่วมกับการประยุกต์ใช้วงจรม MUX วงจรแสดงผลตัวเลข พบว่าวงจรสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีตามที่คาดหวังไว้ และใช้ทรัพยากรภายในชิพ CPLD เช่น Registers 26/72 (37%) Pins 14/34 (42%) สามารถนำวงจรมนี้ไปใช้กับวงจรมอื่นๆได้อย่างไม่จำกัด และแก้ไขวงจรมได้ง่าย ตัวชิพ CPLD สามารถเก็บข้อมูล

ไว้ได้ตลอดแม้ไม่มีไฟเลี้ยงและสามารถใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ประจำปี 2558 เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้นักศึกษาได้คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น จนสามารถเป็นบัณฑิตนักปฏิบัติ (Hands-on) ได้อย่างแท้จริงและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาชุมชน สังคมได้อย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ณรงค์ ทองฉิม และ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น. ออกแบบดิจิทัลสมัยใหม่ด้วย FPGA และ CPLD ภาคปฏิบัติเล่มที่ 1 Schematic. นภัทร วัฒนเทพินทร์. (2544). วงจรดิจิทัล (ลอจิกเชิงลำดับ). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สกายบุ๊กส์.
- Alan B.Marcovitz Introduction to Logic Design. New York. USA: McGraw-Hil.
- Robert K. Dueck. Digital Design with CPLD Applications and VHDL. 2nd Edition. Red River College Winnipeg Manitoba.

**การออกแบบวงจรบวก/ลบเลขฐานสองขนาด 1 หลัก
โดยใช้เทคนิค 1's complement แบบมีเครื่องหมายแสดงผลด้วยตัวเลข
Designing the 1 Digit Adder/Subtractor Circuits by Using 1's
Complement Technique with Sign Displaying with 7 Segment.**

อภิสิทธิ์ ชันอัศวะ¹, วิสูตร อาสนวิจิตร² และ อติสร กวาวสิบสาม^{3*}
Aphisit Khunasawa¹, Wisut Asanavijit² and Adisorn Kwawsibsam^{3*}

^{1,2,3} วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

^{1,2,3} College of Integrated Science and Technology Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author e-mail: adisom_401@hotmail.com, 080-5006475

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรบวก/ลบเลขฐานสองขนาด 1 หลักโดยใช้เทคนิคแบบ 1's complement ซึ่งเป็นวิธีการลบเลขฐานสองแบบใช้การบวกแทนการลบ โดยอาศัยคุณสมบัติของลอจิกเกต วงจรประกอบด้วยภาคอินพุต ภาคตัวเลือกการบวก/ลบโดยใช้ Exclusive OR Gate และ AND Gate เป็นตัวควบคุม วงจรบวกเลขฐานสองแบบคิดตัวทดขนาด 4 บิต วงจรตรวจสอบตัวทด วงจรตรวจสอบผลลัพธ์ ข้อดีของวงจรมีคือใช้อุปกรณ์น้อย โดยใช้ไอซีดิจิทัลแบบ TTL เพียง 7 ตัว การทำงานถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งยืนยันด้วยการจำลองการทำงานของวงจร โดยใช้โปรแกรม ISE Simulator และจากการต่อวงจรจริง พบว่าวงจรจ่ายกระแส 116.5 mA ที่ไฟเลี้ยง +5V และบริโภคพลังงาน 0.582 W

คำสำคัญ : วงจรบวก/ลบเลขฐานสอง เทคนิค 1's complement

Abstract

This article aims to offer the design and build a circuit with positive / negative binary number in 1 digit size with 1's complement technique, which is the minus of binary number type to use the plus instead of the minus. Based on the properties of the logic gate. The circuit includes an input the option of plus / minus by using the Exclusive OR gate and AND gate to be a controller of the binary number circuit type carry a 4-bit circuit. Circuit carry verification results checking circuit . The advantage of this circuit is used less tools by using IC digital type TTL only 7. The working properly as designed, Which was confirmed by simulating the operation of the circuit by using ISE Simulator program and from the real circuit and found that The circuit release the current 116.5 mA at the +5V power supply and power consumption in 0.582 W

Keywords : Adder / Subtractor, Technique 1's complement

บทนำ

ปัจจุบัน วงจรดิจิทัลเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก เช่น อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ล้วนมีวงจรดิจิทัลเข้าไปเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ เครื่องมือทางการแพทย์ การดูแลสุขภาพและด้านความปลอดภัยในการดำรงชีวิต วงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ วงจรควบคุมการแสดงผลในระบบไฟจราจร เพื่อให้เราสามารถทราบและตัดสินใจได้ถูกต้อง การแสดงผลสามารถแสดงได้ในหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับ การนำไปใช้งาน เช่น แสดงผลด้วยเสียง หลอดไฟ ตัวเลข หรือแม้แต่ อุปกรณ์สำนักงาน เช่น การแสดงผลของเครื่องคำนวณ เป็นต้น

การออกแบบวงจรคณิตศาสตร์ลอจิกซึ่งเป็นหน่วยประมวลผลหนึ่งในเครื่องคำนวณทำหน้าที่นำข้อมูลมาประมวลผลแล้วส่งข้อมูลแสดงผลที่หน้าจอ การออกแบบวงจรนี้เบื้องต้นสามารถใช้ลอจิกเกตมาออกแบบเป็นวงจรวกหรือลบเลขฐานสองแบบไม่คิดตัวทดและแบบคิดตัวทด และขยายการบวกกลับก้บิตก็ได้ การออกแบบวงจรวกกลับเลขฐานสองนั้นนิยมออกแบบโดยใช้เทคนิคแบบ 1's complement ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายในการออกแบบ คือถ้าเลือกการบวกก็ จะทำการบวกตามปกติ แต่ถ้าเลือกการลบจะลบโดยการบวกโดยใช้เทคนิคการกลับสถานะของตัวลบนั่นเองอาศัยคุณสมบัติของ Exclusive OR gate ซึ่งมีข้อดีคือออกแบบง่าย อุปกรณ์หาซื้อได้ทั่วไป วงจรมี การทำงานที่ถูกต้อง การออกแบบมีหลักการดังนี้คือ ถ้าเป็นการลบ นำตัวลบบมาทำ 1's complement จากนั้นนำไปบวกกับตัวตั้ง การบวกจะใช้วงจร 4 bits Full Adder ถ้าผลบวกมีตัวทศออกให้นำตัวทศ ออกมาบวกอีกทีก็จะได้คำตอบที่ถูกต้อง แต่ถ้า ผลบวกออกมาไม่มีตัวทศ ให้ทำ 1's complement อีกทีแล้วใส่เครื่องหมายลบ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษา ได้ทำการศึกษาการออกแบบและสร้างวงจรวก/ลบ เลขฐานสองขนาด 1 หลักโดยใช้เทคนิค 1' complement ที่สามารถแสดงเครื่องหมายของ ผลลัพธ์ว่าเป็นจำนวนบวกหรือลบได้ โดยให้นักศึกษา ทำการออกแบบวงจรและจำลองการทำงานว่าทำงาน ได้จริงหรือไม่โดยใช้โปรแกรม Xilinx ISE WebPACK 8.1i ช่วยในการจำลองการทำงานของวงจรถือว่าเป็น เครื่องมือที่สำคัญในการออกแบบ [3] จากนั้นทำการ สร้างวงจรถริงลงบนแผ่นปริ้นต์แล้วเปรียบเทียบผล การทำงานของวงจรวกเป็นอย่างไร ซึ่งสามารถ นำไปใช้เป็นสื่อการสอนในรายวิชาวงจรดิจิทัลใน หลักสูตรเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ต่อไป และยังเป็น โอกาสที่ดีที่จะทำให้นักศึกษา สาขาไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ ได้กล้าคิด กล้าทำและนำเสนอผลงาน ต่อไป

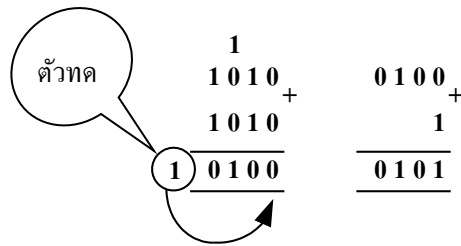
วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบวงจรวก/ลบเลขฐานสอง ขนาด 4 บิตแบบมีเครื่องหมายแสดงผลด้วยแอลอีดี 7 ส่วน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการทำงานของวงจรถริง โดยการจำลองการทำงานกับการต่อวงจรทดลอง

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. การลบเลขฐานสองด้วยวิธี 1 คอมพลีเมนต์

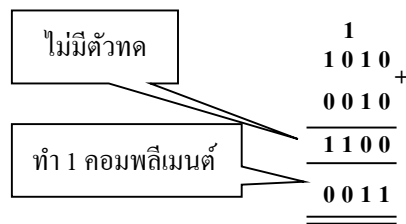
เป็นการลบโดยวิธีการบวกมีหลักการพิจารณา จำนวนบิตของตัวลบบว่าเท่ากับจำนวนบิตตัวตั้งหรือไม่ ถ้าไม่เท่าให้เติมศูนย์ข้างหน้าให้ครบจากนั้น ทำ 1 คอมพลีเมนต์ของตัวลบบแล้วนำมาบวกกับตัวตั้งบิต สุดท้ายถ้ามีตัวทศให้นำมาบวกกับผลบวกอีกที เช่น $1010_2 - 101_2 = ?$



$$1010_2 - 1010_2 = 0101_2$$

การลบเลขฐานสอง $1010_2 - 1101_2$ ด้วยวิธี 1 คอมพลิเมนต์

มีหลักการเหมือนเดิมเพียงแต่ถ้าถ้าบิตสุดท้ายไม่มีตัวทดให้ทำ 1 คอมพลิเมนต์ของผลบวกอีกทีแล้วตอบติดเครื่องหมายลบ [1]

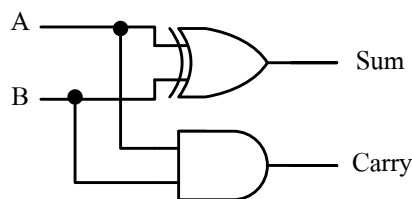


$$1010_2 - 1101_2 = -0011_2$$

2. วงจรบวกเลขแบบไม่คิดตัวทด (Half Adder)

วงจรบวกเลขฐานสองแบบไม่คิดตัวทดเป็นวงจรบวกเลขขนาด 1 บิตใช้ในการออกแบบวงจรบวกเลขฐานสองที่มีขนาดตั้งแต่ 2 บิตเป็นต้นไป วงจรนี้จะอยู่บิตต่ำสุดจึงไม่มีตัวทดเข้ามา เมื่อทำการ

บวกเลขแล้วถ้ามีตัวทวดจะส่งลอจิกตัวทวดออกไปยังบิตที่สูงกว่าเพื่อนำไปบวกอีกที การออกแบบวงจรนี้ประกอบไปด้วยอินพุต 2 ตัวคือตั้งตั้งและตัวบวก โดยให้อินพุต A เป็นตัวตั้ง อินพุต B เป็นตัวบวก ส่วน O/P ประกอบไปด้วย O/P ผลรวมคือ Sum และ O/P ตัวทวดออก คือ Carry



ภาพที่ 1 วงจร Half Adder

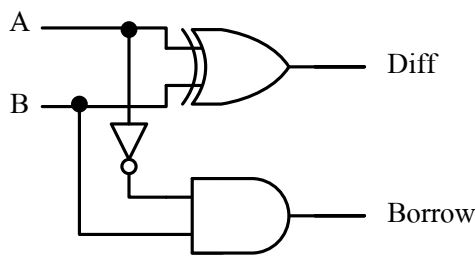
ตารางที่ 1 ตารางความจริงของวงจร Half Adder

A	B	Sum	Carry
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

3. วงจรลบเลขฐานสองแบบไม่คิดตัวยืม (Half Subtractor)

วงจรถลบเลขฐานสองแบบไม่คิดตัวยืม (Half Subtractor) เป็นวงจรถลบขนาดบิตเดียวใช้ในการออกแบบวงจรถลบเลขฐานสองที่มีขนาดตั้งแต่ 2 บิต เป็นต้นไป วงจรนี้จะอยู่บิตต่ำสุด (LSB) จึงไม่มีตัวยืม

จากบิตอื่นส่งเข้ามา การออกแบบวงจรถลบนี้ประกอบไปด้วยอินพุต 2 ตัวคือตั้งตั้งและตัวลบ โดยให้อินพุต A เป็นตัวตั้ง อินพุต B เป็นตัวลบ ส่วน O/P ประกอบไปด้วย O/P ผลต่างคือ Diff และ O/P ตัวยืม คือ Borrow [1,2]

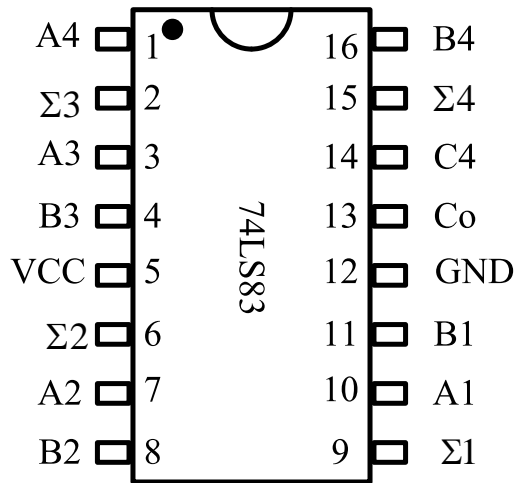


ภาพที่ 2 วงจร Half Subtractor

ตารางที่ 2 ตารางความจริงของวงจร Half Subtractor

A	B	Diff	Borrow
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

4. ไอซีดิจิทัลที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 3 IC 74LS83 4 bits Full adder

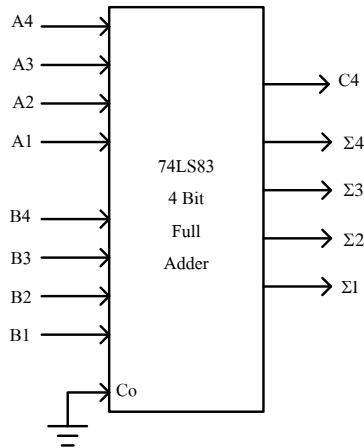
จากภาพที่ 3 เป็นรูปร่างของ IC 74LS83 เป็น ไอซีดิจิทัลชนิด TTL ทำหน้าที่บวกเลขฐานสอง ขนาด 4 บิตแบบมีตัวทดเข้าและทดออก ตัวตั้งจะเป็นอินพุต A ส่วนตัวบวกจะเป็นอินพุต B อินพุต CO ทำหน้าที่รับตัวทดเข้ามานำไปบวกกับบิตแรก ส่วนผลลัพธ์ของการบวกจะส่งออกมาที่เอาต์พุต $\Sigma 4, \Sigma 3, \Sigma 2, \Sigma 1$ ถ้าว่าการบวกมีตัวทดจะส่งออกไป

เอาต์พุต C4

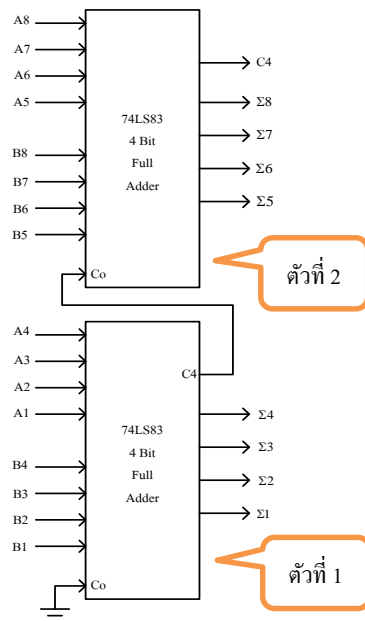
จากภาพที่ 4 และ 5 เราสามารถออกแบบ วงจรบวกเลขฐานสองขนาด 4 บิตและ 8 บิตได้โดยใช้ไอซี 74LS83 โดยให้ขา CO ของไอซีตัวที่ 1 ต่อ ลอดจิก 0 แล้วต่อขา C4 เข้ากับขา CO ของตัวถัดไป [1]

ตารางที่ 3 ตารางความจริงของไอซี 74LS83

Co	A4 A3 A2 A1	B4 B3 B2 B1	C4 $\Sigma 4$ $\Sigma 3$ $\Sigma 2$ $\Sigma 1$
0	0 0 0 1	0 0 1 1	0 0 1 0 0
0	0 0 1 1	0 1 0 1	0 1 0 0 0
0	0 1 1 1	1 1 0 0	1 0 0 1 1
0	1 0 1 0	1 1 1 1	1 1 0 0 1
1	0 1 1 1	1 0 0 0	1 0 0 0 0
1	0 0 1 0	0 1 0 0	0 0 1 1 1
1	0 1 0 1	1 0 0 0	0 1 1 1 0
1	1 0 0 1	1 1 1 0	1 1 0 0 0



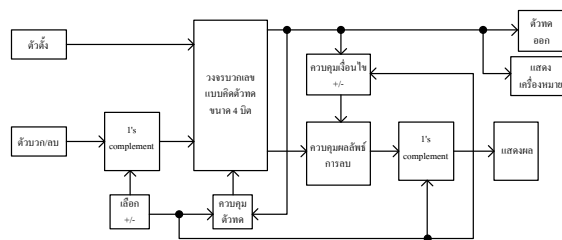
ภาพที่ 4 วงจรบวกเลขฐานสองขนาด 4 บิต



ภาพที่ 5 วงจรบวกเลขฐานสองขนาด 8 บิต

วิธีการวิจัย

1. กำหนด Block Diagram ของวงจรบวก/ลบเลขฐานสองขนาด 1 หลัก



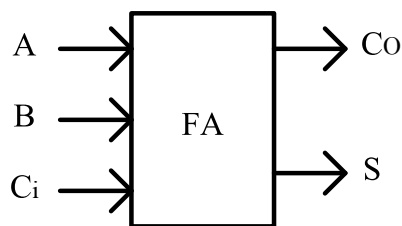
ภาพที่ 6 Block Diagram ของวงจรบวก/ลบเลขฐานสองขนาด 1 หลักโดยวิธี 1's complement

จากรูปที่ 6 ออกแบบโดยใช้ไอซี 74LS83 ทำหน้าที่ในการบวกเลขฐานสองขนาด 4 บิต โดยมีการทำงานของวงจรดังนี้คือ เมื่อต้องการบวกเลขฐานสองให้หา Mode = 0 โดยอาศัยคุณสมบัติของ Exclusive OR gate จะไม่กลับสถานะของข้อมูลตัวบวก จากนั้นกำหนดตัวตั้งที่อินพุต A ตัวบวกคืออินพุต B ส่งเข้าสู่ไอซี 74LS83 ทำการบวกเลขโดยถ้ามีตัวทดจะแสดงผลที่เอาต์พุต C4 และเอาต์พุตนี้จะทำหน้าที่แสดงผลเป็นบิตที่ 5 (MSB) อีกด้วย

ส่วนการลบเลขแบบ 1's complement ทำได้โดยการเลือกหา Mode = 1 Exclusive OR gate

จะทำการคอมพลิเมนต์ข้อมูลตัวลบคืออินพุต B จากนั้นเข้าสู่การบวกโดยไอซี 74LS83 ถ้ากรณีที่ตัวตั้งมีค่ามากจะเกิดตัวทดขึ้นที่เอาต์พุต C4 วงจรจะนำตัวทวดเข้ามาบวกอีกทีจากนั้นจึงจะแสดงผลที่ตัวเลขพร้อมแสดงสถานะเครื่องหมายว่าคำตอบเป็นเลขบวกหรือลบ ส่วนกรณีที่ตัวตั้งมีค่าน้อยกว่าตัวลบจะไม่เกิดตัวทดที่ C4 วงจรควบคุมเงื่อนไขการบวก/ลบจะสั่งให้วงจรควบคุมผลลัพธ์การลบและวงจร 1's complement ทำการกลับสถานะของคำตอบเพื่อให้ถูกต้องแล้ว LED จะติดเพื่อแสดงเครื่องหมายของผลลัพธ์ [1,2]

2. ออกแบบวงจรบวกเลขแบบคิดตัวทด (Full Adder)



ภาพที่ 7 สัญลักษณ์ของวงจรบวกเลขแบบคิดตัวทด

ตารางที่ 4 ตารางความจริงของวงจร Full Adder

A	B	Ci	CO	S
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

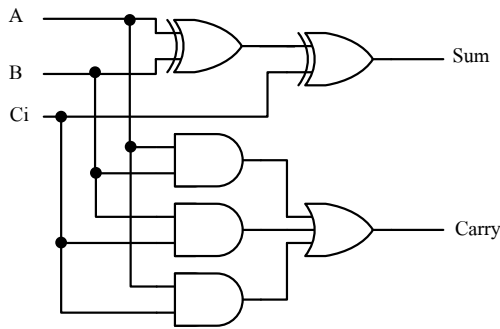
จากตารางที่ 4 หาค่าสมการลอจิกของแต่ละเอาต์พุต

$$C_o = \Sigma m(3,5,6,7)$$

	AB			
Ci	00	01	11	10
0			1	
1		1	1	1

$$\begin{aligned}
 Sum &= \Sigma m(1, 2, 4, 7) \\
 &= \overline{A}BCi + \overline{A}B\overline{C}i + A\overline{B}C\overline{i} + ABCi \\
 C_o &= AB + BCi + ACi = \overline{A}(BCi + B\overline{C}i) + A(\overline{B}C\overline{i} + BCi) \quad (2) \\
 &= \overline{A}(B \oplus Ci) + A(\overline{B} \oplus \overline{C}i) \\
 &= A \oplus B \oplus Ci
 \end{aligned}$$

เขียนวงจรลอจิกจากสมการที่ 1 และ 2 ได้ดังรูปที่ 8



ภาพที่ 8 วงจร Full Adder

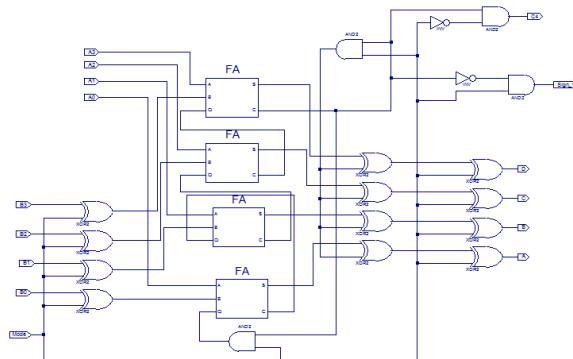


ภาพที่ 9 การจำลองการทำงานของวงจร Full Adder

จากภาพที่ 9 เป็นการจำลองการทำงานของวงจร Full Adder โดยใช้โปรแกรม Xilinx ISE WebPACK 8.1 ในวงกลมสีแดงส่วนสีฟ้ากำหนดให้อินพุต A=0, B=1, Ci=1 เมื่อบวกกันแล้วจะพบว่าในส่วนสีเหลืองเอาต์พุต S=0, C=1 ซึ่งแสดงว่าวงจร

ทำงานได้อย่างถูกต้อง [3] เมื่อพิจารณาที่เวลา 800 ns กำหนดให้อินพุต A=+, B=1, Ci=1 เมื่อบวกกันแล้วจะพบว่าในส่วนสีเหลืองซึ่งเป็นช่วงเวลาเอาต์พุต เปลี่ยนแปลงจะได้ S=1, C=1

3. ออกแบบวงจรบวก/ลบเลขฐานสองขนาด 1 หลัก



ภาพที่ 10 วงจรบวก/ลบเลขฐานสองขนาด 1 หลักแบบ 1's complement แบบมีเครื่องหมาย

จากภาพที่ 10 แสดงวงจรที่ออกแบบอย่างสมบูรณ์ โดยใช้วงจร Full Adder 4 ชุดทำการบวกเลข และมีขา Mode ทำการเลือกว่าจะบวกหรือลบ ถ้าขานี้เป็นลอจิก 0 จะเป็นการบวก ถ้าเป็นลอจิก 1 จะเป็นการลบ กรณีเลือกการลบจะใช้ Exclusive OR gate ชุดที่ 1 ทำการกลับสถานะของตัวลบแล้วเข้าสู่วงจรบวกเลข 4 บิตแล้วส่งต่อไปยังวงจร

ตรวจสอบผลลัพธ์เพื่อแสดงผลต่อไป ส่วนการตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้เป็นค่าบวกหรือลบนั้นเป็นหน้าที่ของ AND gate และ NOT gate ทั้ง 2 ชุดที่อยู่ด้านบน ส่วน AND gate ตัวล่างทำหน้าที่ในการตรวจสอบว่ามีตัวทศออกหรือไม่ ในกรณีการลบ ถ้ามีตัวทศออกจะนำตัวทศมาบวกอีกที

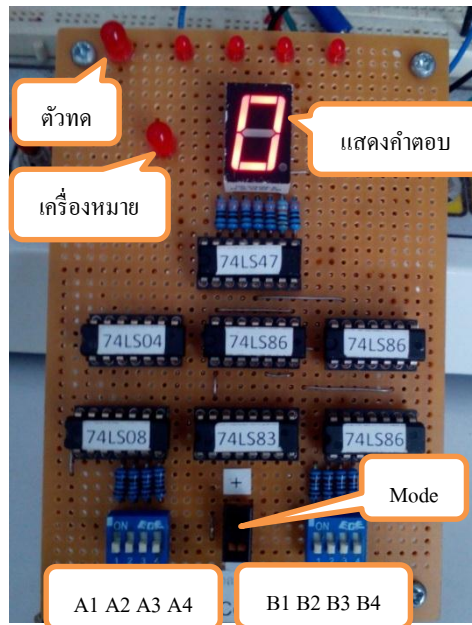


ภาพที่ 11 จำลองการทำงานของวงจรบวกเลขฐานสองเมื่อขา Mode = 0

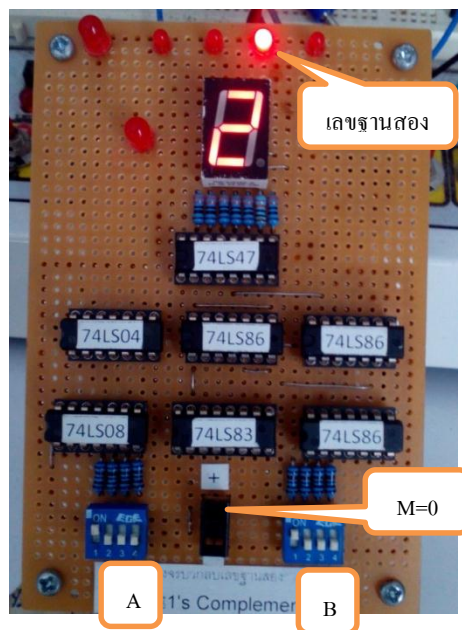
จากภาพที่ 11 แสดงการบวกเลขฐานสองในกรอบสีแดงกำหนดตัวตั้งคือ A=7, ตัวบวกคือ B=5 จะเห็นว่าเอาต์พุต C4, D, C, B, A = 01100 และ

เอาต์พุตเครื่องหมาย Sign_1=0 หมายถึงคำตอบเป็นค่าบวก

ผลการวิจัย



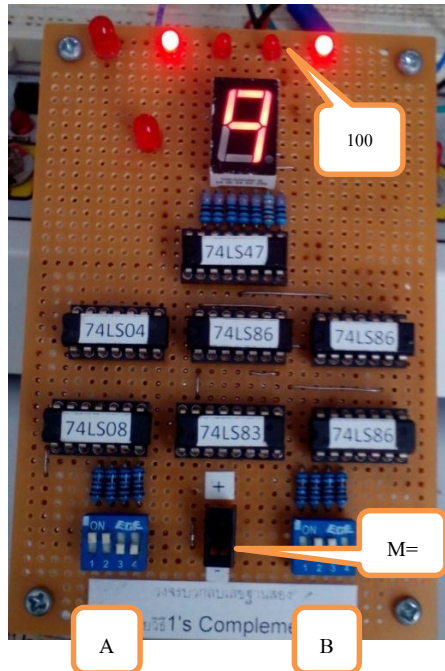
ภาพที่ 12 วงจรบวก/ลบเลขฐานสองที่สมบูรณ์



ภาพที่ 13 วงจรบวกเลขให้ A=1, B=1

จากภาพที่ 13 แสดงการบวกเลขฐานสองโดยให้ขา Mode = 0 ให้ตัวตั้ง A=1, ตัวบวก B=1 จะได้คำตอบเป็นเลข 2 ซึ่งจะมีแอลอีดีแสดงเลขฐานสอง

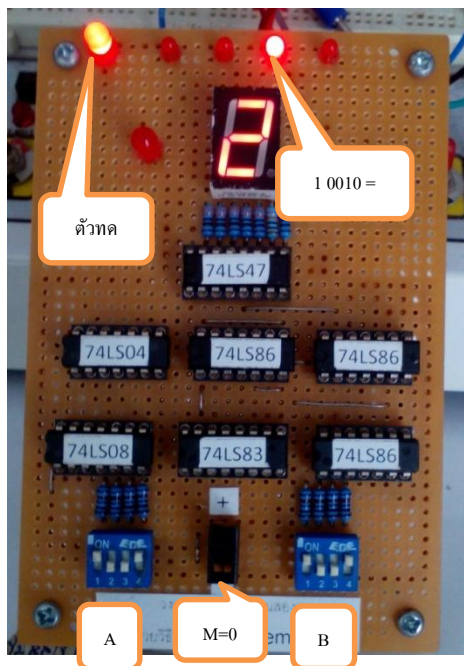
คือ 0010 และแอลอีดีแสดงตัวทศดับแสดงว่าการบวกครั้งนี้ไม่มีตัวทศออก และแอลอีดีแสดงเครื่องหมายดับก็แสดงว่าคำตอบมีค่าเป็นบวก



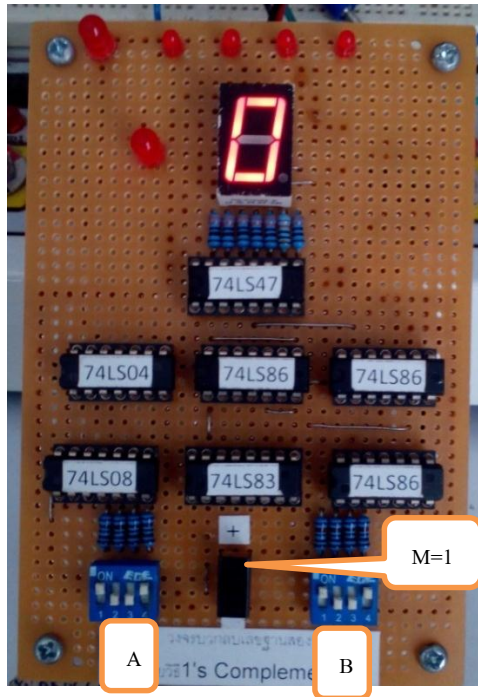
ภาพที่ 14 วงจรบวกเลขให้ A=3, B=6

จากภาพที่ 14 แสดงการบวกเลขฐานสองโดยให้ขา Mode = 0 ให้ตัวตั้ง A=3, ตัวบวก B=6 จะได้คำตอบเป็นเลข 9 ซึ่งจะมีแอลอีดีแสดงเลขฐานสองคือ 1001 และแอลอีดีแสดงตัวทศดับแสดงว่าการบวกครั้งนี้ไม่มีตัวทศออก และแอลอีดีแสดงเครื่องหมายดับก็แสดงว่าคำตอบมีค่าเป็นบวก

จากภาพที่ 15 แสดงการบวกเลขฐานสองโดยให้ขา Mode = 0 ให้ตัวตั้ง A=9, ตัวบวก B=9 จะได้คำตอบเป็นเลข 18 ซึ่งจะมีแอลอีดีแสดงเลขฐานสองคือ 10010 ซึ่งกรณีนี้แอลอีดีแสดงตัวทศจะติดสว่างและทำหน้าที่เป็นบิตที่ 5 ส่วนแอลอีดีแสดงเครื่องหมายดับก็แสดงว่าคำตอบมีค่าเป็นบวก



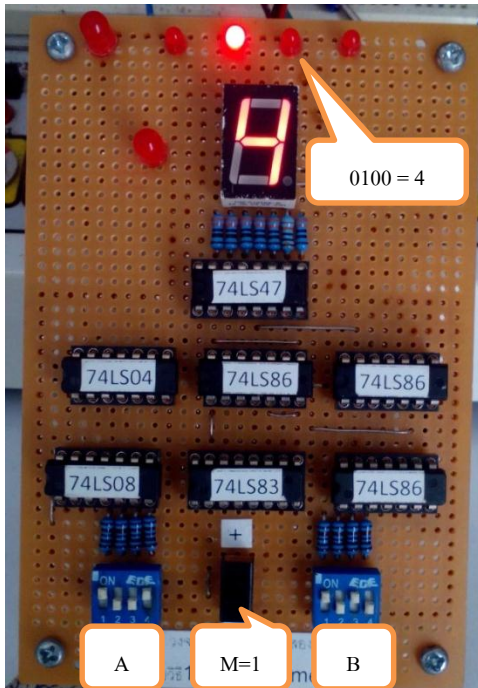
ภาพที่ 15 วงจรบวกเลขให้ A=9, B=9



ภาพที่ 16 วงจรเลขให้ A=9, B=9

จากภาพที่ 16 แสดงการลบเลขฐานสองโดยให้
 ขา Mode = 1 ให้ตัวตั้ง A=9, ตัวลบ B=9 จะได้

คำตอบเป็นเลข 0 ซึ่งจะมีแอลอีดีแสดงเลขฐานสอง
 คือ 0000



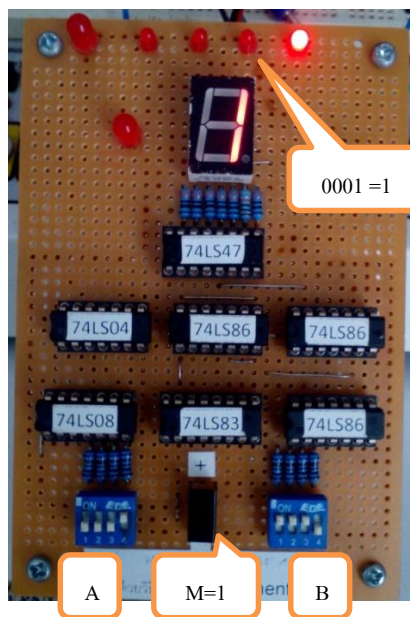
ภาพที่ 17 วงจรเลขให้ A=9, B=5

จากภาพที่ 17 แสดงการลบเลขฐานสองโดยให้
ขา Mode = 1 ให้ตัวตั้ง A=9, ตัวลบ B=5 จะได้
คำตอบเป็นเลข 4 ซึ่งจะมีแอลลีดีแสดงเลขฐานสอง
คือ 0100

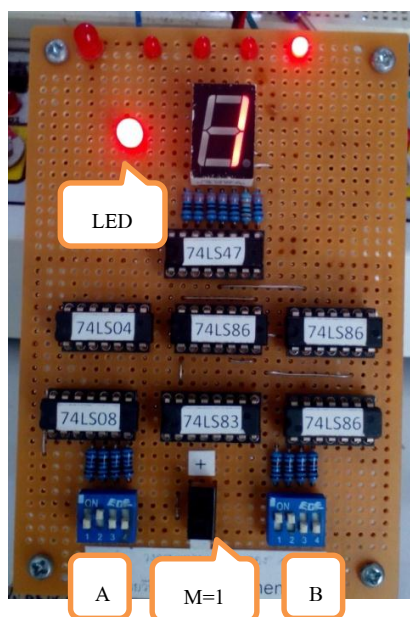
จากภาพที่ 18 แสดงการลบเลขฐานสองโดยให้
ขา Mode = 1 ให้ตัวตั้ง A=8, ตัวลบ B=7 จะได้
คำตอบเป็นเลข 1 ซึ่งจะมีแอลลีดีแสดงเลขฐานสอง

คือ 0001

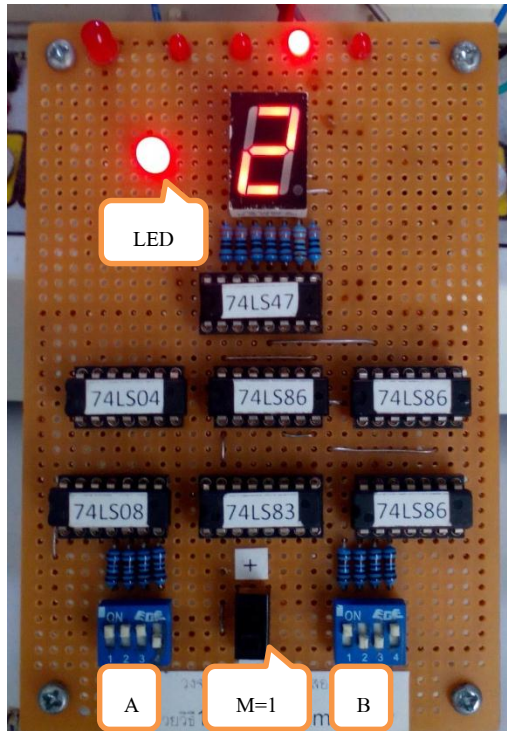
จากภาพที่ 19 แสดงการลบเลขฐานสองโดยให้
ขา Mode = 1 ให้ตัวตั้งมีค่าน้อยกว่าตัวลบคือ
กำหนดตัวตั้ง A=2, ตัวลบ B=3 จะได้คำตอบเป็นเลข
1 ซึ่งจะมีแอลลีดีแสดงเลขฐานสองคือ 0001 ซึ่งกรณี
นี้แอลลีดีแสดงตัวทศจะดับและแอลลีดีแสดง
เครื่องหมายจะติดแสดงว่าคำตอบมีค่าเป็นลบ



ภาพที่ 18 วงจรลบเลขให้ A=8, B=7



ภาพที่ 19 วงจรลบเลขให้ A=2, B=3, LED แสดงเครื่องหมายลบทำงาน



ภาพที่ 20 วงจรเลขให้ A=7, B=9, LED แสดงเครื่องหมายลบทำงาน

จากภาพที่ 20 แสดงการลบเลขฐานสองโดยให้
 ษา Mode = 1 ให้ตัวตั้งมีค่าน้อยกว่าตัวลบคือ
 กำหนดตัวตั้ง A=7, ตัวลบ B=9 จะได้คำตอบเป็นเลข
 2 ซึ่งจะมีแอลลิตีแสดงเลขฐานสองคือ 0010 ซึ่งกรณี
 นี้แอลลิตีแสดงตัวทศจะดับและแอลลิตีแสดง
 เครื่องหมายจะติดแสดงว่าคำตอบมีค่าเป็นลบ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบและทดสอบวงจรพบว่าวงจร
 ทำงานได้ตามที่กำหนดไว้สามารถบวกลบ
 เลขฐานสองขนาด 1 หลักซึ่งเป็นถูกต้องรวมถึงมีการ
 แสดงเครื่องหมายของผลลัพธ์ที่แยกการทำงานได้
 อย่างชัดเจนโดยควบคุมด้วยขา Mode แนวทางการ
 พัฒนางจรก็คือการออกแบบวงจรถอดรหัสเพื่อ
 แสดงผลเป็นตัวเลขต้องออกแบบวงจรแปลง
 เลขฐานสองเป็นรหัส BCD-8421 ขนาด 2 หลัก
 เพื่อให้สามารถแสดงผลได้อย่างเหมาะสม หรือสร้าง
 วงจรนี้โดยการใช้แผ่นปริ้นต์ที่ออกแบบลายวงจรไว้

แล้วจะทำให้วงจรมีความสวยงาม ประหยัดเวลาใน
 การประกอบวงจร ลดการใช้สายต่อวงจรได้มาก

สรุป

การออกแบบวงจรบวก/ลบเลขฐานสองขนาด
 1 หลักโดยใช้เทคนิค 1's complement แบบมี
 เครื่องหมายแสดงผลด้วยตัวเลขได้ใช้พื้นฐานของ
 ลอจิกเกตและการออกแบบวงจรดิจิทัลมาใช้ในการ
 สร้างวงจรนี้หัวใจสำคัญก็คือวงจร Full Adder และ
 Exclusive OR gate และการควบคุมการแสดงผล
 ของเอาต์พุตตัวทศและตัวแสดงเครื่องหมายให้
 อิศระต่อกัน จากการต่อวงจรจริงพบว่าวงจรทำงาน
 ได้อย่างถูกต้องนำไปใช้ประโยชน์เป็นสื่อการเรียน
 การสอนได้ วงจรนี้ใช้ไอซีดิจิทัลแบบ TTL ทั้งหมด
 7 ตัว วงจรใช้ไฟเลี้ยง +5V กินกระแส 116.5 mA
 และบริโภคพลังงาน 0.582 W

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ประจำปี 2558 เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้นักศึกษาได้คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น จนสามารถเป็นบัณฑิตนักปฏิบัติ (Hands-on) ได้อย่างแท้จริงและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาชุมชน สังคมได้อย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

นภัทร วัจนเทพินทร์. (2544). **วงจรถิจริตอล (ลอจิกเชิงลำดับ)**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.

Alan B.Marcovitz. **Introduction to Logic Design**, New York, USA: McGraw-Hil.

ณรงค์ ทองฉิม และ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น. **ออกแบบดิจิตอลสมัยใหม่ด้วย FPGA และ CPLD ภาคปฏิบัติเล่มที่ 1 Schematic.**

ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ที่ว่าการอำเภอร่องขาว จังหวัดแพร่

Electronic Office Systems for Rong Kwang District Office, Phrae Province.

เทวา พรหมนุชานนท์^{1*}

Tewa Promnuchanont^{1*}

¹ หลักสูตร ระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

¹ Faculty of Business Administration and Liberal Arts Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author e-mail: tewa@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการจัดทำระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ที่ว่าการอำเภอร่องขาว จังหวัดแพร่ เพื่อเข้าไปแก้ไขปัญหของระบบเดิม และทำให้การทำงาน มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ลดเวลาและขั้นตอนในการจัดการเอกสาร รับ-ส่งเอกสาร อีกทั้งระบบยังสามารถจองห้องประชุม จองพาหนะ เบิก-ยืม วัสดุอุปกรณ์ รวมไปถึงใช้งานปฏิทินภารกิจ กระดานสนทนา และการออกรายงานต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ที่ว่าการอำเภอร่องขาว จังหวัดแพร่ เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาพีเอชพี (PHP) และฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล(MySQL)เป็นเครื่องมือหลัก ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นแบ่งผู้ใช้งานออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ บุคลากรผู้ใช้งาน และหัวหน้างาน ซึ่งผู้ใช้งานในแต่ละกลุ่มจะมีสิทธิการใช้งานแตกต่างกันไป

จากผลการวิจัย พบว่าระบบสามารถประยุกต์ใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งจากผลวิจัย ระบบสามารถจัดการข้อมูลได้เป็นอย่างดีและสามารถแสดงรายงาน ได้อย่างรวดเร็ว ตอบสนองต่อความต้องการของเจ้าหน้าที่ ทั้งในด้านเวลาและความแม่นยำของข้อมูล สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ มาก ที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.56) และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 ซึ่งอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ถือได้ว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ

คำสำคัญ: ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ระบบที่ว่าการอำเภอ เว็บแอปพลิเคชัน

Abstract

The purposes of this research were to the developed electronic office systems for district Office Rong Kwang district, Phrae Province. For develop the former system more effective and reduce time to work faster, more space to store the document and also prevent the loss of documents.

The Electronic Office System was developed by PHP Language and MySQL Database, System developed divide into 3 user group including system administrator, officer and supervisors.

The results of this research were as follows According to electronic office systems for district Office Rong Kwang district, Phrae Province found to have applied the system to meet the objectives set by the test results. The system can manage perfectly and can display reports quickly and easily responding to the needs of staff in terms of time and accuracy of information. Can be used effectively, it was found that the samples were generally satisfied with the system in the highest level.

Keywords: e-office system, district office system, web application

บทนำ

ในภาวะปัจจุบันจากการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีสารสนเทศ ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงมากมายในหน่วยงานทั้งรัฐบาลและเอกชน การประยุกต์

ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้ถูกนำมาใช้งานในหน่วยงานราชการเพื่อช่วยให้การทำงานภายในหน่วยงานราชการคล่องตัวและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ตลอดจนช่วยในการตอบสนองความต้องการข้อมูลข่าวสารของประชาชนได้อย่างรวดเร็ว การนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้งานกับหน่วยงานราชการ สามารถนำมาใช้ได้หลายรูปแบบ อาทิ เช่น การสร้างฐานข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลต่างๆ แทนที่วิธีการแบบเดิมคือ เก็บข้อมูลที่จัดเก็บเป็นแฟ้มเอกสาร การติดต่อสื่อสารผ่านระบบออนไลน์ โดยใช้ระบบอินเทอร์เน็ตเข้ามาช่วย เพื่อลดข้อจำกัดในด้านระยะทางและเวลา ทำให้การเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ทำได้รวดเร็วขึ้น

ที่ว่า การอำเภอร่องกวาง ตั้งอยู่ ตำบลร่องกวาง หมู่ที่ 1 ต.ร่องกวาง จังหวัดแพร่ เป็นองค์กรของรัฐ และเป็นศูนย์กลางในการติดต่อสื่อสารกับประชาชน โดยในแต่ละวันต้องมีการจัดการกับเอกสารที่มีจำนวนมาก ซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและใช้ระยะเวลาดูแลนานในการจัดการ

เอกสารเพราะต้องผ่านขั้นตอน กระบวนการทางราชการเป็นลำดับขั้น ตามสายงาน ทำให้งานที่เกี่ยวข้องกับเอกสารเหล่านั้น ล่าช้าตามไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานขององค์กร ในภาพรวมลดลง

ผู้วิจัยศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับระบบงานด้านต่างๆ ของหน่วยงาน จึงทำให้พบว่าทางสำนักงานที่ว่า การอำเภอร่องกวาง มีปัญหาในการติดต่อสื่อสารระหว่างบุคลากร เนื่องจากในบางครั้งบุคลากรหลายคนต้องทำงานนอกพื้นที่ ทำให้การติดต่อสื่อสารหรือการรับแจ้งข้อมูลข่าวสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงาน ทำได้ยากลำบาก ต้องรอนจนกว่า

ผู้รับผิดชอบจะกลับมาที่สำนักงาน จึงจะดำเนินงานต่อไปได้

ในการจัดเก็บเอกสารมีปัญหาเป็นอย่างมาก เนื่องจากเอกสารเป็นกระดาษมีการย่อยสลายเสื่อมสภาพตามกาลเวลา ทำให้เก็บรักษาลำบาก นอกจากนี้ยังต้องมีระยะเวลาเก็บรักษาและทำลายให้เป็นไปตามนโยบายและกฎระเบียบขององค์กรด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่า การเก็บเอกสารที่เป็นกระดาษนั้นทำให้สิ้นเปลืองกระดาษและพื้นที่ในการเก็บรักษาเป็นจำนวนมาก

จากปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงาน ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ที่ว่าการอำเภอร่องกวาง จังหวัดแพร่ บนเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้มีระบบสารสนเทศ ที่ช่วยจัดการข้อมูลในสำนักงาน ซึ่งจะช่วยแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการจัดการงานเอกสาร การจัดการข้อมูลต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ระบบยังมีความสามารถทำงานด้านต่างๆ ในสำนักงาน เช่น การยืม-คืนพาหนะ การจัดการจองห้องประชุม การจัดการเบิกจ่ายวัสดุอุปกรณ์ การจัดการปฏิทินกิจกรรมต่างๆ เว็บไซต์บริการประชาชน และการจัดการดาวน์โหลดไฟล์เอกสาร เป็นต้น

วัตถุประสงค์

1. พัฒนาระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ที่ว่าการอำเภอร่องกวาง จังหวัดแพร่ บนเว็บแอปพลิเคชัน
2. สืบค้นความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์

แนวคิด ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. การประมวลผลข้อมูล (Data Processing)

เนื่องจากระบบสารสนเทศเป็นระบบประมวลผลข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงองค์ประกอบของระบบประมวลผลข้อมูล

จากรูปพบว่าองค์ประกอบของการประมวลผลที่สำคัญนั้นประกอบด้วย

- **ข้อมูล (Data)** หมายถึง ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น โดยข้อมูลนี้เพียงแต่ทำให้ผู้อ่านรับทราบถึงสถานะของสิ่งที่ตนสนใจอยู่เท่านั้น แต่อาจจะมีประโยชน์หรือไม่มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานก็ได้

- **การประมวลผล (Processing)** เป็นการเปลี่ยนสภาพข้อมูลเข้า ให้กลายเป็นสารสนเทศ ซึ่งการประมวลผลนี้อาจกล่าวได้ว่า เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับข้อมูล

- **สารสนเทศ (Information)** แปลว่า ข่าวสาร หมายถึง ผลที่ได้จากการประมวล คือ ข้อเท็จจริงที่ได้ทำการประมวลแล้วสามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ สารสนเทศมีความแตกต่างกับข้อมูล ตรงที่ว่าสารสนเทศนั้น เป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้เพื่อสร้างประโยชน์ต่อผู้ได้รับ

2. วิธีพัฒนาระบบแบบรวดเร็ว (rapid application development - RAD)

กิตติ ภัคดีวิฒนะกุล.(2546). แนวคิดของวิธีพัฒนาระบบแบบรวดเร็ว เริ่มในช่วงปลายทศวรรษ 1980 และต้น 1990 แนวคิดนี้ยังคงใช้หลักการของวงจรพัฒนาระบบ โดยการนำมาจัดทำเป็นระบบใหม่ ลดขั้นตอนบางอย่างลง ทำให้พัฒนาระบบได้เร็ว ลดงบประมาณ เกี่ยวกับบุคลากร เวลา ทรัพยากรต่าง ๆ มีโปรแกรมช่วยพัฒนาระบบที่สามารถเรียนรู้ได้เร็วใช้งานง่าย ขณะเดียวกัน การกำหนดความต้องการของระบบและความคาดหวังที่จะได้รับของระบบสามารถเข้าใจได้ง่าย สนับสนุนการเข้ามามีส่วนร่วมของผู้ใช้ให้มากที่สุด การใช้วิธีพัฒนาระบบ

แบบรวดเร็วต้องคำนึงถึงเครื่องมือ คน วิธีการ และการบริหารจัดการองค์การสมัยใหม่ มักใช้วิธี

การพัฒนาระบบที่ใช้ระยะเวลาสั้น และมีลักษณะที่ไม่เป็นทางการมากนัก โดยนำวิธีการต่าง ๆ มาปรับใช้ตามความเหมาะสม ซึ่งแต่ละวิธีก็มีทั้งข้อดีและข้อด้อย วิธีการพัฒนาระบบแบบรวดเร็วสามารถลดขั้นตอนของวงจรพัฒนาระบบ เหลือเพียง 4 ขั้นตอนคือ

1. การวางแผนกำหนดความต้องการ (requirement planning)
 2. การออกแบบโดยผู้ใช้ (user design)
 3. การสร้างระบบ (construction)
 4. การเปลี่ยนระบบ (cutover)
- (กิตติ ภัคดีวิฒนะกุล, 2546)

3. สำนักงานอัตโนมัติ (Office Automation)

สำนักงานอัตโนมัติ เป็นการประยุกต์ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์สำนักงานต่างๆ ให้ดำเนินการไปโดยอัตโนมัติโดยที่หลีกเลี่ยงการปฏิบัติด้วยมือ (Manual) ให้มากที่สุด ดังนั้นจึงเรียกได้ว่าสำนักงานอัตโนมัติ เป็นกระบวนการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในงานสำนักงาน โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ คือการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดระยะเวลาในการทำงาน และประหยัดค่าใช้จ่าย ดังนั้นสำนักงานอัตโนมัติ จึงเป็นระบบที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลข่าวสารไม่ว่าข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น ตัวหนังสือ ตัวเลข รูปภาพ เสียง หรือวิดีโอ เป็นต้น ทำให้สามารถจัดเก็บ และเรียกใช้งานได้อย่างสะดวกรวดเร็ว (ธวัช รัตนมนตรี,2552)

4. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปวีศร แสงเพชร (2555) ได้ทำการศึกษาเรื่อง "การประเมินผลการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ของ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่" โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อประเมินผลการใช้งานระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ใน คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับประสิทธิผลของการนำระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ มาใช้ใน คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคของการใช้งานระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ใน คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

4. เพื่อศึกษาแนวทางแก้ไขของการใช้งานระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ใน คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จากผลการศึกษาพบว่า การใช้งานระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ใน คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ด้านการติดต่อสื่อสารในองค์กร และด้านการปฏิบัติงานของบุคลากรในหน่วยงานต่างๆ มีประสิทธิผลการใช้งานอยู่ในระดับสูง ปัจจัยด้านบุคลากรมี ความสัมพันธ์ต่อความสำเร็จของการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ แต่ปัจจัยด้าน ระบบเครือข่าย ด้านโปรแกรม ด้านอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ไม่มีความ

สัมพันธ์ต่อความสำเร็จ ของการใช้งานระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ใน คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิธีการวิจัย และเครื่องมือในการวิจัย

1. วิธีการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ที่ว่าการอำเภอวังทอง จังหวัดแพร่

ใช้วิธีการพัฒนาระบบแบบรวดเร็ว โดยมีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

- 1.1 ศึกษาและกำหนดความต้องการ
- 1.2 วิเคราะห์และออกแบบระบบ
- 1.3 พัฒนาและทดสอบโปรแกรมต้นแบบ
- 1.4 ติดตั้งและใช้งานระบบใหม่

2. เครื่องมือในการวิจัย

การพัฒนาระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ที่ว่าการอำเภอวังทอง จังหวัดแพร่ สามารถเข้าใช้งานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังนั้นในการพัฒนาระบบจะต้องอาศัยเทคโนโลยีด้านเว็บแอปพลิเคชัน ในการพัฒนา โดยเครื่องมือพื้นฐานที่ในการพัฒนาระบบประกอบด้วย

- โปรแกรมภาษาในการพัฒนา PHP
- โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ Apache
- ฐานข้อมูล MySQL
- โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล PhpMyAdmin
- โปรแกรมที่ใช้ในเขียนโปรแกรม Adobe

Dreamweaver

3. การวิเคราะห์ระบบงานเดิม

ระบบงานเดิมของที่ว่าการอำเภอวังทอง จังหวัดแพร่ ใช้เจ้าหน้าที่ในการจัดการกับหนังสือราชการและเอกสารต่างๆซึ่งต้องผ่านกระบวนการทางราชการเป็นลำดับขั้น มีขั้นตอนที่ซับซ้อนเอกสารทุกฉบับจะต้องผ่านการพิมพ์ออกเป็นกระดาษ ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณในด้านวัสดุ

ถ้ามีเอกสารหรือข้อมูลที่จะต้องแจ้งให้กับบุคลากรทราบ เจ้าหน้าที่จะต้องพิมพ์เอกสารเหล่านี้แล้วนำไปให้ผู้ที่มีรายชื่อลงนามในหนังสือลงลายมือชื่อให้ครบทุกคน เป็นสาเหตุทำให้การจัดการกับเอกสารล่าช้า เนื่องด้วยในบางครั้ง บุคลากรหลายคนต้องอยู่ประจำการนอกพื้นที่ ทำให้การติดต่อสื่อสารหรือการรับแจ้ง ข้อมูลข่าวสาร ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานนั้นๆ ต้องรอจนกว่าบุคลากรที่รับผิดชอบจะ

กลับมาลงนาม จึงจะเสร็จสิ้นกระบวนการทางเอกสาร

การจัดเก็บเอกสารต่างๆ มีปัญหา มาก อันเกิดจากเอกสารเป็นกระดาษมีการย่อยสลายเสื่อมสภาพตามการเวลา หรือสูญหายได้ และการจัดการข้อมูล

ต่างๆ ใช้วิธีการจัดบันทึกด้วยลายมือ ลงในสมุด ซึ่งอาจเกิดข้อผิดพลาดของข้อมูลได้ง่าย

วิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนภูมิแกงปลาในการแสดงปัญหาที่พบในระบบงาน

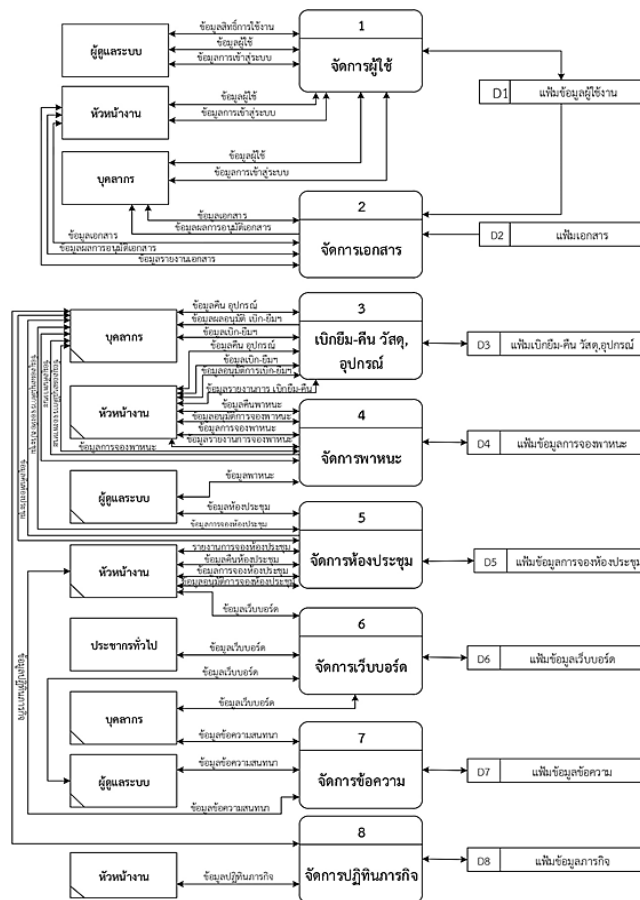


ภาพที่ 2 แผนภูมิแกงปลาแสดงปัญหาและสาเหตุในระบบเดิม

3. การออกแบบระบบงานใหม่

ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Office) ที่ว่าการอำเภอร่องกวาง จังหวัดแพร่ ได้นำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศ เข้ามาช่วยในการจัดการเอกสาร ข้อมูลต่างๆ ผ่านระบบออนไลน์ โดยบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับงาน ไม่จำเป็นต้องมาที่สำนักงาน ลดข้อจำกัดในด้านระยะทางและเวลาในการเข้าถึงข้อมูล ทำให้บุคลากรได้รับรู้ข่าวสารได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึง

นอกจากนั้น ระบบยังมีความสามารถในการจองยานพาหนะ จองห้องประชุมและยืม-คืน วัสดุอุปกรณ์สำนักงาน และสามารถใช้งานกระดานสนทนาเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับประชาชนในการติดต่อสื่อสาร สอบถามปัญหาข้อสงสัย ร้องเรียนปัญหาต่างๆ กับทางที่ว่าการอำเภอร่องกวาง ได้อีกด้วย โดยการออกแบบระบบงานใหม่ แสดงดังภาพที่



ภาพที่ 3 แผนภาพกระแสข้อมูล ระดับที่ 0

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการ พัฒนาระบบสำนักงาน อิเล็กทรอนิกส์ ที่ว่าการอำเภอร่องขาว จังหวัดแพร่ ซึ่งได้วิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยสอบถามจาก ความต้องการของผู้ใช้งานระบบโดยตรง ทำให้ได้ ระบบที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ เพื่อมาช่วย จัดการกับข้อมูล เอกสารราชการ รวมไปถึงในการ ทำงานด้านต่างๆ ของบุคลากรในสำนักงาน ทำให้ การทำงานในองค์กรมีความคล่องตัวและ ประสิทธิภาพมากขึ้น

จากการสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง ผู้ใช้งานซึ่งกำหนดจากบุคลากรประจำที่ว่าการ อำเภอร่องขาว จำนวน 16 คน โดยแบ่งกลุ่ม ผู้ใช้งานระบบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ผู้ดูแลระบบ

จำนวน 1 คน หัวหน้างานจำนวน 5 คน และ บุคลากรจำนวน 10 คน

หลังจากการทดสอบใช้งานระบบผลการ ประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับ พึงพอใจมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.56) โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51 ซึ่งอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ถือได้ว่าข้อมูลมีความ น่าเชื่อถือ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการดำเนินงานข้างต้น พบว่าระบบ สามารถนำไปใช้งานได้จริง และ สามารถแก้ไขปัญหา ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากระบบงานเดิม โดยมีความสามารถพื้นฐาน สามารถจัดการข้อมูลเอกสาร จัดการการจองห้องประชุม จัดการข้อมูลยานพาหนะ จัดการการยืม-คืน วัสดุอุปกรณ์ จัดการข้อมูลปฏิทิน

ภารกิจ การจัดการข้อมูลบุคลากร แสดงรายงาน
ต่างๆ และ ใช้งานเว็บบอร์ด ซึ่งเป็นไปตาม
วัตถุประสงค์และขอบเขตของระบบ

ในการแก้ไขปัญหาเรื่องของการจัดการกับ
เอกสารต่างๆ ระบบจะมีการจัดการเอกสารโดย

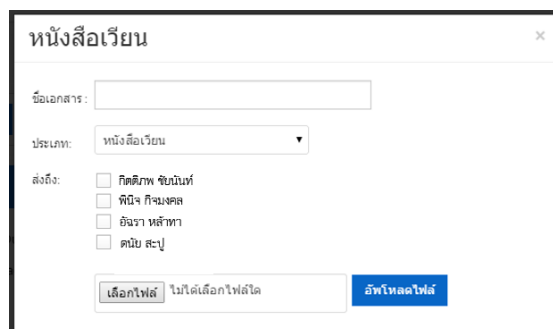
จัดเก็บเอกสารในรูปแบบไฟล์ของคอมพิวเตอร์ ทำ
ให้ช่วยลดปริมาณการใช้กระดาษ ค้นหาเอกสารได้
ง่าย สะดวกรวดเร็ว และ ป้องกันการสูญหายของ
เอกสารโดยหน้าจอจัดการเอกสาร แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอในการจัดการเอกสาร

ในการจัดการเอกสารราชการที่อยู่ในรูปแบบ
หนังสือเวียน ระบบสามารถจัดการส่งหนังสือเวียนได้
โดยสามารถ กำหนดผู้รับ ที่จะส่งถึงบุคลากรท่าน
ใดบ้าง และสามารถส่งต่อ ได้ตามลำดับของสายงาน

ทำให้การส่งหนังสือเวียนสามารถส่งอย่างรวดเร็วและ
แก้ปัญหาในเรื่องของระยะทางและสถานที่ เนื่องจาก
สามารถส่งผ่านระบบออนไลน์ได้ทันที หน้าจอของ
การส่งหนังสือเวียน แสดงดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอการส่งหนังสือเวียน

นอกจากนั้นระบบยังช่วยอำนวยความสะดวก
สะดวกในการทำงานด้านต่างๆ เช่น ระบบจองห้อง
ประชุม บุคลากรในสำนักงาน สามารถใช้ระบบใน
การจองห้องประชุม ผ่านระบบออนไลน์ได้ โดย

สามารถดูตารางการใช้งาน และเลือกจองห้องประชุม
ที่ว่าง ซึ่งจะอนุมัติการจองโดยหัวหน้างาน แสดงดัง
ภาพที่ 6

สถานะ	ชนิดเอกสาร	วันเวลาต้น	วันเวลาจบ	วันที่การประมวลผลเอกสาร
❌	พ.ศ. 2	12 กุมภาพันธ์ 2558 เวลา 09:30	12 กุมภาพันธ์ 2558 เวลา 10:30	รอดำเนินการ - 12 กุมภาพันธ์ 2558 เวลา 18:15 โดย: ศ.ดร.สุญญ.
❌	พ.ศ. 1	12 กุมภาพันธ์ 2558 เวลา 09:30	12 กุมภาพันธ์ 2558 เวลา 10:30	รอดำเนินการ - 12 กุมภาพันธ์ 2558 เวลา 18:07 โดย: ศ.ดร.สุญญ.

ภาพที่ 6 แสดงหน้าจอการจ้องห้องประชุม

ในส่วนอื่นๆของระบบ ก็สามารถทำงานได้เป็นอย่างดี ทำให้ช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น จากการทำงาน ในระบบเดิม อีกทั้งยังช่วยเสริมประสิทธิภาพการทำงานในภาพรวมของหน่วยงานให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปวริศร แสงเพชร(2555) เรื่อง "การประเมินผลการใช้ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่" ซึ่งผลการศึกษาพบว่าผลการใช้งานระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ของคณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัย-

เชียงใหม่ ด้านการติดต่อสื่อสารองค์การและด้านการปฏิบัติงานของบุคลากรในหน่วยงานต่างๆ มีประสิทธิภาพการใช้งานอยู่ในระดับสูง เช่นเดียวกับแนวคิดของ ธวัช รัตนมนตรี (2552) ที่สรุปเกี่ยวกับสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่า สำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดการเพิ่มความรู้ให้แก่พนักงาน และใช้ประโยชน์สำหรับการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ การกระจายสารสนเทศไปยังกลุ่มเป้าหมายต่างๆ อำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสารทางเสียงและข้อความ และลดข้อจำกัดการติดต่อสื่อสารทั้งเรื่องสถานที่และเวลา รวมทั้งช่วยลดค่าใช้จ่ายการดำเนินการ เพิ่มผลิตผลในการปฏิบัติงานของพนักงานและเพิ่มความรับผิดชอบขององค์กรต่อลูกค้า

สรุปผลการวิจัย

บทสรุป

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการพัฒนาระบบเพื่อใช้งานผ่านเว็บแอปพลิเคชันและสามารถที่จะรองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น แท็บเล็ต หรือโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยที่ระบบนี้จะเข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาในการจัดการเอกสาร การติดต่อสื่อสารและการทำงานในส่วนงานต่างๆ ในสำนักงาน ที่ว่าการอำเภอวังทอง จังหวัดแพร่ ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพและสะดวกรวดเร็วมากขึ้น

ข้อจำกัดของระบบ

1. ระบบยังรองรับการทำงาน ไม่ครอบคลุมครบทุกส่วนงาน ของสำนักงาน
2. ในการจัดการเอกสารบางอย่าง ที่ต้องอาศัยการเซ็นลายมือชื่อ ของผู้เกี่ยวข้อง ในขณะที่ ระบบยังไม่สามารถรองรับการทำงานในส่วนนี้
3. การใช้งานของประชาชนทั่วไป ยังมีส่วนร่วมในการใช้งานระบบ ค่อนข้างน้อย คือ ใช้งานได้เพียงในส่วนของเว็บบอร์ด

ข้อเสนอแนะ ในการพัฒนา

1. ควรพัฒนาเพิ่มเติมให้ระบบรองรับในส่วนงานต่างๆ ที่ยังไม่ครอบคลุม
2. ควรมีการนำเอาเทคโนโลยีลายมือชื่อ-อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Signature) เข้ามาใช้

งานใน เอกสารที่ต้องมีการอนุมัติด้วยการลงลายมือชื่อ

3. พัฒนาระบบในส่วนของการใช้งาน การเข้าถึงข้อมูลต่างๆของประชาชนทั่วไป เพื่อให้ประชาชนทั่วไปได้มีประโยชน์จากการใช้งานระบบมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจาก ผู้เกี่ยวข้องหลายๆ ท่าน

ขอขอบคุณ นายदनัย สะปุ และ นางสาว อัจฉรา หล้าทา นักศึกษาหลักสูตรระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ที่ได้ร่วมกันพัฒนาระบบ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอดจนงานวิจัย เสร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ ฝ่ายวิจัยและพัฒนา คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ล้านนา ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกตลอดเวลาที่ทำการวิจัย และนักศึกษาทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และ บุคลากรทุกท่าน ที่ประจำอยู่ ที่ว่าการอำเภอร่องวาง จังหวัดแพร่ ที่ให้ความไว้วางใจในการออกแบบระบบ และให้ความร่วมมือ ช่วยเหลือในการทำวิจัยโดยตลอดจนเสร็จสิ้นโครงการ

เอกสารอ้างอิง

กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล. (2546). **คัมภีร์ระบบสนับสนุน**

การตัดสินใจและระบบผู้เชี่ยวชาญ. กรุงเทพฯ: บริษัท เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด.

ธวัช รัตนมนตรี(2552). **e-office รูปแบบการดำเนินการเพื่อลดขั้นตอนการปฏิบัติงาน.**

สืบค้นจาก [http://home.kku.ac.](http://home.kku.ac.th/thawat/E-office.pdf)

[th/thawat/E-office.pdf](http://home.kku.ac.th/thawat/E-office.pdf)

ปวีศร แสงเพชร(2555). **การประเมินผลการใช้ระบบ**

สำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ ของคณะสังคมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท.

สาขารัฐประศาสนศาสตร์คณะสังคมศาสตร์.

มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2555). **การวิเคราะห์และ**

ออกแบบระบบ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

สำนักงานอัตโนมัติ. สืบค้นจาก [http://www.wbi.](http://www.wbi.msu.ac.th/file/722/doc_16.pdf)

[msu.ac.th/file/722/doc_16.pdf](http://www.wbi.msu.ac.th/file/722/doc_16.pdf)

การพัฒนาาระบบสารสนเทศธุรกิจวัสดุการเกษตร
สำหรับสหกรณ์การเกษตรสันป่าตอง จำกัด
Development of Agricultural Business Information System
for San Patong Agricultural Cooperative Ltd.

เทวา พรหมนุชานนท์*
Tewa Promnuchanont*

¹หลักสูตร ระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

¹ Faculty of Business Administration and Liberal Arts Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author e-mail: tewa@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

การจัดทำโครงการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศธุรกิจการเกษตร สำหรับสหกรณ์การเกษตร อำเภอสันป่าตอง ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพการทำงาน ลดความล่าช้าที่เกิดจากการเก็บข้อมูลและลดความผิดพลาดจากการเก็บข้อมูลจำนวนมากของหน่วยงาน

โดยระบบที่พัฒนาขึ้นมานั้นเป็นลักษณะของโปรแกรมประยุกต์บนเว็บไซต์ ซึ่งพัฒนาขึ้น โดยใช้ภาษาพีเอชพี (PHP) ภาษาเอชทีเอ็มแอล(HTML) และ ภาษาซีเอส(CSS) เป็นภาษาคอมพิวเตอร์หลักในการพัฒนา และใช้ฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล(MySQL)เป็นฐานข้อมูล ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นแบ่งผู้ใช้ออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ หัวหน้าแผนก พนักงานการเงิน พนักงานฝ่ายจัดซื้อ พนักงานขายและสมาชิกโดยจะมีขอบเขตการใช้งานที่แตกต่างกันไป ระบบที่ได้สามารถเก็บข้อมูลสมาชิก ข้อมูลสินค้า อีกทั้งข้อมูลการซื้อ-ขาย คลังสินค้า การคำนวณเงินปันผล จัดการข้อมูลเงินกู้และการออกใบเสร็จ อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งาน ทำให้การทำงานในหน่วยงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากการศึกษาและพัฒนาระบบสารสนเทศธุรกิจวัสดุการเกษตร สำหรับสหกรณ์การเกษตรสันป่าตอง เพื่อใช้กับแผนกวัสดุทางการเกษตร พบว่าระบบสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ คือช่วยแก้ปัญหาในการจัดเก็บเอกสารข้อมูลต่างๆ ให้สามารถเข้าถึงและจัดการข้อมูลได้สะดวก ง่ายตายขึ้น และในส่วนงานต่างๆของสหกรณ์ ระบบสามารถช่วยในการประมวลผลข้อมูลต่างๆได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ทำให้การทำงานในองค์กรมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยมีผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้ในระดับ พึงพอใจมาก

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ สหกรณ์การเกษตร เว็บแอปพลิเคชัน

Abstract

The project is aimed to develop Agricultural Materials Business Information System for San Pa Tong Agricultural cooperative Ltd. This system will help reduce delays caused by data collection. Moreover, it also help decrease possibility of errors caused by storing large amount information of Agricultural Materials Department.

The system was developed on web application Technology. The developed system is divided into 6 levels: System Administrator, Chief Financial Officer, Purchasing Officer, Sale Officer and members of the cooperative. Each type of the users will operate the system in a varied range of application. The system can store information of the members, purchasing and selling products information, loans and dividend calculation and

making out receipts. With these capabilities, the system helps facilitate all users and enhance the performance of the organization.

According to the study and the development of Agricultural Business Management System in order to operate within Agricultural Materials Department, it is found that the system can be adapted to meet the objectives set, to help document management and store solutions. To access and manage information more easily. And the parts of work, the system can process information quickly and accurately. Make it work in the organization more effective. The result of the survey shows that users are satisfied with the developed system at a high level.

Keywords: information system, agricultural business, web application

บทนำ

งานธุรกิจวัสดุการเกษตรของสหกรณ์การเกษตรสันป่าตอง จำกัด ประกอบไปด้วยส่วนงานหลายส่วน เช่น ร้านสหกรณ์การเกษตรซึ่งจะมีการซื้อขาย วัสดุการเกษตรต่างๆ ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ การจัดการหุ้นสหกรณ์และการปันผลให้กับสมาชิกในแต่ละปี การจัดการสินเชื่อให้สมาชิกของสหกรณ์ในการกู้ยืม การจัดการเกี่ยวกับข้อมูลสมาชิก เป็นต้น

จากการวิเคราะห์ปัญหา พบว่าภายในหน่วยงานมีปัญหาในการจัดการกับเอกสารต่างๆ ซึ่งการจัดเก็บเอกสารที่เป็นรูปแบบกระดาษ เมื่อเวลาผ่านไปเอกสารจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามปริมาณการใช้งาน ส่งผลให้เกิดปัญหาการจัดการเอกสารตามมาทั้งในด้านการจัดเก็บ และการค้นหา ซึ่งสาเหตุเกิดมาจาก เอกสารมีการเคลื่อนย้ายและไม่จัดเก็บไว้ตามเดิม ทำให้เอกสารสูญหาย ขาดการจัดหมวดหมู่เอกสาร ทำให้ต้องใช้เวลานานในการค้นหาเอกสารที่มีจำนวนมาก

นอกเหนือจากปัญหาในการจัดเก็บข้อมูลแล้วยังมีปัญหาในการประมวลผลข้อมูล ในงานด้านต่างๆ ซึ่งการจัดเก็บข้อมูลแบบเดิม คือ บันทึกลงในสมุด ทำให้ในการประมวลผลข้อมูลทำได้ยาก และใช้เวลานาน

จากปัญหาที่เกิดขึ้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีสารสนเทศ เข้ามาช่วยในการจัดการกับข้อมูลของสหกรณ์ โดยการสร้างระบบ เข้ามาช่วยใน

การจัดเก็บข้อมูลและประมวลผลข้อมูลต่างๆของธุรกิจวัสดุการเกษตร ให้ออกมาในรูปแบบที่ง่ายต่อการใช้งาน ง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูล ซึ่งช่วยให้การจัดเก็บนั้นเกิดความสะดวกรวดเร็ว มีความแม่นยำ มีการจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ถูกต้องทำให้ข้อมูลไม่สูญหายและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานขององค์กรในส่วนงานต่างๆของหน่วยงาน ให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. พัฒนาระบบสารสนเทศธุรกิจวัสดุการเกษตร เพื่อบริหารจัดการข้อมูลของสหกรณ์การเกษตรสันป่าตอง จำกัด
2. พัฒนาระบบสารสนเทศธุรกิจวัสดุการเกษตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของบุคลากรในของสหกรณ์การเกษตรสันป่าตอง จำกัด

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบสารสนเทศทางธุรกิจ

ระบบสารสนเทศทางธุรกิจ เป็นระบบสารสนเทศที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนให้การค้าดำเนินงานของธุรกิจให้ดำเนินการอย่างเป็นระบบ โดยถูกออกแบบและพัฒนาให้ปฏิบัติงานตามหน้าที่ทางธุรกิจ ตลอดจนช่วยส่งเสริมให้ทั้งองค์การสามารถประสานงานและใช้ข้อมูลร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับปฏิบัติงานและระดับบริหาร

โดยเราสามารถจำแนกระบบสารสนเทศตามหน้าที่ทางธุรกิจ บทบาทสำคัญต่อองค์กรหรือภาคธุรกิจทั่วไป พัฒนาการของเทคโนโลยีสารสนเทศสร้างความท้าทายต่อผู้บริหารในการบริหารงานทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยเฉพาะการ บูรณาการระหว่างเทคโนโลยีกับการดำเนินธุรกิจ โดยผู้บริหาร ต้องคำนึงถึงความสอดคล้องระหว่างการดำเนินธุรกิจ เทคโนโลยี และการตัดสินใจที่ต้องกระทำอย่างสอดคล้องกัน ผู้บริหารต้อง สามารถ จัดการกับเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. กำหนดกลยุทธ์องค์กรที่ให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีสารสนเทศ
2. กำหนดแผนงานสารสนเทศระดับองค์กร และการดำเนินงาน กำหนดโครงการสร้างหน่วยงานสารสนเทศ
3. พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านสารสนเทศขององค์กร เช่น อุปกรณ์ ชุดคำสั่ง ระบบสื่อสาร และจัดการข้อมูล ระบบสำนักงานอัตโนมัติ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกำหนดศักยภาพและความ ยืดหยุ่นในการปรับ แต่งของงาน สารสนเทศ ในองค์กร
4. กำหนดรายละเอียดการดำเนินงานภายในองค์กร พร้อมทั้งพัฒนาทรัพยากรบุคคลให้มีความพร้อมต่อการ ประยุกต์ เทคโนโลยี สารสนเทศ ให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุดแก่องค์กร (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์ , 2554)

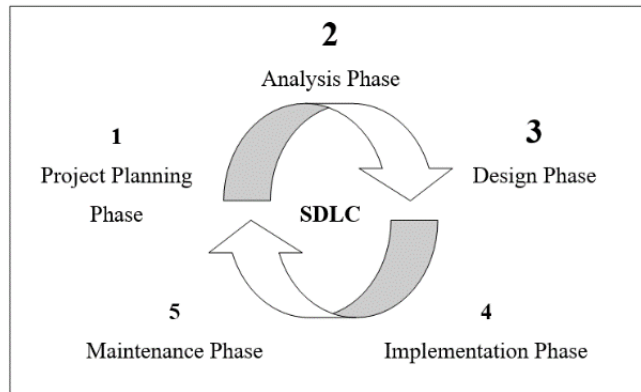
วงจรการพัฒนาาระบบ

การพัฒนาาระบบสารสนเทศเป็นกระบวนการในการสร้างระบบสารสนเทศขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับแก้ปัญหาหรือสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับธุรกิจและด้วยระบบสารสนเทศในยุคปัจจุบันนับวันจะทวีความ

ซับซ้อนยิ่งขึ้นและมีขนาดใหญ่ ดังนั้น โครงการพัฒนาระบบสารสนเทศจึงจำเป็นต้องได้รับการวางแผนที่ดีและหากเป็นโครงการขนาดใหญ่ยิ่งสมควรได้รับการเอาใจใส่เป็นพิเศษถึงแม้ว่าทีมงานจะเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ก็ตาม

ปกติแล้วคำว่า “วงจรชีวิต (Life Cycle)” มักจะใช้กับสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกไม่ว่าจะเป็นวงจรชีวิตของมนุษย์ สัตว์ หรือพืชซึ่งมีความข้องเกี่ยวกับการเกิด การดำเนินชีวิต และการตายตัวอย่างเช่น มนุษย์ทุกคนจะมีวงจรชีวิตที่เริ่มต้นจากวัยทารก วัยเด็ก วัยผู้ใหญ่ จนกระทั่งถึงวัยปลดเกษียณและท้ายสุดก็ตายจากโลกนี้ไป จากนั้นก็จะมีผู้คนเกิดใหม่ทดแทนคนที่สูญหายไปซึ่งจัดเป็นวงจรชีวิตของมนุษย์โดยปกติ

ในการทำงานเดียวกันเมื่อนำวงจรชีวิตนี้มาใช้กับซอฟต์แวร์ ซึ่งริเริ่มจากการวางแผนเพื่อวิเคราะห์ถึงปัญหาของระบบงานเดิม จากนั้นจึงดำเนินการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในแง่มุมต่างๆ จนกระทั่งได้มีการริเริ่มนำซอฟต์แวร์มาใช้งานและเมื่อมีการนำซอฟต์แวร์มาใช้งานไปตามกาลเวลาสิ่งแวดล้อมต่างๆ รวมถึงเทคโนโลยีก็อาจเปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัยซอฟต์แวร์ดังกล่าวก็อาจไม่สามารถตอบสนองการใช้งานที่ดีที่สุดได้อีกต่อไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการ ปลดระวางซอฟต์แวร์เหล่านั้นออกไปเมื่อถึงเวลา และดำเนินการวางแผนเพื่อเริ่มต้นศึกษาถึงปัญหาใหม่ ด้วยการพัฒนาระบบใหม่หรือ นำซอฟต์แวร์ใหม่ที่เหมาะสมมาใช้แทน และด้วยเหตุดังกล่าวซอฟต์แวร์จึงมีลักษณะเป็นวงจรชีวิตเช่นเดียวกันที่เรียกว่า “วงจรการพัฒนาาระบบ (System Development Life Cycle)” หรือมักเรียกสั้น ๆ ว่า “SDLC” ดังแสดงไว้ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงวงจรการพัฒนาซอฟต์แวร์ (SDLC)

การพัฒนาซอฟต์แวร์ ตามปกติแล้วจะประกอบไปด้วยกลุ่มกิจกรรม 3 ส่วนหลักๆ ด้วยกัน คือ การวิเคราะห์ (Analysis), การออกแบบ (Design) และการนำไปใช้ (Implementation) ซึ่งกิจกรรมทั้งสามนี้สามารถใช้งานได้ดีกับโครงการซอฟต์แวร์ขนาดเล็ก ในขณะที่โครงการซอฟต์แวร์ขนาดใหญ่ มักจำเป็นต้องใช้แบบแผนการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามแนวทางของ SDLC จนครบทุกกิจกรรม โดยประกอบด้วยระยะต่างๆ ดังนี้

ระยะที่ 1: การวางแผนโครงการ (Project Planning)

ระยะที่ 2 : การวิเคราะห์ (Analysis)

ระยะที่ 3 : การออกแบบ (Design)

ระยะที่ 4 : การนำไปใช้ (Implementation)

ระยะที่ 5 : การบำรุงรักษา (Maintenance)

(โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์ ,2555)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นพรัตน์ ไวยมัย (2543) ได้ทำการศึกษาเรื่องเรื่อง “การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศด้านการบริหารการเงินของสหกรณ์ สำหรับ ผู้บริหารระดับสูง กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ กรณีศึกษา งานสถิติการเงินการบัญชีสหกรณ์ กรมตรวจบัญชีสหกรณ์” การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบสารสนเทศด้านการบริหารการเงินของ สหกรณ์ สำหรับ ผู้บริหารระดับสูง กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ เพื่อให้

ผู้บริหารระดับสูงของกรมตรวจบัญชี สหกรณ์ที่ไม่คุ้นเคยต่อการใช้งานทางเทคนิคคอมพิวเตอร์สามารถเรียกดูสารสนเทศเพื่อการ บริหารการเงินของ สหกรณ์ ได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีระบบสารสนเทศนี้ในกรมตรวจบัญชีสหกรณ์

การประเมินผลงานวิจัยพบว่า ระบบสารสนเทศด้านการบริหารการเงินของสหกรณ์ สำหรับผู้บริหารระดับสูง กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ เป็นระบบที่สามารถทดแทนระบบเดิมซึ่งใช้แรงงานคนได้ พร้อมทั้งผู้บริหารมีข้อเสนอ 3 เรื่อง ได้แก่ การพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้แสดงสารสนเทศในระดับสหกรณ์ ขยายหัวข้อในการวิเคราะห์การเงินให้มากขึ้น เพื่อให้การบริหารงานด้าน การเงินของสหกรณ์มีความสมบูรณ์ และเป็นตัวอย่างสำหรับพัฒนาระบบสารสนเทศด้านอื่น ๆ ต่อไป

วิธีการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาสารสนเทศธุรกิจวัสดุการเกษตร สำหรับสหกรณ์การเกษตรสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ มีขั้นตอนในการพัฒนาโดยอาศัยแนวคิดทฤษฎีวงจรพัฒนาระบบ (SDLC) โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาดังต่อไปนี้

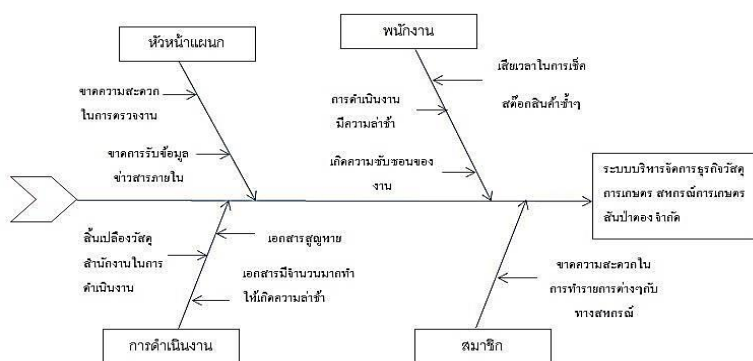
1. การวางแผนโครงการ

ในขั้นตอนการวางแผนโครงการจะประกอบไปด้วยกิจกรรมต่างๆ คือ การกำหนดปัญหาว่าปัญหาในการทำงานภายในองค์กรมีอะไรบ้าง หลังจากนั้นจะเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ ว่าโครงการนี้มีโอกาสจะสำเร็จหรือไม่ จัดทำตารางกำหนดเวลาของโครงการ จัดตั้งทีมงาน และ ดำเนินโครงการ

2. การวิเคราะห์

ในขั้นตอนนี้จะมีการศึกษาทำความเข้าใจในความต้องการต่างๆของผู้ใช้ระบบ โดยจะรวบรวมความต้องการของผู้ใช้ จากการสอบถาม สัมภาษณ์ เจ้าหน้าที่ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้งานระบบ

วิเคราะห์ระบบงานเดิม โดยวิเคราะห์ลักษณะการทำงานและการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ภายในหน่วยงาน โดยใช้แผนภูมิกำปลาในการแสดงปัญหาของระบบงานเดิม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิกำปลาแสดงปัญหาในระบบเดิม

ในการออกแบบระบบงานใหม่ จะสร้างแบบจำลองกระบวนการของระบบงานใหม่ ด้วยการวาดแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) ซึ่งกระบวนการทำงานต่างๆ ของระบบ จะแสดงดังภาพที่ 3 ประกอบไปด้วยกระบวนการทั้งหมด 7

กระบวนการ คือ 1.จัดการผู้ใช้งานระบบ 2. จัดการการซื้อ 3.จัดการการขาย 4. จัดการคลังสินค้า 5. จัดการหุ้นสมาชิก 6. จัดการเงินปันผล และ 7. จัดการสินเชื่อเงินกู้

3. การออกแบบ

การพัฒนาารบบใหม่จะใช้ภาษาพีเอชพีเป็นภาษาหลักในการเขียนโปรแกรม และใช้ภาษาเอชทีเอ็มแอลและซีเอสเอส ในการออกแบบหน้าตาของเว็บไซต์

การออกแบบฐานข้อมูลจะนำแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ที่ได้จำลองไว้ มาออกแบบฐานข้อมูล จากนั้นทำการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User interface) และจัดทำต้นแบบของระบบ (Prototype)

4. การนำไปใช้

ทำการติดตั้งระบบ เพื่อให้ผู้ใช้ระบบได้ทดลองใช้งานจริง โดยมีการติดตั้งระบบไว้บนคอมพิวเตอร์

แม่ข่าย (Server) และ ได้ทำการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ โดยการทำแบบสอบถาม

5. การบำรุงรักษา

ในระยะแรกได้ทำการปรับปรุงแก้ไข ข้อผิดพลาดของระบบที่ได้มาจากการให้ผู้ใช้ระบบ ทดลองใช้งาน และแจ้งข้อบกพร่อง ข้อผิดพลาดของระบบ

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยพบว่าระบบสารสนเทศธุรกิจวัสดุทางการเกษตรสำหรับสหกรณ์สันป่าตอง จำกัด สามารถนำไปใช้งานได้จริงและทำให้การบริหารจัดการข้อมูลในองค์กรดีขึ้น ทำให้ภาพรวมในการทำงานในองค์กรมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยหน้าจอของระบบ แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอของระบบ

ในการใช้งานระบบ ได้มีการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบโดยการใช้แบบสอบถาม ซึ่งสุ่มตัวอย่าง จากผู้ใช้งานทั้ง 6 ระดับ จำนวน 20 คน ได้แก่

- ผู้ดูแลระบบ จำนวน 1 คน
- หัวหน้าแผนก จำนวน 1 คน
- พนักงานการเงิน จำนวน 1 คน

- พนักงานฝ่ายจัดซื้อ จำนวน 1 คน
- พนักงานขาย จำนวน 1 คน
- สมาชิก จำนวน 15 คน

พบว่า ผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.35 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 ซึ่งอยู่ระหว่าง 0-1 จึงถือว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบ

ข้อ	หัวข้อความคิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	S.D	ระดับความพึงพอใจ
1	สามารถรองรับการใช้งานได้ครบ	4.30	0.66	มาก
2	ทำงานได้ตรงตามความต้องการ	4.55	0.60	มากที่สุด
3	เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	4.70	0.47	มากที่สุด
4	ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงาน	4.25	0.72	มาก
5	ง่ายต่อการใช้งาน	4.15	0.75	มาก
6	เมนูคำสั่งต่างๆ ในระบบ	4.25	0.72	มาก
7	ความถูกต้องของข้อมูล	4.25	0.55	มาก
8	จัดแบ่งหมวดหมู่ข้อมูลได้เหมาะสม	4.30	0.73	มาก
9	ความรวดเร็วในการเข้าถึงระบบ	4.30	0.57	มาก
10	ความสวยงามในการออกแบบระบบ	4.40	0.50	มาก
ค่าเฉลี่ย		4.35	0.63	มาก

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าระบบสามารถนำไปใช้งานและช่วยในการแก้ปัญหาต่างๆ อันเกิดจากการทำงานในระบบเดิม ในเรื่องของการจัดการเอกสาร ระบบสามารถจัดการข้อมูลต่างๆ โดยจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์ ซึ่ง

จะแก้ปัญหาการสูญหายของข้อมูลและยังช่วยให้สะดวกในการเข้าถึงข้อมูล

นอกจากนั้น ระบบยังช่วยให้การทำงานในด้านต่างๆ ที่ต้องอาศัยการคำนวณ ประมวลผลข้อมูลทำได้รวดเร็วและง่ายตายมากขึ้น ตัวอย่างเช่นการทำรายการซื้อขายวัสดุทางการเกษตร ดังแสดงในภาพที่

5

The screenshot shows a Thai invoice system interface. At the top, it says 'ทำรายการขายสินค้า' (Create Item Sale). There are input fields for 'รหัสสินค้า' (Item Code) and 'จำนวน' (Quantity), with a '1' entered in the quantity field. A 'ปุ่มเข้ารายการขาย' (Enter Item Sale) button is visible. Below this, there is a table with columns: '#', 'รายการ' (Item), 'ราคา/หน่วย' (Price/Unit), 'จำนวน' (Quantity), and 'ราคารวม' (Total Price). The table contains two items: 'ถังพ่นยา 18 ลิตร' (18L sprayer tank) at 500.00 and 'กระป๋องไล่ยุง' (mosquito coils) at 900.00. A 'รวมทั้งสิ้น' (Total) box shows 1,400.00. At the bottom, there are buttons for 'ยกเลิกการทำรายการ' (Cancel), 'สามารถ: ป้อนเลขประจำตัว 13 หลัก' (Can: Enter 13-digit ID), 'ตรวจสอบ' (Check), and 'บันทึกการขาย และออกใบเสร็จ' (Record Sale and Issue Receipt).

ภาพที่ 6 หน้าจอ การทำรายการซื้อขายสินค้า

ซึ่งจากผลการวิจัยนั้นสอดคล้องกับการงานวิจัยของ นพรัตน์ ไวยมัย (2543) เรื่อง “การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศด้านการบริหาร

การเงินของสหกรณ์ สำหรับ ผู้บริหารระดับสูง กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ กรณีศึกษา งานสถิติการเงินการบัญชีสหกรณ์ กรมตรวจบัญชีสหกรณ์” ที่สรุปผล

ดำเนินการวิจัยไว้ว่า “ผลการสอบถามความพึงพอใจพบว่าผู้บริหารส่วนใหญ่มีความพึงพอใจกับระบบสารสนเทศนี้ เนื่องจากสามารถประหยัดเวลาในการจัดทำและไม่ต้องใช้บุคลากรประจำสำหรับการทำงานนี้อีกต่อไป เนื่องจากระบบสามารถถ่ายโอนข้อมูลและสรุปผล จัดทำสารสนเทศได้โดยอัตโนมัติ และนำเสนอสารสนเทศได้อย่างทันเวลา”

สรุปผลการวิจัย

1. บทสรุป

จากการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ดำเนินตามขั้นตอนของวงจรการพัฒนาระบบ ที่แบ่งออกเป็น 5 ระยะอย่างครบถ้วน โดยการพัฒนาระบบจะใช้เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันในการพัฒนาระบบ ซึ่งจากการทดสอบใช้งาน และสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบในด้านการทำงานได้ตรงตามความต้องการ และด้านความมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานอยู่ในระดับ มากที่สุด ส่วนในด้านอื่นๆ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

2. ข้อจำกัดของระบบ

2.1 ระบบยังต้องมีการปรับปรุงในด้านการรักษาความปลอดภัยในระบบ เพื่อป้องกันไม่ให้ ผู้ไม่ประสงค์ดี ทำการเจาะระบบ แล้วเข้ามาทำความเสียหายให้กับระบบได้

2.2 การแสดงผลในอุปกรณ์ต่างๆ ในบางอุปกรณ์ยังแสดงผลได้ไม่สมบูรณ์

2.3 การแสดงผลในโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) แต่ละโปรแกรม ยังแสดงผลได้ไม่เหมือนกัน ในบางโปรแกรมแสดงผลได้ไม่สมบูรณ์

3 ข้อเสนอแนะ ในการพัฒนาระบบ

3.1 ควรพัฒนาในส่วนของคุณภาพความปลอดภัยของระบบให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

3.2 ในส่วนของการแสดงผล ควรปรับปรุงให้ระบบรองรับการแสดงผลได้อย่างสมบูรณ์ในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต เป็นต้น

3.4 ในการทดสอบการแสดงผล ควรทดสอบในเบราว์เซอร์หลักที่มีผู้ใช้นิยมใช้ ทุกเบราว์เซอร์ เพื่อให้การแสดงผลได้เหมือนกันหมดในทุกเบราว์เซอร์

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากผู้เกี่ยวข้อง หลากๆ ท่าน

ขอขอบคุณ นางสาวอรณี อารีรัตน์ และนายสิริวิทย์ แก้วจันทร์ นักศึกษาสาขาวิชาระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ได้ร่วมกันพัฒนาระบบ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด จนเสร็จสิ้นโครงการ

ขอขอบคุณนางสุพัตรา ผ่อนจรัส ผู้จัดการสหกรณ์การเกษตรสันป่าตอง จำกัด และนายชัยวิเศษ ดีสุวรรณ หัวหน้าแผนกวัสดุทางการเกษตรสหกรณ์การเกษตรสันป่าตอง จำกัด ที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่เป็นในการจัดทำระบบ รวมถึงเสียสละเวลาในการตอบข้อสอบถาม เพื่อรวบรวมข้อมูล ความต้องการต่างๆ ของระบบ

เอกสารอ้างอิง

นพรัตน์ ไวยมัย. (2543). การวิเคราะห์และ

ออกแบบระบบสารสนเทศด้านการบริหารการเงินของสหกรณ์ สำหรับ ผู้บริหารระดับสูง กรมตรวจบัญชีสหกรณ์ กรมศึกษา งานสถิติการเงินการบัญชีสหกรณ์ กรมตรวจบัญชีสหกรณ์. วิทยาลัยพระระดับปริญญาโท. สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์ (2555). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดดูเคชั่น.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์ (2554). ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ. กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดดูเคชั่น. ระบบสารสนเทศทางธุรกิจ. สืบค้นจาก :

http://www.sirikitdam.egat.com/web_mis/

การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์แบบโมโนสเตเบิลและแบบแอสเตเบิล

โดยใช้ไอซีเบอร์ 555 และการประยุกต์ใช้งาน

The Design of Monostable and Astable Multivibrator Pulse Generator Using IC555 and Its Application.

กัญจน์ นาคเอี่ยม¹, วิสูตร อาสนวิจิตร² และ อติศร กวาวสิบสาม^{3*}

Kan Nakaiam¹, Visut Asanavijit² and Adisorn Kwawsibsam^{3*}

^{1,2,3} วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

^{1,2,3} College of Integrated Science and Technology Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author e-mail: adisorn_401@hotmail.com, 080-5006475

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของไอซีเบอร์ 555 และนำเสนอการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์แบบโมโนสเตเบิล ค่าเวลาสามารถคำนวณได้จากสูตร $T=1.1RC$ และแบบแอสเตเบิล ค่าเวลา $T_{ON}=0.693(R_A+R_B)C$ และ $T_{OFF}=0.693R_B C$ สามารถปรับความถี่ได้ด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ ไอซีใช้ไฟเลี้ยง +4.5 โวลต์ ถึง +16 โวลต์ เอาต์พุตสามารถขับกระแสได้ 200 มิลลิแอมป์ทั้งแบบ Sink และ Source จากวงจรกลับทางหมุนของมอเตอร์พบว่าไอซี 555 สามารถกำเนิดสัญญาณพัลส์ 1 ลูกซึ่งมีคาบเวลาเท่ากับ 0.75 วินาที ส่งไปกระตุ้นให้ไอซี CD4017 ทำการเลื่อนลอจิกที่เอาต์พุตเพื่อไปควบคุมไอซี 555 ตัวที่ 2 และ 3 ทำการกลับทางหมุนดีซีมอเตอร์ขนาด 9 โวลต์ ซึ่งขณะที่มอเตอร์ไม่ทำงานวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้า 22 มิลลิแอมป์ แต่ขณะที่มอเตอร์ทำงานวงจรจ่ายกระแส 145 มิลลิแอมป์ ซึ่งวงจรทำงานได้ดีตามที่ออกแบบไว้

คำสำคัญ: ไอซี 555 วงจรโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ วงจรแอสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์

Abstract

This article aims to study the properties of IC's number 555 and offers the circuit design to generate signal pulse type mono stable. The time can be calculated by the formula $T = 1.1RC$ and type astable the time $T_{ON}=0.693(R_A+R_B)C$ and $T_{OFF}=0.693R_B C$ can be adjust the frequency with the variable resistor. IC using power supply at 4.5V-16V output can drive the current in 200 mA both Sink and Source from Circuit reversed the rotation of the motor found that IC 555 can generate the signal pulse 1 cycle , which is the time period = 0.75 sec were sent to encourages IC CD4017 to shift logic each step output to control IC 555 the second and third will return to the rotation DC motor 12 V, while the motor isn't running .Power supply circuit will release current at 22 mA, but while the motor is running can release the current at 145 mA. The circuit works well as designed.

Keywords: IC 555, Monostable Multivibrator Circuit, Astable Multivibrator Circuit

บทนำ

วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ ได้จัดการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ป.ว.ช) สาขาวิชาเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นสาขาที่มีผู้เรียนเป็นจำนวนมาก การจัดการเรียนการสอนจะสอดคล้องกับปรัชญาของวิทยาลัยฯ โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญด้วยการ บูรณาการองค์ความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะ ได้เรียน-ได้รู้ ได้คิด-ได้เห็น ได้ทำ-ได้เป็น และนำความรู้ที่ได้ไปศึกษาต่อในระดับสูงต่อไป การเรียนการสอนในสาขาอิเล็กทรอนิกส์นั้น วิชาวงจรอิเล็กทรอนิกส์ถือเป็นวิชาหลักทั้งในระดับ ปวช. และระดับอุดมศึกษา ซึ่งนักศึกษาจะต้องเรียนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ วงจรอิเล็กทรอนิกส์มีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างมากเป็นวงจรที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ เช่น คอมพิวเตอร์ สัญญาณไฟจราจร อุปกรณ์ทางการแพทย์ และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เป็นต้น

วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์หรือสัญญาณนาฬิกา เป็นวงจรที่ทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณไฟฟ้าแบบสี่เหลี่ยมเพื่อใช้ในการกระตุ้นให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำงานซึ่งวงจรกำเนิดสัญญาณออกมาได้นั้นอินพุตอาจจะรับมาตัวเซนเซอร์ เช่น เซนเซอร์วัตถุ เซนเซอร์แสง หรือใช้สวิตช์ก็ได้ ที่ผ่านมาการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์สามารถสร้างโดยการนำเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละตัวมาต่อรวมกัน เช่น ทรานซิสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ซึ่งทำให้วงจรมีขนาดใหญ่และใช้งบประมาณมากจึงแก้ไขโดยการใช้อิซซีสำเร็จรูปเบอร์ 555 (Timer) [1]

ไอซีเบอร์ 555 เป็นไอซีสำเร็จรูปที่นิยมนำมาสร้างเป็นวงจรผลิตสัญญาณพัลส์เพื่อใช้เป็นวงจรตั้ง

เวลาให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือผลิตสัญญาณรูปคลื่นต่างๆ เช่น คลื่นสามเหลี่ยม คลื่นแบบแรมป์ ภายในไอซีประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มากมาย เมื่อนำมาออกแบบวงจรแล้วทำให้ออกแบบวงจรง่าย ใช้อุปกรณ์น้อย ลดขนาดพื้นที่ของวงจรประหยัดงบประมาณและมีความเที่ยงตรงสูง การนำไอซีเบอร์ 555 ไปประยุกต์ใช้งาน เช่น วงจรกำเนิดความถี่ วงจรควบคุมไฟกระพริบ วงจรกระตุ้นของวงจรรีบ วงจรตั้งเวลา และอื่นๆอีกมากมาย [2]

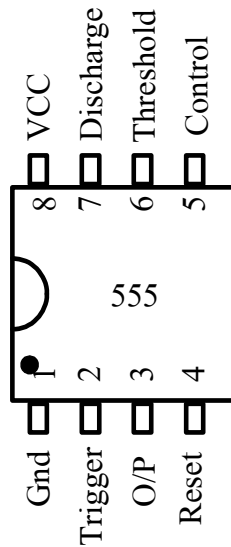
โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษาได้ศึกษาถึงหลักการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์แบบ โมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์และแบบอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้อิซซีเบอร์ 555 โดยการนำเอาทฤษฎีมาทำการออกแบบแล้วทำการทดสอบโดยการจำลองการทำงานและการต่อวงจรจริงเพื่อดูว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร รวมถึงการพัฒนาวงจรกลับทางหมุนติซิมอเตอร์ให้สามารถหมุนซ้าย หยุด หมุนขวา และสามารถใช้ได้กับมอเตอร์หลายขนาด เช่น มอเตอร์ 3 โวลต์, 6 โวลต์, 9 โวลต์, 12 โวลต์ เป็นต้น อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังเปิดโอกาสให้นักศึกษาเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ได้กล้าคิด กล้าทำมีโอกาสนำเสนอผลงานต่อไป

วัตถุประสงค์

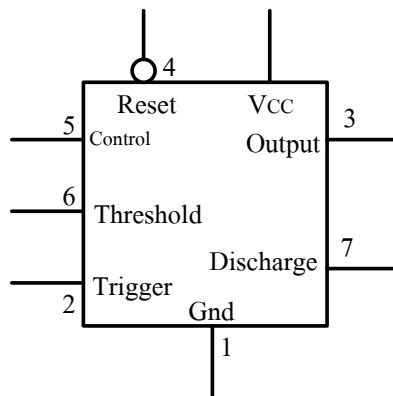
1. เพื่อออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์แบบ โมโน สเตเบิลและแบบอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบวงจรกับการต่อวงจรจริง
3. เพื่อประยุกต์ใช้งานวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

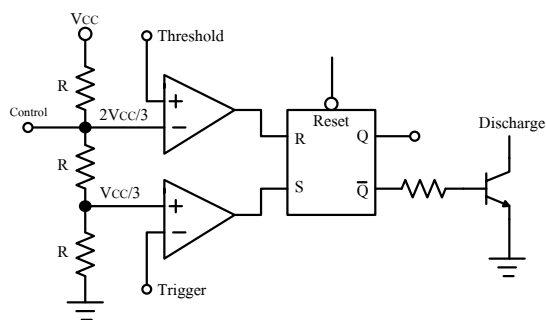
1. วงจรที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 1 รูปร่างของ IC 555

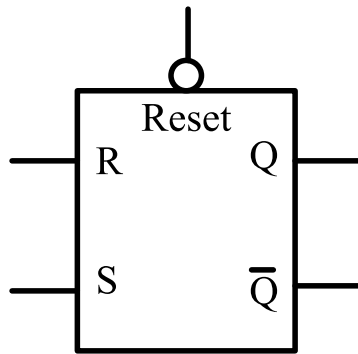


ภาพที่ 2 สัญลักษณ์ของ IC 555



ภาพที่ 3 โครงสร้างภายในของ IC 555

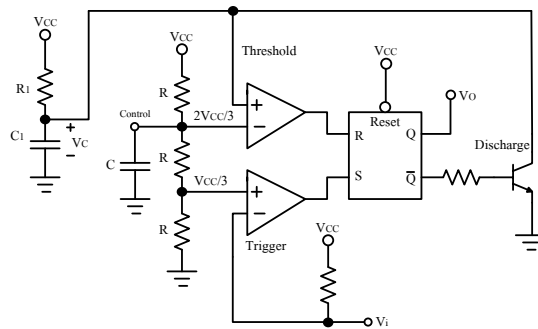
(<http://www.ee.eng.cmu.ac.th/~demo/slide/Text14.pdf>)



ภาพที่ 4 สัญลักษณ์ของ RS-F/F

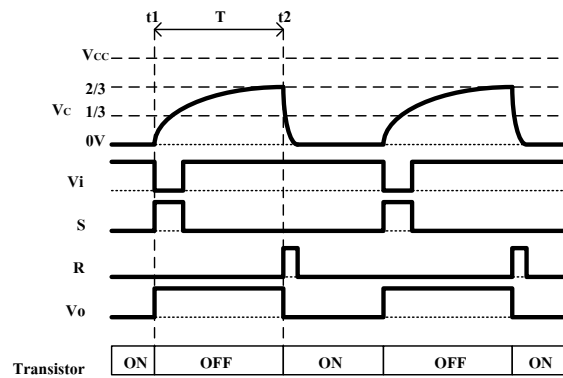
ตารางที่ 1 ตารางความจริงของ RS-F/F

Reset	R	S	Q	\bar{Q}
0	x	x	0	1
1	0	0	Q	\bar{Q}
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	1	-	-



ภาพที่ 5 การต่อวงจร Monostable Multivibrater

(<http://www.ee.eng.cmu.ac.th/~demo/slide/Text14.pdf>)



ภาพที่ 6 ฝั่งเวลาการทำงานวงจร Monostable Multivibrater

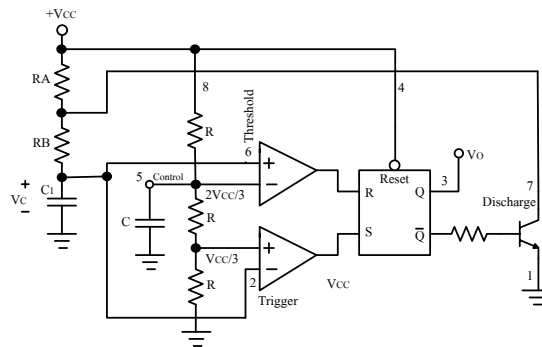
(<http://www.ee.eng.cmu.ac.th/~demo/slide/Text14.pdf>)

จากภาพที่ 5 สมมติ RS-F/F อยู่ในสภาวะรีเซต ทำให้เอาต์พุต $Q = 0, \bar{Q} = 1$ ทรานซิสเตอร์ทำงาน ทำให้ C_1 คายประจุลงกราวด์แรงดันตกคร่อม $C_1 = 0$ ทำให้อินพุต $R = 0$ ขณะที่ตอนนี $V_i = 1$ ทำให้ อินพุต $S = 0$ เช่นกัน เมื่อเวลา t_1 อินพุต V_i เป็น ศูนย์ชั่วขณะจะทำให้อินพุต $S = 1$ ส่งผลให้ $Q = 1, \bar{Q} = 0$ ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานทำให้ C_1 เกิดการเก็บ ประจุจาก $+V_{CC}$ ผ่าน R_1 ดังนั้นจะได้สมการของ แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C_1 คือ

$$V_{C(t)} = V_{CC}(1 - e^{-\frac{t}{R_1 C_1}}) \quad (1)$$

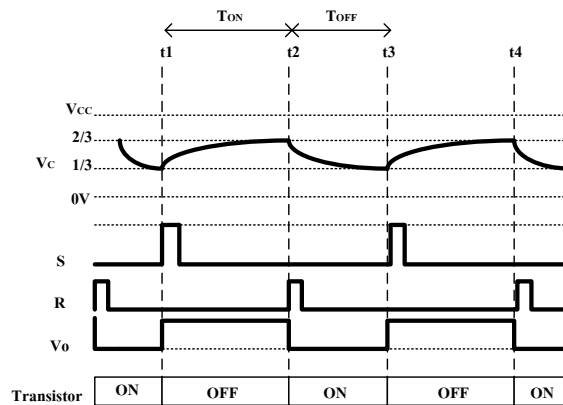
ต่อมาเมื่อเวลา t_2 แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ V_C เพิ่มขึ้นมากกว่า $2/3V_{CC}$ ทำให้อินพุต $S = 1$ ส่งผลให้ $Q = 0, \bar{Q} = 1$ ทรานซิสเตอร์ทำงานอีกครั้งทำให้ C_1 คายประจุลงกราวด์ทำให้ V_C มีค่าเป็น ศูนย์ จะเห็นว่าเมื่อมีการทริก อินพุต V_i ให้เป็น ลอจิก 0 จะเกิดสัญญาณพัลส์ 1 ลูกซึ่งมีค่าเท่ากับ T สูตรการคำนวณหาค่า T มีดังนี้

$$T = 1.1RC \quad (2)$$



ภาพที่ 7 การต่อวงจร Astable Multivibrater

(<http://www.ee.eng.cmu.ac.th/~demo/slide/Text14.pdf>)



ภาพที่ 8 ฝั่งเวลาการทำงานวงจร Astable Multivibrater

(<http://www.ee.eng.cmu.ac.th/~demo/slide/Text14.pdf>)

จากภาพที่ 7 ต่อขา Threshold กับขา Trigger เข้ากับขาที่ C_1 และขา Discharge ต่อเข้ากับระหว่าง R_A กับ R_B สมมติ RS-F/F อยู่ในสภาวะรี

เซตทำให้เอาต์พุต $Q = 0, \bar{Q} = 1$ ทรานซิสเตอร์ทำงานทำให้ C_1 คายประจุผ่าน R_B ลงกราวด์เมื่อแรงดันตกคร่อม C_1 ต่ำกว่า $V_{CC}/3$ ณ เวลา t_1 ทำให้

อินพุต $S = 1$ ทำให้ RS-F/F อยู่ในสภาวะเซต เอาต์พุต $Q = 1, \bar{Q} = 0$ ทราจิสเตอร์ไม่ทำงาน ทำให้ C_1 เก็บประจุผ่าน R_A, R_B จนแรงดันตกคร่อม C_1 เพิ่มมากกว่า $2/3V_{CC}$ ณ เวลา t_2 ทำให้อินพุต $R = 1$ ทำให้ RS-F/F อยู่ในสภาวะรีเซต จะเห็นว่า V_C จะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง $V_{CC}/3$ กับ $2/3V_{CC}$ ค่าคงที่ของการเก็บประจุมีค่าดังนี้ [3]

$$(R_A + R_B)C_1 \quad (3)$$

ค่าคงที่ของการคายประจุมีค่าดังนี้

$$R_B C_1 \quad (4)$$

ช่วงเวลาของการเก็บประจุซึ่ง V_C มีค่าเป็น 1 เรียกว่า T_{ON} สามารถคำนวณหาได้จากสูตร

$$T_{ON} = 0.693(R_A + R_B)C_1 \quad (5)$$

ช่วงเวลาของการคายประจุซึ่ง V_C มีค่าเป็น 0 เรียกว่า T_{OFF} สามารถคำนวณหาได้จากสูตร

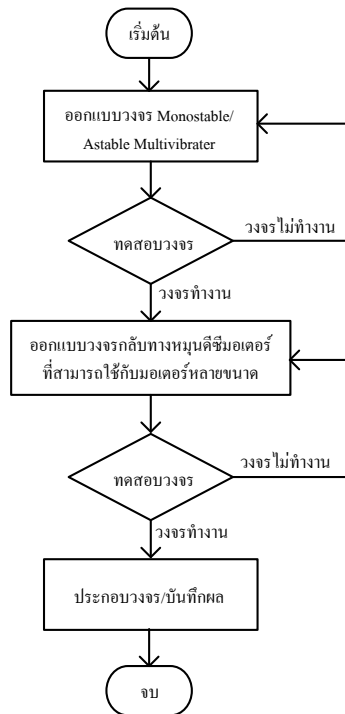
$$T_{OFF} = 0.693R_B C_1 \quad (6)$$

ดิวิตีไซเคิลสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$\%D = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} \times 100\% \quad (7)$$

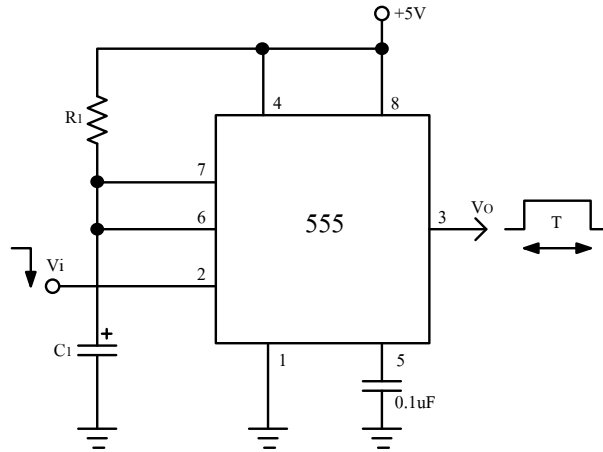
$$\%D = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B} \times 100\% \quad (8)$$

วิธีการวิจัย

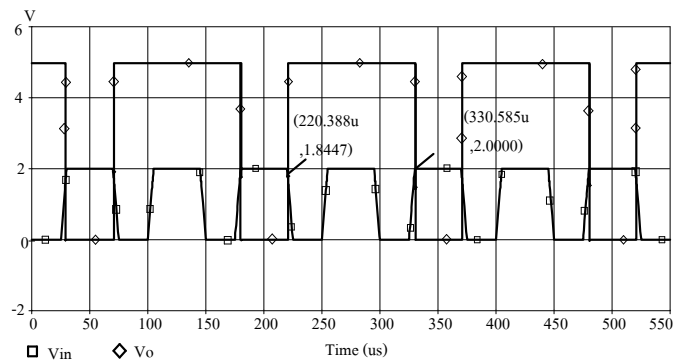


ภาพที่ 9 ขั้นตอนการวิจัย

1. การทดสอบวงจร Monostable Multivibrater



ภาพที่ 10 วงจร Monostable Multivibrater

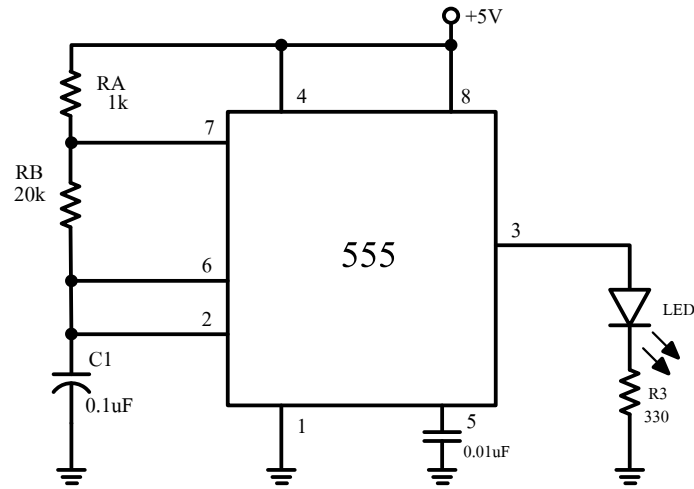


ภาพที่ 11 การจำลองการทำงานของวงจร ที่ $V_{in(min)} = 2$ โวลต์

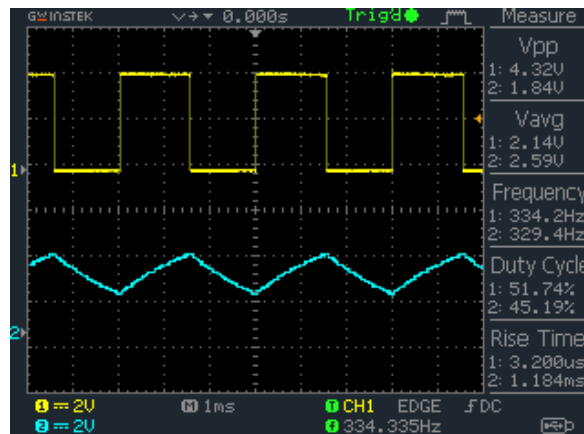
ตารางที่ 2 ค่าเวลาและความถี่ของวงจรเมื่อเปลี่ยนค่า C_1 และค่า R_1 คงที่ = $10k\Omega$

C_1	T	f
0.01µF	0.11 ms	9.09 kHz
0.1µF	1.1 ms	909 Hz
1µF	11 ms	90.9 Hz
10µF	0.11 s	9.09 Hz
47µF	0.51 s	1.96 Hz
100µF	1.1 s	0.909 Hz
Power Consumption		345.75µW

2. การทดสอบวงจร Astable Multivibrater



ภาพที่ 12 วงจร Astable Multivibrater



ภาพที่ 13 สัญญาณเอาต์พุตและสัญญาณตกรวมตัวเก็บประจุ

จากภาพที่ 13 พบว่าสัญญาณมี $T = 3 \text{ ms}$,
 $T_{ON} = 1.58 \text{ ms}$, $T_{OFF} = 1.42 \text{ ms}$, $f = 334.335$
 Hz, %D = 51.74% สามารถคำนวณหาค่าต่างๆ
 เพื่อเปรียบเทียบการทำงานได้ดังนี้

$$T_{ON} = 0.693(R_A + R_B)C_1$$

$$T_{ON} = 0.693(1k\Omega + 20k\Omega)0.1\mu F \quad (9)$$

$$T_{ON} = 1.45ms$$

$$T_{OFF} = 0.693R_B C_1$$

$$T_{OFF} = 0.693 \times 20k\Omega \times 0.1\mu F \quad (10)$$

$$T_{OFF} = 1.38ms$$

$$T = T_{ON} + T_{OFF}$$

$$T = 1.45ms + 1.38ms \quad (11)$$

$$T = 2.83ms$$

$$f = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C_1}$$

$$f = \frac{1.44}{(1k\Omega + 40k\Omega)0.1\mu F} \quad (12)$$

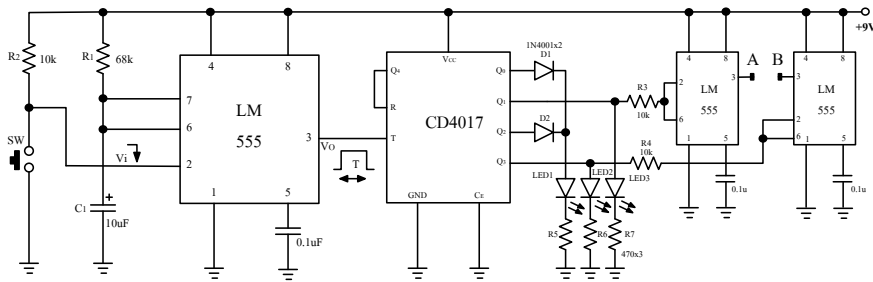
$$f = 351.21Hz$$

$$\%D = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B} \times 100\%$$

$$\%D = \frac{1k\Omega + 20k\Omega}{1k\Omega + 40k\Omega} \times 100\% \quad (13)$$

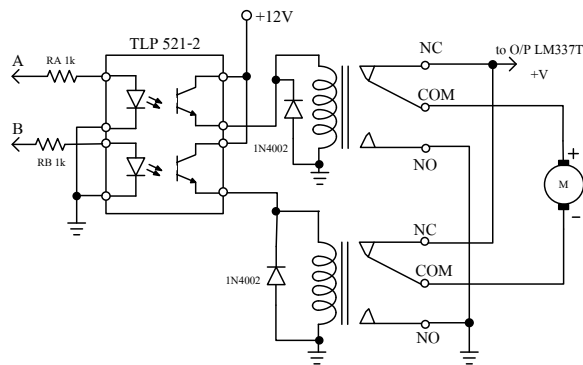
$$\%D = 51.21\%$$

3. การประยุกต์ใช้งานไอซี 555 ในวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์



ภาพที่ 14 วงจรกำเนิดสัญญาณควบคุมทิศทางมอเตอร์

(<http://www.electronicsforu.com>)



ภาพที่ 15 วงจรกลับทางหมุนทิศทางมอเตอร์ 9 โวลต์

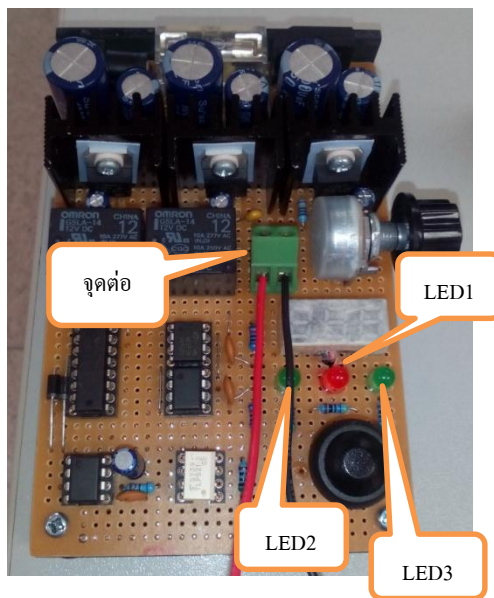
ตารางที่ 3 การทำงานของวงจรในรูปที่ 14

CLK	O/P Q				LED			Motor
	0	1	2	3	1	2	3	
0	1	0	0	0	1	0	0	หยุด
1	0	1	0	0	0	0	1	หมุนขวา
2	0	0	1	0	1	0	0	หยุด
3	0	0	0	1	0	1	0	หมุนซ้าย

จากวงจรตามภาพที่ 14 พบว่าเมื่อกดสวิตช์จะทำให้ไอซี 555 ตัวที่ 1 กำเนิดสัญญาณพัลส์ 1 ลูกซึ่งมีคาบเวลาเท่ากับ 0.75 second ส่งไปกระตุ้นให้ไอซี CD4017 ทำการนับแบบเลื่อนลอจิกเพื่อไปควบคุมไอซี 555 ตัวที่ 2 และ 3 ให้ทำการควบคุมตัวเชื่อมโยงทางแสงให้สลับการทำงานทีละตัวเพื่อกลับทาง

หมุนของดีซีมอเตอร์ขนาด 9 โวลต์ โดยใช้รีเลย์ 12 โวลต์ดีซี เป็นตัวกลับทิศทาง จากวงจรพบว่าไฟเลี้ยงมอเตอร์ได้ถูกออกแบบมาให้สามารถใช้กับดีซีมอเตอร์ได้ตั้งแต่ 1.25 โวลต์จนถึง 9 โวลต์ที่กินกระแสไม่เกิน 1.5 แอมแปร์ [3-4]

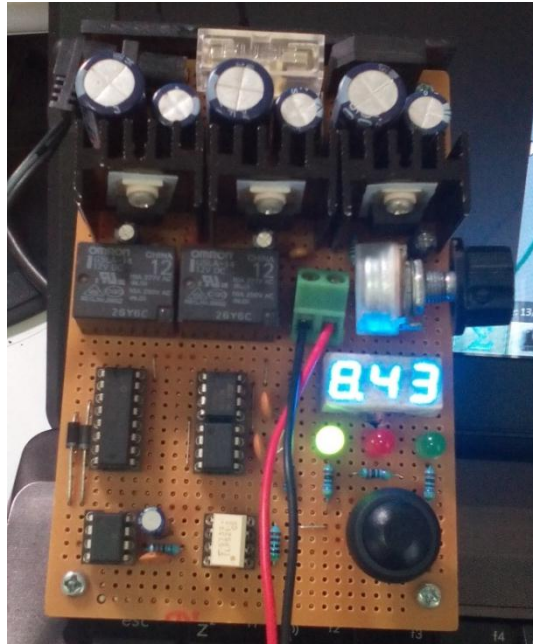
ผลการวิจัย



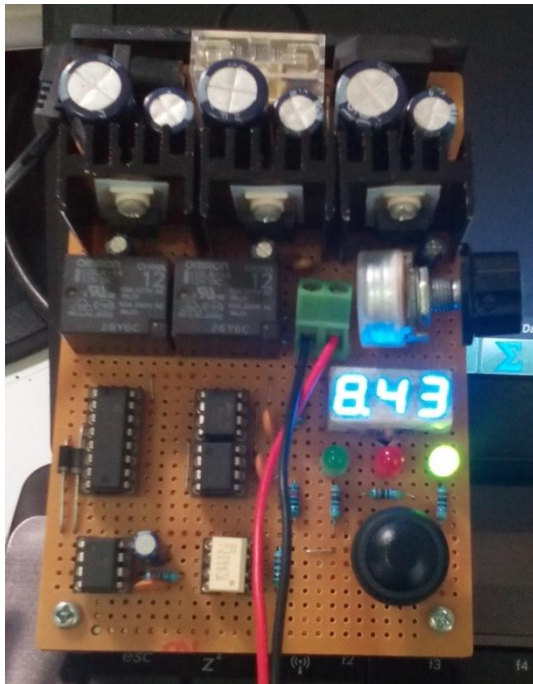
ภาพที่ 16 วงจรกลับทางหมุนดีซีมอเตอร์ที่สร้างเสร็จ



ภาพที่ 17 วงจรภาคจ่ายไฟ +9โวลต์, +12โวลต์, +1.25โวลต์ ถึง +9โวลต์



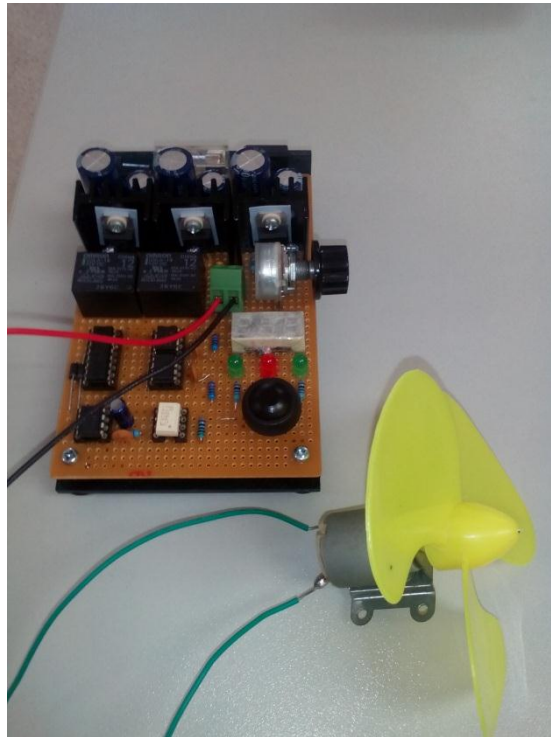
ภาพที่ 18 หลอดแอลอีดีแสดงมอเตอร์หมุนซ้าย



ภาพที่ 19 หลอดแอลอีดีแสดงมอเตอร์หมุนขวา



ภาพที่ 20 หลอดแอลอีดีแสดงมอเตอร์หยุดหมุน



ภาพที่ 21 การทดสอบการหมุนของดีซีมอเตอร์

อภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบและทดสอบการทำงานของวงจรทั้งสองพบว่าวงจรทำงานได้ดีตามที่ได้ออกแบบไว้ มีค่าการทำงานที่ใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่คำนวณได้กับค่าในการทำงานจริง จากผลการจำลองการทำงานในรูปที่ 11 พบว่าเมื่ออินพุตต่ำกว่า 2 โวลต์วงจรจะกำเนิดสัญญาณทันทีโดยไม่มีกรหน่วงเวลาซึ่งมีระดับแรงดัน +5 โวลต์ในช่วงเวลานี้ ถึงแม้ว่าอินพุตจะมีการกระตุ้นซ้ำอีกก็ไม่มีผลจนกว่าจะหมดคาบเวลา (1.1RC) ส่วนสัญญาณอินพุตจะมีการหน่วงเวลาทั้งขอบขาขึ้นและขอบขาลงประมาณ 5 ไมโครวินาที วงจรสามารถปรับแรงดันเอาต์พุตให้สามารถใช้กับดีซีมอเตอร์ได้ตั้งแต่ +1.25 โวลต์ถึง +9 โวลต์ จากตารางที่ 2 พบว่าค่าความถี่แปรผันกลับกับค่าตัวเก็บประจุกล่าวคือเมื่อเพิ่มค่าตัวเก็บประจุให้มีค่ามากขึ้นทำให้ค่าเวลาที่ไ้มากตามแต่ค่าความถี่ของสัญญาณที่ผลิตออกมามีค่าลดลง แนวทางการพัฒนางานวงจรนี้ เช่น การใช้แผ่นวงจรพิมพ์ที่ออกแบบลายวงจรไว้แล้ว การออกแบบให้สามารถรับอินพุตจากเซนเซอร์ได้นอกเหนือจากการกดสวิตช์ปรับปรุงให้สามารถใช้ได้กับดีซีมอเตอร์ขนาด 12 โวลต์ดีซี

สรุป

การออกแบบและสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์แบบ Monostable โดยใช้ไอซีเบอร์ 555 สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการโดยคาบเวลาขึ้นอยู่กับค่าตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ โดยหาได้จากสูตร $T = 1.1RC$ ถ้าค่าใดค่าหนึ่งหรือทั้งสองมีค่ามากจะทำให้ค่าเวลามากตาม จากการคำนวณกับการจำลองการทำงานและการต่อวงจรจริงมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์แบบ Astable จะมีค่าเวลา T_{ON} กับ T_{OFF} และความถี่ (f) ทั้งสองค่าจะสัมพันธ์กันตามสูตร $T=1/f$ ส่วนค่าตัวดีไซเคิลเป็นอัตราส่วนของเวลาที่มีพัลส์ต่อเวลาทั้งหมดหรือสัมพันธ์กับตัวต้านทาน R_A กับ R_B จากสมการที่

8 พบว่าถ้าให้ R_A มีค่าน้อยกว่า R_B มากๆจะทำให้ค่าตัวดีไซเคิลเข้าใกล้ 50% จากการสร้างวงจรประยุกต์ใช้งานไอซี 555 เป็นวงจรกลับทางหมุนของดีซีมอเตอร์พบว่าวงจรใช้ทรัพยากรหลักๆดังนี้คือ ไอซี 5 ตัว รีเลย์ 12 โวลต์ดีซี 2 ตัว ดิจิตอลมิเตอร์ 1 ตัวและไอซีภาคจ่ายไฟคงที่ 3 ตัว ซึ่งขณะที่มอเตอร์ไม่ทำงานวงจรจ่ายกระแสไฟฟ้า 22 มิลลิแอมแปร์ แต่ขณะที่มอเตอร์ทำงานวงจรจ่ายกระแส 145 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งวงจรทำงานได้ดีตามที่ออกแบบไว้ และเนื่องจากการสร้างวงจรนี้ใช้แผ่น วงจรพิมพ์แบบ เอนกประสงค์ชนิดจุดไขปลานักศึกษาจะต้องใช้ความละเอียดรอบคอบและวางแผนการบัดกรีวงจรให้เป็นอย่างดีจึงจะลดปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้มากและสามารถนำวงจรนี้ไปใช้เป็นการเรียนการสอนในวิชา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ หลัก สูตรเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปี 2558 เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้นักศึกษาได้คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น จนสามารถเป็นบัณฑิตนักปฏิบัติ (Hands-on) ได้อย่างแท้จริงและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาชุมชน สังคมได้อย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. อิเล็กทรอนิกส์ในงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน), 2553
- นภัทร วัจนเทพินทร์. (2544). วงจรดิจิตอล(ลอจิกเชิงลำดับ). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สกายบุ๊กส์.
- http://www.ee.eng.cmu.ac.th/~demo/slide/T_ext14.pdf. 12 สิงหาคม 2558
- <http://www.electronicsforu.com>

การประยุกต์อัลกอริทึมผึ้งผึ้งประดิษฐ์สำหรับการแก้ปัญหาโมเดล
การถดถอยต่อเนื่องแบบไม่เชิงเส้นกับสองปัจจัย
Application of Artificial Bee Colony Algorithm for Solving Non-linear
Continuous Regression Model with two Factors

อภิรักษ์ ขัดวิลารด์^{1*} และ ไพโรจน์ จันทร์แก้ว²
Aphirak Khadwilard^{1*} and Phairoach Chunkaew²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak

* Corresponding author e-mail: aphirak.k@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการประยุกต์อัลกอริทึมผึ้งผึ้งประดิษฐ์ (Artificial Bee Colony Algorithm : ABC) เพื่อแก้ปัญหาโมเดลการถดถอยต่อเนื่องแบบไม่เชิงเส้นกับสองตัวแปร โดยถูกพัฒนามาจากปัญหาในอุตสาหกรรมซึ่งมีจุดประสงค์คือ ค้นหาการปรับตั้งค่าตัวแปรในการผลิตที่เหมาะสมเพื่อลดความสูญเสียในการผลิต อย่างไรก็ตามเนื่องจากธรรมชาติของการค้นหาแบบสโตแคสติกซึ่งใช้อัลกอริทึมผึ้งผึ้งประดิษฐ์นั้น จะไม่ศึกษาเพียงแต่คุณภาพของคำตอบเท่านั้น แต่จะศึกษาตัวแปรภายในของอัลกอริทึมผึ้งผึ้งประดิษฐ์ด้วย ซึ่งประกอบไปด้วย จำนวนของแหล่งอาหารซึ่งจะเท่ากับ จำนวนของผึ้งงาน และผึ้งสังเกตการณ์ (SN) ค่าลิมิต (Value of limit) และจำนวนรอบในการวนซ้ำสูงสุด (Maximum cycle number: MCN) ในการออกแบบการทดลองนั้นใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Full factorial experimental design) โดยการทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซึ่งจากการทดลองพบว่าอัลกอริทึมผึ้งผึ้งประดิษฐ์ได้คำตอบที่ดีที่สุดเท่ากับคำตอบที่ได้จากวิธีการทางคณิตศาสตร์ ผลจากการทดลองได้ถูกนำไปวิเคราะห์โดย การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การพล็อตผลกระทบหลัก (Main effect plots) และ การพล็อตผลกระทบร่วม (Interaction plots) พบว่าตัวแปรจำนวนของแหล่งอาหารของอัลกอริทึมผึ้งผึ้งประดิษฐ์ มีผลกระทบต่อความเร็วในการหาคำตอบอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ผึ้งผึ้งประดิษฐ์ การออกแบบการทดลอง การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

Abstract

In this work, Artificial Bee Colony Algorithm (ABC) was applied to solve the two factors non-linear continuous regression model, which was developed from the problem in industrial sector. It was aimed to find the appropriate setting of manufacturing factors in order to minimize the production loss. However, due to the nature of stochastic search conducted by ABC, the investigation of this study was not only focused on the quality of the solution itself but also on ABC parameters, which were the number of the food sources which is equal to the number of employed or onlooker bees (SN), the value of limit and the maximum cycle number (MCN). A full factorial experimental design was carried out with five replications. The optimal solution, which was initially identified by conventional method, was also obtained by ABC during the experiment. The results were then analyzed using a general linear form of analysis of variance and main effect plots. It was found that the food source number parameter of ABC were statistically significant.

Keywords: Artificial Bee Colony, Design of experiment, Optimization

บทนำ

อัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์ (Artificial bee colony algorithm: ABC) เป็นวิธีการหาค่าผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งเลียนแบบพฤติกรรมทางธรรมชาติ โดยได้แรงบันดาลใจมาจากการหาน้ำหวานของผึ้ง อัลกอริทึมนี้ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Karaboga (2005) ซึ่งทำการประยุกต์ใช้กับปัญหาฟังก์ชันทดสอบแบบตัวแปรต่อเนื่อง หลังจากนั้นได้มีการนำไปใช้กับปัญหาหลากหลายรูปแบบ เช่น ปัญหาการจัดตารางการผลิต (Zhang and Wu, 2011) การพัฒนาระบบการตรวจสอบการอ่านความเข้มข้น (Hsu et al., 2012) ควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์กระแสตรง (Prakash and Anjane, 2013) ปัญหาการจัดตารางงานบนพื้นฐานของการกระจายงานสมดุลในการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (บุญหทัย เครือแก้ว และวราภรณ์ กัมปาน, 2014) ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีรอบเวลาในการขนส่ง (พนาวีลย์ อยู่เจริญ และ กฤษดา อัครรุ่งแสงสกุล, 2556) เนื่องจากในอัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์เป็นอัลกอริทึมที่ประยุกต์ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพในการค้นหาค่าตอบ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้อัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาโมเดลการถดถอยต่อเนื่องแบบไม่เชิงเส้นกับสองปัจจัย

ปัญหาโมเดลทางคณิตศาสตร์

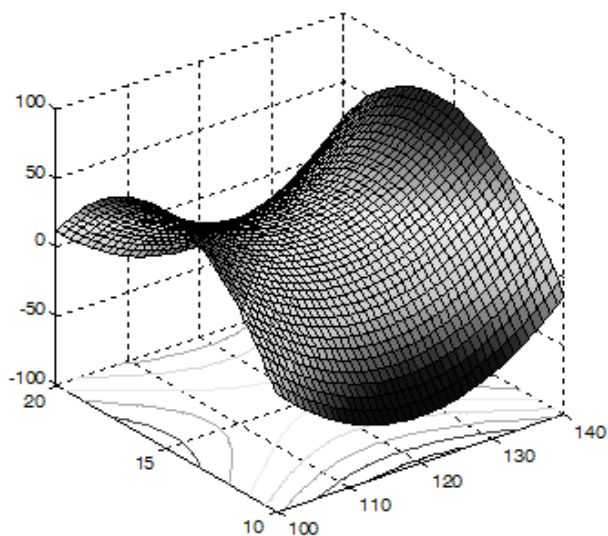
ในการศึกษาครั้งนี้ แก้ปัญหาโมเดลการถดถอยต่อเนื่องแบบไม่เชิงเส้นกับสองตัวแปรของ

Montgomery (Montgomery, 1997) ถูกนำมาใช้เพื่อทดสอบอัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์ โมเดลทางคณิตศาสตร์ถูกสร้างขึ้นจากปัญหากระบวนการในอุตสาหกรรม ซึ่งเกิดการสูญเสียน้ำเชื่อมจากปริมาณของฟองอากาศที่เกิดขึ้น โดยฟองอากาศจะมีปริมาณมากหรือน้อยอาจเกิดจากปัจจัย 2 ตัว คือ ความเร็วรอบของปั๊มในการไหลของน้ำเชื่อม ซึ่งสามารถควบคุมได้ในช่วง 100-140 rpm และความดันของน้ำเชื่อม ซึ่งสามารถควบคุมได้ในช่วง 10-20 psi โมเดลของปัญหาแสดงในสมการที่ 1

$$f(x_1, x_2) = 1217.3 - 31.256x_1 + 86.017x_2 + 28733x_2^2 + 0.02875x_1x_2 \quad (1)$$

โดยที่ $100 \leq x_1 \leq 140$ และ $10 \leq x_2 \leq 20$

ภาพที่ 1 แสดงพื้นผิวตอบสนองของโมเดลของการสูญเสียจากการเกิดฟองอากาศในระบบ ซึ่งพิจารณาจากปัจจัยสองตัวคือ ความเร็วและแรงดัน โมเดลนี้ต้องการหาค่าความสูญเสียที่น้อยที่สุดของน้ำเชื่อม ดังนั้นอัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์จึงถูกประยุกต์ใช้เพื่อหาค่าตัวแปร x_1 และ x_2 ภายใต้ขอบเขตที่พิจารณา อย่างไรก็ตามค่าตัวแปรที่ดีที่สุดซึ่งหาจากวิธีการหาค่าตอบแบบแมนตรงคือ ค่าความเร็วรอบของปั๊มในการไหลของน้ำเชื่อม (x_1) เท่ากับ 119.8313 rpm และ ค่าความดันในระบบ (x_2) เท่ากับ 10 psi ซึ่งทำให้ค่าการสูญเสียน้อยที่สุด $f(x_1, x_2)$ คือ -66.0340.



ภาพที่ 1 พื้นผิวตอบสนองของโมเดลทางคณิตศาสตร์

อัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์

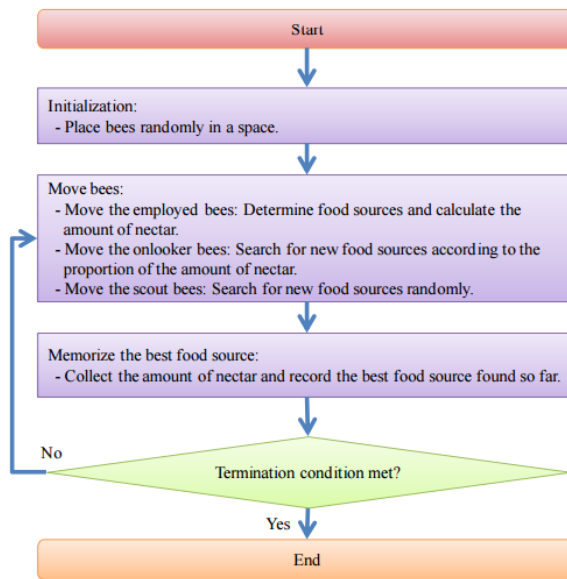
อัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์ถูกพัฒนาขึ้นจากพฤติกรรมกรรมการหาอาหารของผึ้งและเลียนแบบปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในความฉลาดแบบกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาการหาค่าผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (Karaboga and Akay, 2009)

ในสภาพแวดล้อมจริง ชุมชนสังคมของผึ้งในอาณานิคมจะประกอบไปด้วยผึ้งสามประเภทหลัก คือ ผึ้งราชินี ผึ้งผสมพันธุ์ซึ่งมีปริมาณไม่มากสำหรับการทำซ้ำรุ่นต่อไปและผึ้งงานจำนวนมากสำหรับดูแลเกสรและตัวอ่อนในอาณานิคม อัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์เลียนแบบพฤติกรรมของผึ้งงานซึ่งถูกแบ่งออกเป็น ผึ้งงาน (Employed bee) ผึ้งสังเกตการณ์ (Onlooker bee) และผึ้งสำรวจ (Scout bee) ผึ้งสำรวจมีความรับผิดชอบในการค้นหาแหล่งอาหารใหม่และรายงานปริมาณของน้ำหวานในแต่ละสถานที่ หลังจาก que ผึ้งสำรวจได้รวบรวมข้อมูลให้ ผึ้งงานจะทำการบินไปยังพื้นที่ใกล้เคียงของแหล่งอาหารเพื่อค้นหาแหล่งใหม่ ผึ้งสังเกตการณ์รอข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งที่มาของอาหารจากผึ้งงานและหลังจากนั้นจะใช้ข้อมูลนี้ออกไปรวบรวมน้ำหวาน รูปที่ 2 แสดงรายละเอียดขั้นตอนของอัลกอริทึมฝูงผึ้ง

ประดิษฐ์ โดยขั้นตอนแรก สมมติว่ามีผึ้ง N ตัว ถูกสร้างขึ้นแบบสุ่มในขั้นตอนเริ่มต้น ครึ่งหนึ่งของผึ้งที่ถูกสร้างขึ้นถูกเลือกแบบสุ่มเพื่อกระจายไปตามแหล่งอาหารในบริเวณคำตอบที่เป็นไปได้ ผึ้งแต่ละตัวเลือกตำแหน่งและจำปริมาณของน้ำหวานไว้ในหน่วยความจำ โดยปริมาณของน้ำหวานเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ในการสร้างค่าความแข็งแรง (Fitness) ขั้นตอนที่สอง ผึ้งงานแต่ละตัวจะบินไปหาแหล่งอาหารที่ถูกเลือก และทำการเลือกแหล่งอาหารใหม่ใกล้เคียงกับแหล่งอาหารที่ถูกเลือก หลังจาก que ทำการเปรียบเทียบปริมาณของน้ำหวานจากแหล่งเดิมและแหล่งใหม่ ผึ้งงานจะเลือกแหล่งที่มีน้ำหวานมากกว่าเป็นแหล่งอาหารใหม่ ขั้นตอนที่สาม ผึ้งสังเกตการณ์จะรออยู่ที่รังเพื่อรอข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำหวานและจะทำการเลือกแหล่งอาหารที่จะบินไปด้วยค่าความน่าจะเป็น แหล่งอาหารที่มีค่าความน่าจะเป็นสูงจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่าแหล่งอื่น

ความน่าจะเป็นของแหล่งอาหารที่จะถูกเลือกแสดงในสูตรการคำนวณดังนี้

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{n=1}^{SN} fit_n} \quad (2)$$



ภาพที่ 2 ขั้นตอนของอัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์
(Hsu et al., 2012)

โดยที่ p คือ ความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือก
 fit คือ ค่าฟิตเนสของแหล่งอาหาร
 SN คือ จำนวนของแหล่งอาหาร

สมการ (3) แสดงการค้นหาแหล่งอาหารใหม่ของผึ้งงาน

$$v_{ij} = x_{ij} + \phi_{ij}(x_{ij} - x_{kj}) \quad (3)$$

โดยที่ v_{ij} คือ แหล่งอาหารใหม่
 x_{ij} คือ ตำแหน่งแหล่งอาหารปัจจุบัน
 x_{kj} คือ ตำแหน่งแหล่งอาหารข้างเคียงจากการสุ่ม
 ϕ_{ij} คือ ค่าสุ่มที่อยู่ในช่วง $[-1, 1]$

ผึ้งสำรวจจะถูกใช้เพื่อสุ่มหาแหล่งอาหารใหม่ โดยที่แหล่งอาหารเดิมซึ่งพิจารณาจากค่าการพัฒนาของคำตอบ โดยการกำหนดลิมิต (Limit) ถ้าค่าคำตอบไม่มีการพัฒนาในลิมิตที่กำหนด ผึ้งงานจะทิ้งแหล่งอาหารเดิม กลายเป็นผึ้งสำรวจ การดำเนินงานของผึ้งสำรวจจะเป็นดังนี้

$$v_{ij} = LB + \eta \times (UB - LB) \quad (4)$$

โดยที่ LB คือ ค่าขอบล่างของพื้นที่คำตอบ
 UB คือ ค่าขอบบนของพื้นที่คำตอบ
 η คือ ค่าสุ่มแบบยูนิฟอร์มซึ่งอยู่ในช่วง $[0, 1]$

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ผู้วิจัยใช้คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก 1 เครื่องสำหรับเขียนและรัน (Run) โปรแกรมเพื่อเก็บผลการทดลอง มีรายละเอียดตัวเครื่องดังต่อไปนี้

หน่วยประมวลผลกลาง Intel Core 2 Duo Processor CPU 2.10 GHz

หน่วยความจำหลัก (RAM) 2 GB

ความจุของฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) 250 GB

ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม MATLAB

ในการวิเคราะห์การทดลองใช้โปรแกรม MINITAB

การออกแบบการทดลอง

เนื่องจากคุณภาพของคำตอบที่หาได้จากวิธีในกลุ่มเมตาฮีริสติก (Metaheuristics) นั้นขึ้นอยู่กับ การปรับปรุงค่าที่เหมาะสมกับปัญหานั้นจึง ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าปัจจัยที่ เหมาะสมของอัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์กับปัญหา โมเดลการถดถอยต่อเนื่องแบบไม่เชิงเส้นกับสองตัวแปรในการออกแบบการทดลองได้แบ่งออกเป็นสอง ส่วน คือ การทดสอบหาตัวแปรที่เหมาะสมในการหา ค่าคำตอบ และการทดสอบสมรรถนะของอัลกอริทึม ฝูงผึ้งประดิษฐ์

ตัวแปรของอัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์ที่ศึกษา ประกอบไปด้วย จำนวนแหล่งอาหาร (SN) จำนวน รอบสูงสุด (MCN) และ ลิมิต (Limit) ดังนั้นเพื่อหา ปัจจัยที่เหมาะสมของอัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์ จึงใช้ การออกแบบการทดลองแบบ 2^k แฟกทอเรียล (Montgomery, 2001) การทดลองจึงเป็น $2^3 = 8$ การทดลอง สำหรับการทดลองนี้จะทำการทดสอบ สามซ้ำโดยการเปลี่ยนค่าสุ่มเริ่มต้น จึงต้องทำการ ทดลอง $8 \times 3 = 24$ การทดลอง ในงานวิจัยนี้ปัจจัย ต่างๆของอัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์ ได้ถูกแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	
	-1	1
จำนวนแหล่งอาหาร (SN)	10	100
จำนวนรอบสูงสุด (MCN)	100	500
ลิมิต (Limit)	20	80

หลังจากที่ได้ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมแล้ว จะ ทำการทดลองซ้ำอีก 30 ครั้ง โดยการเปลี่ยนค่าสุ่ม เริ่มต้น เพื่อทดสอบสมรรถนะของอัลกอริทึมฝูงผึ้ง ประดิษฐ์

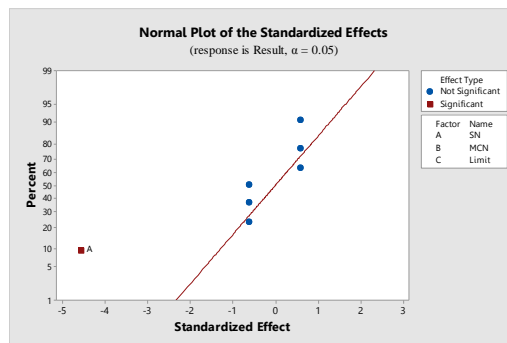
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

หลังจากทำการทดสอบตามทีออกแบบการ ทดลองไว้ จึงนำผลที่ได้ไปทดสอบสถิติโดยการ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ในรูปแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป ซึ่งได้ แสดงผลดังรูปที่ 3 และ 4 ค่าปัจจัย จำนวนแหล่ง อาหาร (SN) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

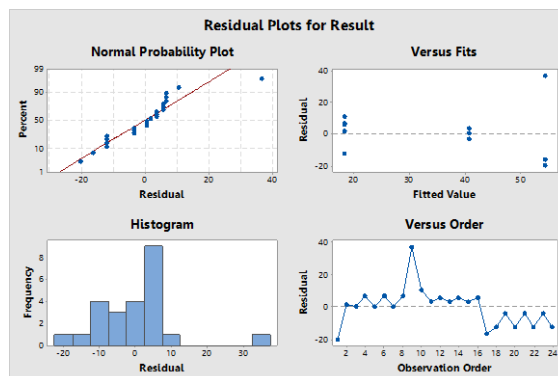
ในขณะที่ค่าปัจจัย จำนวนรอบสูงสุด (MCN) และ ลิมิต (Limit) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพิจารณาได้ จากค่า P-Value ที่มีค่ามากกว่า 0.05 เมื่อพิจารณา Residual Plots จากผลการทดสอบปัจจัยในรูปที่ 5 พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติจึงสรุปได้ว่า ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ และเมื่อพิจารณารูป ผลกระทบหลักในรูปที่ 6 และกราฟผลกระทบรวมใน รูปที่ 7 โดยพิจารณาระดับปัจจัยที่ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยมี ค่าต่ำที่สุด สามารถสรุปได้ว่าควรกำหนดค่าปัจจัย SN, MCN และ Limit เท่ากับ 100, 500 และ 80 ตามลำดับ

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	4398.63	628.38	3.29	0.023
Linear	3	4118.46	1372.82	7.19	0.003
SN	1	3978.37	3978.37	20.85	0.000
MCN	1	70.04	70.04	0.37	0.553
Limit	1	70.04	70.04	0.37	0.553
2-Way Interactions	3	210.12	70.04	0.37	0.778
SN*MCN	1	70.04	70.04	0.37	0.553
SN*Limit	1	70.04	70.04	0.37	0.553
MCN*Limit	1	70.04	70.04	0.37	0.553
3-Way Interactions	1	70.04	70.04	0.37	0.553
SN*MCN*Limit	1	70.04	70.04	0.37	0.553
Error	16	3053.33	190.83		
Total	23	7451.96			

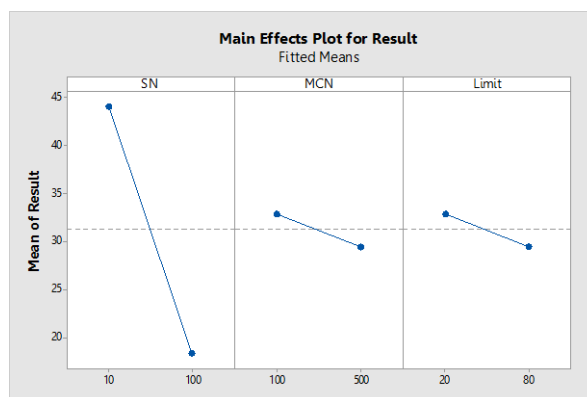
ภาพที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยหลัก



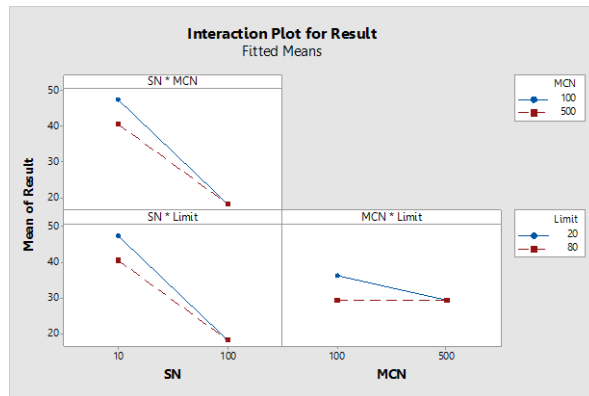
ภาพที่ 4 Normal Plot จากผลการทดสอบปัจจัย



ภาพที่ 5 Residual Plots จากผลการทดสอบปัจจัย



ภาพที่ 6 Main Effects Plots จากผลการทดสอบปัจจัย



ภาพที่ 7 Interaction Plots จากผลการทดสอบปัจจัย

สรุปผล

ในการศึกษาครั้งนี้ อัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์ได้ถูกประยุกต์ใช้กับปัญหาโมเดลการถดถอยต่อเนื่องแบบไม่เชิงเส้นกับสองตัวแปร สำหรับการออกแบบการทดลองนั้นได้แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ การทดลองที่หนึ่งจะทำการทดสอบหาค่าปัจจัยของปัญหาโมเดลการถดถอยต่อเนื่องแบบไม่เชิงเส้นกับสองตัวแปร โดยปัจจัยที่ศึกษาประกอบไปด้วย จำนวนแหล่งอาหาร (SN) จำนวนรอบสูงสุด (MCN) และ ลิมิต (Limit) เพื่อทำการหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด และการทดลองที่สองทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าคำตอบที่ได้จากอัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์กับค่าคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาทดสอบ ผลจากการทดสอบพบว่า ค่าปัจจัย จำนวนแหล่งอาหาร (SN) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในขณะที่ค่าปัจจัย จำนวนรอบสูงสุด (MCN) และ ลิมิต (Limit) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับปัญหานี้ เมื่อพิจารณาจากค่า P-Value ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 และเมื่อพิจารณารูปผลกระทบลักษณะสามารถสรุปได้ว่าควรกำหนดค่าปัจจัย SN, MCN และ Limit เท่ากับ 100, 500 และ 80 ตามลำดับ ในส่วนของการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่ได้จากอัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์กับค่าคำตอบที่ดีที่สุดนั้นพบว่าสามารถหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดพบในเวลาที่รวดเร็ว ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าอัลกอริทึมฝูงผึ้งประดิษฐ์เป็นวิธีการที่น่าสนใจในการที่จะประยุกต์ใช้กับปัญหาทาง

วิศวกรรมและพัฒนาเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- บุญหทัย เครือแก้ว และวรางคณา กัมปาน. (2014). การจัด ตารางงานบนพื้นฐานของการกระจายงานสมดุลในการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆโดยขั้นตอนวิธีอาณานิคมผึ้งเทียม. *The Tenth National Conference on Computing and Information Technology*. 700-705. ภาวาลัย อยู่เจริญ และ กฤษดา อัครรุ่งแสงสกุล. (2556). ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาในการขนส่ง. *การประชุมวิชาการ ข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2556*.
- Chia-Cheng Hsu, Hsin-Chin Chen, Yen-Ning Su, Kuo-Kuang Huang and Yueh-Min Huang. (2012) Developing a Reading Concentration Monitoring System by Applying an Artificial Bee Colony Algorithm to E-Books in an Intelligent Classroom. *Sensors*. 12, 14158-14178.
- Karaboga, D. (2005). *An idea based on honey bee swarm for numerical optimization Turkey*. Technical Report-TR06.

Karaboga, D. and Akay, B. (2009). A comparative study of artificial bee colony algorithm. **Appl. Math. Comput.** 214, 108–132.

Montgomery, D. C. (2001). **Design and analysis of experiments**. John Wiley & Sons, New York.

Prakash varma and B. Anjanees Kumar. (2013). Position Control of DC Motor Using Artificial Bee Colony Based PID Controller. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering.** 3(11), 416-420.

Rui Zhang and Cheng Wu. (2011). An Artificial Bee Colony Algorithm for the Job Shop Scheduling Problem with Random Processing Times. **Entropy.** 13, 1708-1729.

การออกแบบและสร้างวงจรมัลติเพล็กซ์ดิจิทัลบนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL

แสดงผลขนาด 4 หลักด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์

Design and Implementation of the Digital Clock Circuit on CPLD Explorer XC9572XL Board Displaying in 4 Digits with Multiplex Technique

จตุพร ร้องเสียง¹, อติสร กวาวสิบสาม² และ สิริศักดิ์ ยี่ชวน^{3*}

Jatuphorn Rongsiang¹ Adisorn Kwawsibsam² and Sittisak Yeeyoun^{3*}

^{1,2,3} วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

^{1,2,3} College of Integrated Science and Technology Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author e-mail: sittisak_elec@hotmail.co.th, 087-1786675

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรมัลติเพล็กซ์ดิจิทัลบนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL แสดงผลด้วยตัวเลขขนาด 4 หลัก และแสดง AM-PM ด้วย LED โดยออกแบบให้สามารถควบคุมการแสดงผลด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์ ซึ่งการออกแบบวงจรจะใช้คริสตอลบนบอร์ด CPLD ที่สร้างความถี่ออกมา 32.768 kHz นำมาผ่านวงจรหารความถี่โดยใช้ตัวนับเลขฐานสองขนาด 16 บิตเบอร์ CB16CE ให้เหลือความถี่ใช้งาน 1Hz, 2Hz, 256Hz เพื่อใช้งานต่อไป ส่วนวงจรอื่นๆประกอบด้วยวงจร 2 to 1 MUX วงจรนับ 60 วงจรมัลติเพล็กซ์ขนาด 4 บิตจำนวน 4 วงจร วงจรนับ 24 วงจรนับ 4 วงจร 2 to 4 Decoder แบบ Active Low วงจร BCD-8421 to 7 Segment Decoder ซึ่งวงจรต่างๆสามารถออกแบบและสร้างได้ด้วยโปรแกรม Xilinx ISE WebPACK 8.1i โดยวิธีวาดผังวงจร

จากผลการทดสอบพบว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นนาฬิกาบอกเวลาได้และวงจรนี้ใช้ทรัพยากรใน Chip CPLD ดังนี้คือ Macrocells 59/72 (82%) Pterms 165/360 (46%) Registers 43/72 (60%) Pins 18/34 (53%) Function Block Inputs 116/216 (54%)

คำสำคัญ : วงจรมัลติเพล็กซ์ดิจิทัล, วงจรหารความถี่, CPLD, เทคนิคการมัลติเพล็กซ์

Abstract

This article aims to propose the designing and construction of the Digital Clock Circuit on CPLD Explorer XC9572XL Board displaying in 4 digits and showing AM-PM with LED. The digital clock is designed so as to be able to perform the displaying with multiplex technique and to use crystal on the board which generates the frequencies of 32.768 kHz via the Frequency Dividing Circuit using CB16CE 16 bits Binary counter to produce the frequency rates of 1 Hz, 2 Hz, and 256 Hz for later usage. The other circuits consist of 2-to-1 MUX circuit, 60-counter circuit, 4 circuits of 4-bit Multiplex circuit, 24-counter circuit, 4-counter circuit, 2-to-4 Decoder circuit in Active Low mode, BCD-8421 to 7 segment decoder circuit. The mentioned circuits can be designed and created by drawing wiring diagram using Xilinx ISE WebPACK 8.1i.

From the results of the experiments, it is found that the circuit uses resources in CPLD Chip as follows: Macrocells 59/72 (82%), Pterms 165/360 (46%), Registers 43/72 (60%), Pins 18/34 (53%), and Function Block Input 116/216 (54%). Therefore, it can be concluded that the circuit works properly as designed.

Keywords : Digital Clock Circuit, Frequency Dividing Circuit, CPLD, Multiplex Technique.

บทนำ

ระบบดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างมาก อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆล้วนมีระบบนี้เข้าไปเกี่ยวข้อง เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ในสำนักงาน ทางทหาร ทางการแพทย์ ระบบเครือข่ายและการสื่อสาร การเรียนการสอนในสาขาอิเล็กทรอนิกส์นั้น วิชาวงจรดิจิทัลถือเป็นวิชาหลักทั้งในระดับ ปวช. และระดับอุดมศึกษา ซึ่งนักศึกษาจะต้องเรียนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ เนื้อหาที่เรียนจะเริ่มจากระบบเลขฐานสอง รหัสเลขฐานสอง ลอจิกเกต ทรานซิสเตอร์ วงจรคอมไบเนชัน ฟลิปฟลอป รีจิสเตอร์ วงจรนับ และอื่นๆ ซึ่งจะเน้นให้นักศึกษานำลอจิกเกตมาออกแบบวงจรดิจิทัล เมื่อทำการออกแบบวงจรเสร็จแล้วนำลอจิกเกต หรือไอซีดิจิทัลสำเร็จรูปที่มีฟังก์ชันการทำงานที่เฉพาะด้าน มาต่อวงจรลงโปรโตบอร์ด ต่ออุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต ป้อนไฟเลี้ยงให้วงจรแล้วทำการป้อนลอจิกอินพุตเพื่อทดสอบวงจรว่าทำงานตามที่เรากำหนดไว้หรือไม่ถ้าวงจรไม่ทำงานแสดงว่าเกิดการผิดพลาด เช่น ต่อวงจรผิด ใช้ไอซีลอจิกเกตผิดเบอร์ ยิ่งถ้าหากวงจรที่เราออกแบบไว้มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมากการต่อวงจรก็จะมีขนาดใหญ่ตาม ใช้เวลา อุปกรณ์มากขึ้น โอกาสผิดพลาดก็มีสูงตาม การแก้ไขวงจรก็ยุ่งยากตามไปด้วย มีผลต่อความถูกต้องแม่นยำในการทำงานของวงจรเพราะที่ความถี่สูงๆจะเกิด Delay Time และสิ้นเปลืองงบประมาณในการสร้างมาก

ปัจจุบันการออกแบบฮาร์ดแวร์ทางด้านดิจิทัลได้พัฒนาไปมาก ทางเลือกในการออกแบบไอซีเพื่อผลิตฮาร์ดแวร์ดิจิทัลจำนวนมากๆและมีราคาต้นทุนต่ำได้หันมาใช้เทคโนโลยี FPGA (Field Programmable Gate Array) และ CPLD (Complex Programmable Logic Device) (ณรงค์ ทองฉิม และ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

CPLD เป็นชิพเอเนกประสงค์ที่สามารถโปรแกรมให้มีฟังก์ชันการทำงานตามที่ต้องการได้ มีส่วนประกอบภายในหลักๆคือ Function Block และ I/O Block ที่สามารถเชื่อมต่อถึงกันด้วยสวิตซ์ Matrix ภายใน Function Block จะประกอบไปด้วยวงจรลอจิกพื้นฐานต่างๆที่สามารถโปรแกรมเป็นวงจรดิจิทัลได้ตามต้องการ โดยทั่วไป CPLD จะมีความจุวงจรไม่เกิน 10,000 เกต สามารถโปรแกรมข้อมูลวงจรซ้ำได้หลายครั้ง ข้อมูลวงจรยังคงอยู่ภายใน CPLD ถึงแม้ไม่มีไฟเลี้ยง ด้วยคุณสมบัติเด่นของเทคโนโลยี CPLD ทำให้การออกแบบวงจรดิจิทัลบน CPLD สามารถแก้ไขปัญหาต่างๆที่ได้กล่าวมาได้อย่างมาก สะดวกในการสร้างวงจรประหยัดเวลางบประมาณ แก้ไขวงจรได้ง่าย ความน่าเชื่อถือและความถูกต้องแม่นยำในการทำงานสูง [1-2]

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักศึกษาได้ทำการศึกษาการออกแบบและประยุกต์ใช้งานวงจรนับเป็นวงจรรนาฟิคาดิจิทัล ที่สามารถใช้งานได้จริงแสดงผลขนาด 4 หลัก บนบอร์ด CPLD Explorer XC 9572XL โดยวิธีวาดผังวงจร โดยใช้โปรแกรม Xilinx ISE WebPACK 8.1i เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการออกแบบ ซึ่งสามารถสร้างวงจรร้อยหลายๆวงจรแล้วนำวงจรต่างๆมาต่อกันเสร็จแล้วทำการยุบวงจรต่างๆให้เหลือวงจรเดียวได้ ส่วนการแสดงผลนั้นจะอาศัยการออกแบบโดยใช้เทคนิคการมัลติเพล็กซ์เข้ามาช่วยก่อนส่งข้อมูลแสดงผลที่ 7 เซกเมนต์ ทำให้ลดขนาดของวงจรให้เล็กลงได้มาก และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรอื่นๆได้อีกมากมาย อีกทั้งเพื่อเป็นการเรียนรู้การออกแบบขั้นพื้นฐานเพื่อใช้ในการศึกษาต่อในระดับสูงชันของนักศึกษา และยังเป็นโอกาสที่ดีที่จะทำให้นักศึกษาสาขาวิชาเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ สาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้กล้าคิด กล้าทำและนำเสนอผลงานต่อไป

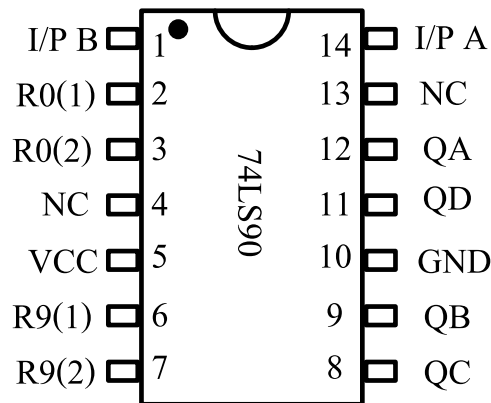
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรนาฬิกาดิจิทัล แสดงผลขนาด 4 หลักและการมัลติเพล็กซ์บนบอร์ด CPLD Explorer XC 9572XL

2. เพื่อสร้างวงจรนาฬิกาดิจิทัลแสดงผลขนาด 4 หลักและการมัลติเพล็กซ์บนบอร์ด CPLD Explorer XC 9572XL โดยวิธีวาดผังวงจร

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

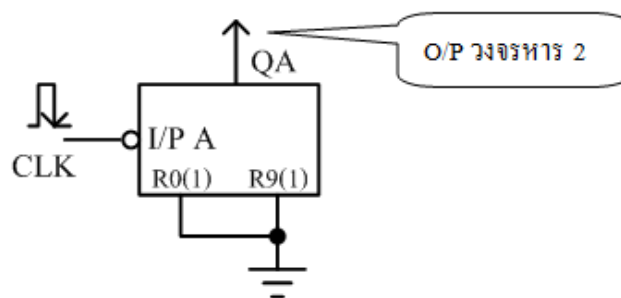
1. ไอซีดิจิทัลที่เกี่ยวข้อง



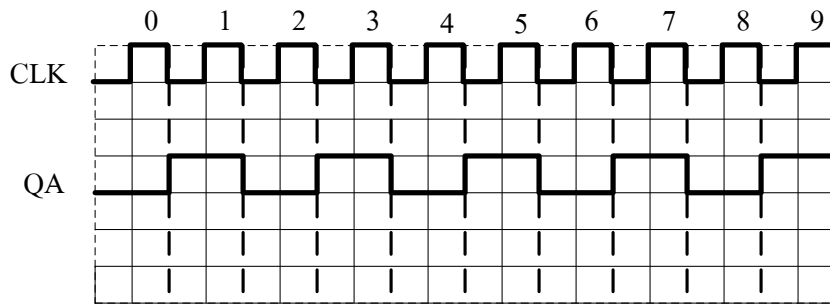
ภาพที่ 1 IC 74LS90 ASynchronous Decade Counter

จากภาพที่ 1 IC 74LS90 เป็นไอซีดิจิทัลชนิด TTL ทำหน้าที่นับสิบภายในมีวงจรนับ 2 ชุดคือนับ 2 กับนับ 5 I/P A เป็นอินพุตของวงจรนับ 2 ส่วน I/P B เป็นอินพุตของวงจรนับ 5 ทำงานที่สภาวะขอบขาลง มีขาเรซีตคือขา R0(1), R0(2) ทำงานที่ลอจิก 1 ไอซีตัวนี้สามารถออกแบบเป็นวงจรนับและวงจรหารความถี่ได้ [3-4]

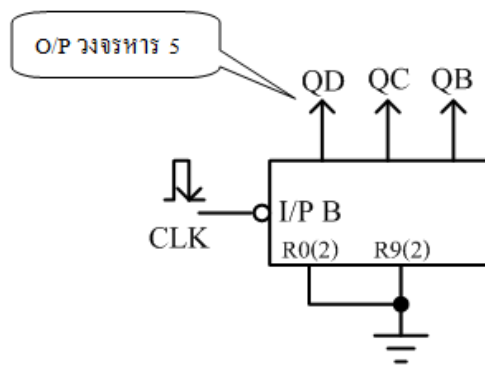
วิธีวาดผังวงจรคือการนำเอาสัญลักษณ์ของไอซีหรือลอจิกเกตมาวางไว้ในโปรแกรมแล้วลากเส้นเชื่อมต่อกันให้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้แล้วใส่ชื่ออินพุตและเอาต์พุต (I/O Marker) ให้ครบโดยการตั้งชื่อต้องไม่ซ้ำกับค่าสงวนที่กำหนดไว้ในโปรแกรม



ภาพที่ 2 วงจรนับหาร 2



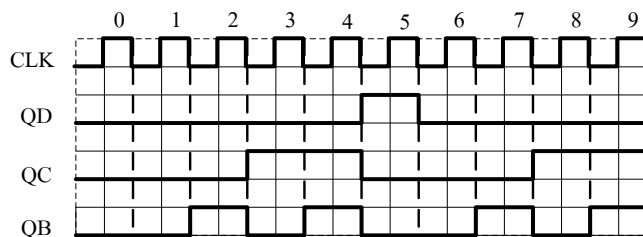
ภาพที่ 3 Timing diagram วงจรนับหาร 2



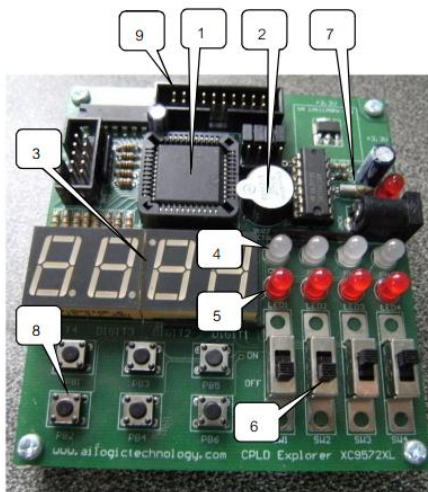
ภาพที่ 4 วงจรนับหาร 5

จากภาพที่ 4 เป็นวงจรถับหาร 5 โดยใช้ IC74LS90 ป้อนสัญญาณนาฬิกาเข้าที่อินพุต B ซึ่งทำงานในในสถานะขอบขาสูงเอาต์พุตออกที่ QD QC QB โดยวงจรถับหารจะทำการนับเลข 0-4 จากภาพที่ 5

พบว่าสัญญาณที่เป็นการหารด้วย 5 อยู่ที่ QD ซึ่งสามารถนำจุดนี้ไปใช้งานได้ (นภัทร วัฒนเทพินทร์, 2544)



ภาพที่ 5 Timing diagram วงจรนับหาร 5



ภาพที่ 6 บอร์ดทดลอง CPLD Explorer XC9572XL

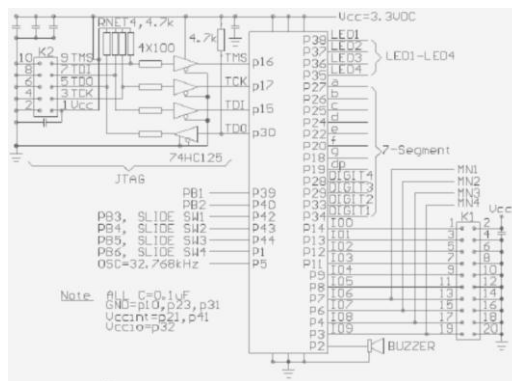
2. คุณสมบัติของบอร์ดทดลอง CPLD Explorer XC9572XL แต่ละหมายเลขอธิบายได้ดังนี้

1. CPLD เบอร์ XC9572XL 1,600 เกต แบบ PLCC 44 ขา (PC44) Speed Grade -10
2. Buzzer 1 ตัว
3. 7 Segment common K ขนาด 4 หลัก
4. LED แสดงผล 3 สถานะ 4 หลอด
5. LED แสดงผล 2 สถานะ 4 หลอด
6. Slide Switch 4 ตัว
7. Onboard Oscillator 32.768 kHz
8. Push button switch 6 ตัว

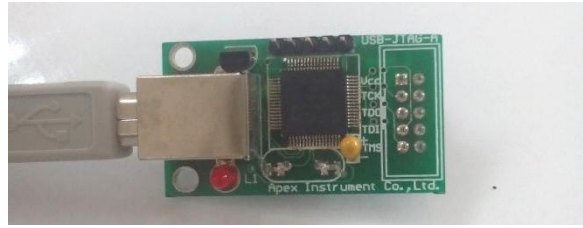
9. Port K1 เป็น I/O 10 บิต ซึ่งสามารถใช้กับ I/O 5V และ 3.3V ได้ (ณรงค์ ทองฉิม และ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

จากภาพที่ 6 มีองค์ประกอบหลักๆทั้งหมด 9 ส่วน เช่น Buzzer ทำงานด้วยไฟตรง 3.3V, Slide Switch เลื่อนขึ้นเป็นลอจิก 0 เลื่อนลงเป็นลอจิก 1, Push button switch เมื่อกดจะเป็นลอจิก 0 ไม่กดจะเป็นลอจิก 1, LED แสดงผล 3 สถานะคือถ้าเป็นลอจิก 1 จะติดเป็นสีเหลือง ถ้าเป็นลอจิก 0 จะติดเป็นสีแดงและถ้าดับหมายถึงสถานะ Hi impedance

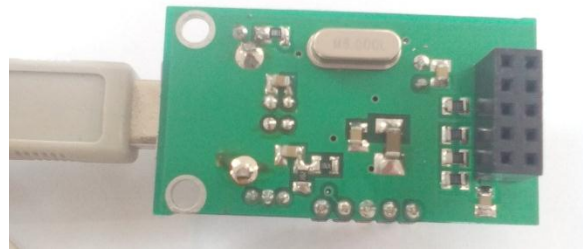
3. วงจรและตำแหน่งขาของ CPLD Explorer XC9572XL



ภาพที่ 7 วงจรและตำแหน่งขาของ CPLD เบอร์ XC9572XL (ที่มา: <http://www.ailogictechnology.com/index.php>)



(a)



(b)

ภาพที่ 8 สาย USB JTAG (a) ด้านบน (b) ด้านล่าง

จากภาพที่ 7 เป็นวงจรการเชื่อมต่อบนบอร์ด CPLD และตำแหน่งขาในการเลือกใช้งาน Chip CPLD XC9572XL ขนาด 44 ขามีความจุ 1600 เกต มี 34 I/O โครงสร้างภายในประกอบด้วย Function Block และ I/O Block ที่สามารถเชื่อมต่อกันด้วย สวิตช์แมทริกซ์ ภายใน Function Block ประกอบไปด้วยวงจรลอจิกเกตพื้นฐานที่สามารถโปรแกรมเป็นวงจรดิจิทัลได้ตามต้องการเมื่อโปรแกรมแล้ว ข้อมูลยังคงอยู่ถึงแม้ไม่มีไฟเลี้ยงและสามารถโปรแกรมได้หลายครั้ง

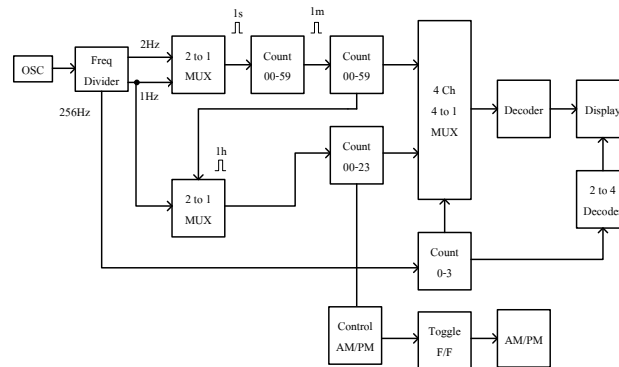
ภาพที่ 8 แสดงสายต่อ USB JTAG (a) ด้านบน การวางอุปกรณ์ส่วน (b) ด้านล่างการบัดกรีวงจร ซึ่งเป็นสายที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์กับบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL

เวลาที่เรต้องการดาวน์โหลดวงจรจากคอมพิวเตอร์ลงสู่ชิพ CPLD

การติดตั้งทำได้โดยเสียบสายเข้ากับพอร์ต USB แล้วคอมพิวเตอร์จะแจ้งว่าตรวจพบฮาร์ดแวร์ใหม่ จากนั้นคลิกปุ่ม Browse หาไฟล์เดอริเวอร์ชื่อ USB_JTAG_Driver ใน C:\ USB_JTAG\ USB_JTAG_Driver แล้วทำการติดตั้งจนเสร็จ จากนั้นทำการตรวจสอบว่าสาย USB JTAG ต่อกับ COM Port ไตของคอมพิวเตอร์โดยการคลิกขวาที่ My Computer คลิกที่ Properties เลือกแท็บ Hardware แล้วคลิก Device Manager แล้วคลิก + ที่หน้า Ports สังเกตหมายเลขพอร์ตที่ปรากฏ (ณรงค์ ทองฉิม และ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น)

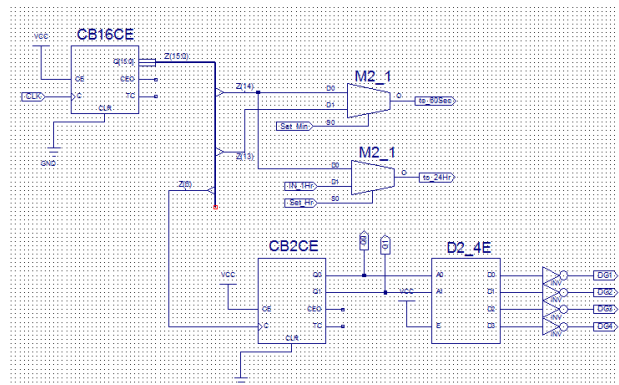
วิธีการวิจัย

1. กำหนด Block Diagram ของวงจรมานีภาคิจิตอล



ภาพที่ 9 Block Diagram ของวงจรมานีภาคิจิตอล

2. สร้างวงจรรความถี่ วงจร 2 to 1 MUX วงจรนับ 4 และวงจร 2 to 4 Decoder

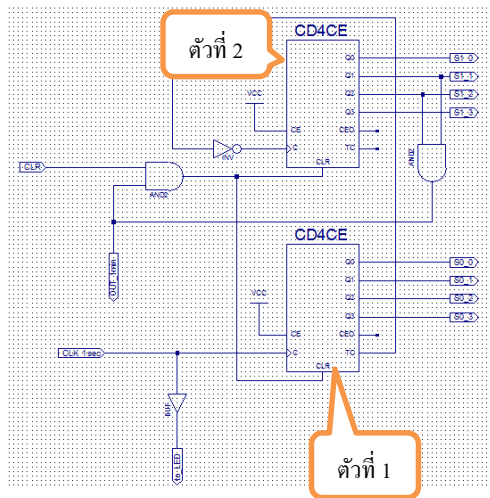


ภาพที่ 10 Block Diagram ของวงจรมานีภาคิจิตอล

จากรูปที่ 10 ไอซี CB16CE หารความถี่จาก 32.768 kHz ออกมา 3 ความถี่คือ 1 Hz, 2 Hz, ส่งเข้าตัว 2 to 1 MUX เพื่อเป็นสัญญาณนาฬิกาและเป็นตัวตั้งเวลาให้กับวงจรมานีภาคิจิตอลที่และนาฬิกาที่ความถี่ 1 Hz ยังส่งเข้าตัว 2 to 1 MUX ตัวที่สอง

เพื่อเป็นตัวตั้งเวลาให้กับวงจรมานีภาคิจิตอลส่วนความถี่ 512 Hz ส่งเข้าวงจรมานีภาคิจิตอล 4 เพื่อทำหน้าที่สแกนการทำงานของวงจร 4 to 1 MUX และวงจร 2 to 4 Decoder โดยใช้ความถี่ที่เหมาะสมต่อไป

3. ออกแบบและสร้างวงจรนับ 00-59 วินาทีโดยใช้ตัวนับเบอร์ CD4CE



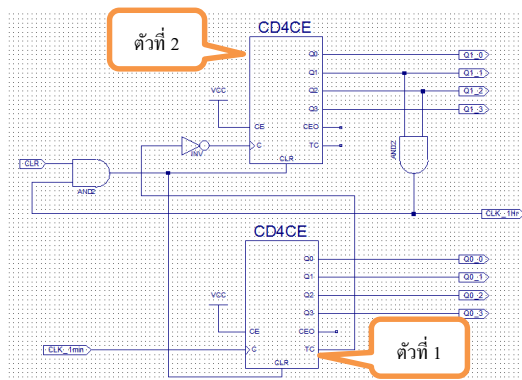
ภาพที่ 11 วงจรนับ 00-59 วินาที

จากภาพที่ 11 ไอซี CD4CE เป็นวงจรนับสิบ ตัวที่ 1 นับหลักหน่วย 0-9 ส่วนตัวที่ 2 นับหลักสิบ 0-5 โดยมี AND gate 2 ตัวทำหน้าที่ในการตรวจสอบการนับให้ถูกต้องและมี LED เอาต์พุต แสดงวินาที

จากภาพที่ 12 เป็นวงจรนับหลักนาที 00-59 โดยใช้ไอซี CD4CE ทำหน้าที่ในการนับสิบ ไอซีตัวที่ 1 นับหลักหน่วย 0-9 ส่วนตัวที่ 2 นับหลักสิบ 0-5

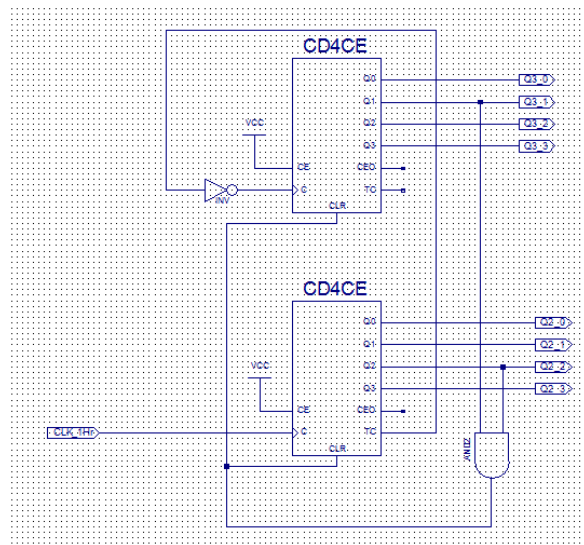
แล้วทำการรีเซ็ตที่เลข 60 โดยมี AND gate ที่ต่อกับ เอาต์พุตของไอซีนับตัวที่ 2 ทำหน้าที่ในการ ตรวจสอบเลข 6 เมื่อถึงการนับเลข 60 เอาต์พุตของ ไอซีนับทั้ง 2 ตัวจะเป็น 0110 0000 จะทำให้ เอาต์พุตของ AND gate เป็นลอจิก 1 จากนั้นจึงส่ง ลอจิก 1 ไปเข้าขา CLR ของไอซีนับตัวที่ 2 ทำให้เกิด การรีเซ็ตวงจรเป็น 0000 0000

4. ออกแบบและสร้างวงจรนับ 00-59 นาทีโดยใช้ตัวนับเบอร์ CD4CE

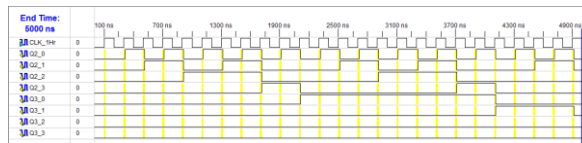


ภาพที่ 12 วงจรนับ 00-59 นาที

5. ออกแบบและสร้างวงจรนับ 00-23 ชั่วโมงโดยใช้ตัวนับเบอร์ CD4CE

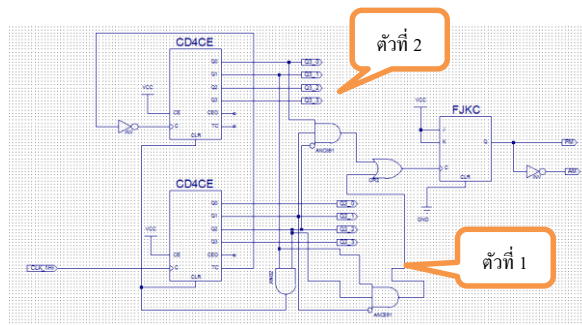


ภาพที่ 13 วงจรนับ 00-23 ชั่วโมง



ภาพที่ 14 การจำลองการทำงานของวงจรนับ 00-23

6. ออกแบบและสร้างวงจรนับ 00-23 ชั่วโมงที่แสดงผล AM-PM



ภาพที่ 15 วงจรนับหลักชั่วโมงแสดงผล AM-PM

จากภาพที่ 15 ใช้ AND gate 3 อินพุตแบบมี NOT gate 1 อินพุตจำนวน 2 ตัว ตัวที่ 2 ทำหน้าที่ตรวจสอบการนับเลข 12 ถ้าหากมีการนับถึงเลข 12 จะทำให้มีสัญญาณไปกระตุ้น Toggle F/F ทำงานแล้วแสดงผล PM ส่วนตัวที่ 1 ทำหน้าที่ตรวจสอบ

การนับเลข 24 ถ้าหากมีการนับถึงเลข 24 จะทำให้มีสัญญาณไปกระตุ้น Toggle F/F ทำงานแล้วแสดงผล AM โดยมี OR gate เป็นตัวเชื่อมการทำงานของ AND gate 3 อินพุตทั้ง 2 ตัว



ภาพที่ 16 การจำลองการทำงานของวงจรมัลติเพล็กซ์แสดงผล AM-PM

จากภาพที่ 16 เป็นการยืนยันการทำงานของ วงจรที่ออกแบบไว้ ในกรอบแรกพบว่าเมื่อวงจรมัลติเพล็กซ์ เลข 12 เอาต์พุต PM จะเปลี่ยนเป็นลอจิก 1 ทันที จากนั้นในรอบที่ 2 พบว่าเอาต์พุต PM เป็นลอจิก 1 จนถึงการนับเลข 23 หลังจากนั้นเมื่อถึงเวลา 24.00 น. หรือ 0000 0000 เอาต์พุต PM จะเปลี่ยนเป็น

ลอจิก 0 และเอาต์พุต AM จะเปลี่ยนเป็นลอจิก 1 การทำงานจะสลับกันแบบนี้ทุกๆ 12 ชั่วโมงโดย อาศัยหลักการทำงานของ Toggle F/F ที่ประยุกต์มาจาก JK-F/F

7. การเชื่อมต่อขาวงจรเข้ากับบอร์ด CPLD

```

1 NET "CLK" LOC = "P5";
2 NET "CLR" LOC = "P42";
3 NET "Set_Min" LOC = "P43";
4 NET "Set_Hr" LOC = "P1";
5 NET "LED_sec" LOC = "P19";
6 NET "a1" LOC = "P27";
7 NET "b1" LOC = "P26";
8 NET "c1" LOC = "P25";
9 NET "d1" LOC = "P24";
10 NET "e1" LOC = "P22";
11 NET "f1" LOC = "P20";
12 NET "g1" LOC = "P18";
13 NET "AM" LOC = "P38";
14 NET "PM" LOC = "P37";
15 NET "DG1" LOC = "P34";
16 NET "DG2" LOC = "P33";
17 NET "DG3" LOC = "P29";
18 NET "DG4" LOC = "P28";
19
20

```

ภาพที่ 17 การกำหนดขาในหน้าต่าง Edit Constraints (text)

Fitler Report

Summary

Design Name	Digital_Clock
Fitting Status	Successful
Software Version	1.26
Device Used	XC9572XL-10-PC4H
Date	3-7-2015, 10:20AM

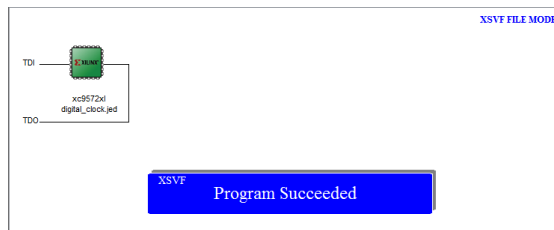
RESOURCES SUMMARY

Macrocells Used	Perms Used	Registers Used	Pins Used	Function Block Inputs Used
5972 (82%)	165360 (46%)	4372 (60%)	1834 (53%)	116216 (54%)

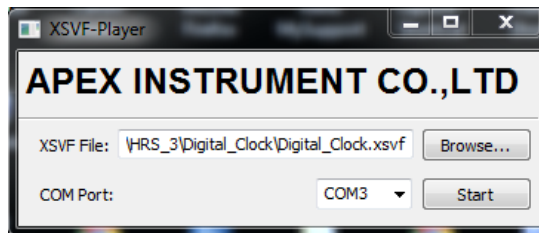
PIN RESOURCES

Signal Type	Required	Mapped	IO Pin Type	Used	Total
Input	3	3	IO	16	28
Output	14	14	GCK:IO	1	3
Bidirectional	0	0	GTS:IO	1	2
GCK	1	1	GSR:IO	0	1
GTS	0	0			
GSR	0	0			

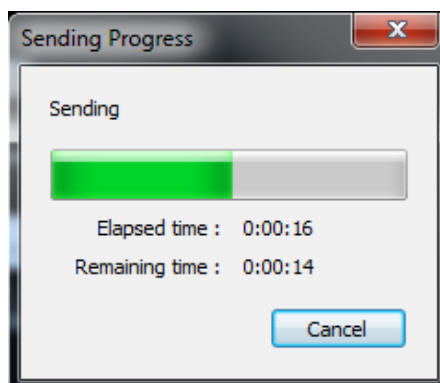
ภาพที่ 18 การใช้ทรัพยากรทั้งหมดภายใน Chip CPLD



ภาพที่ 19 การสร้างไฟล์ .XSVF

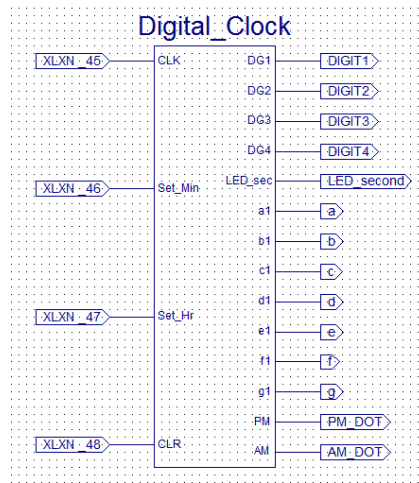


ภาพที่ 20 การเลือกไฟล์เพื่อดาวน์โหลด

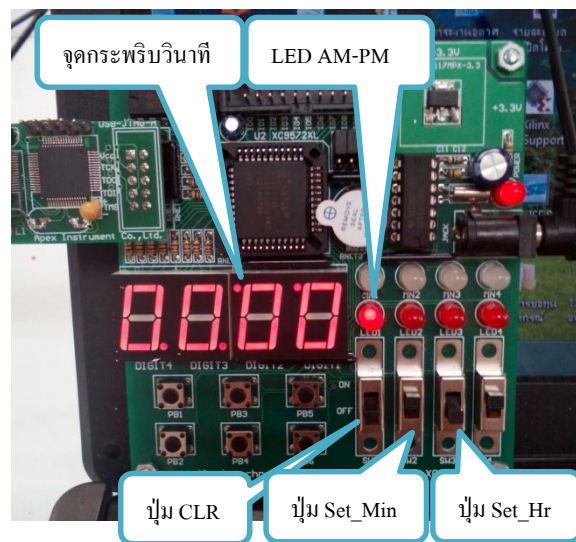


ภาพที่ 21 การดาวน์โหลดวงจรลงสู่ Chip CPLD

ผลการวิจัย

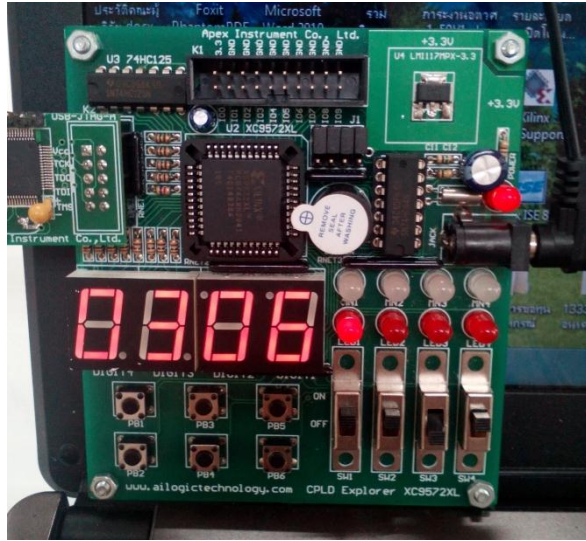


ภาพที่ 22 ชิปตัวใหม่ของจรรยาภาดิจิตตอลที่พร้อมใช้งาน

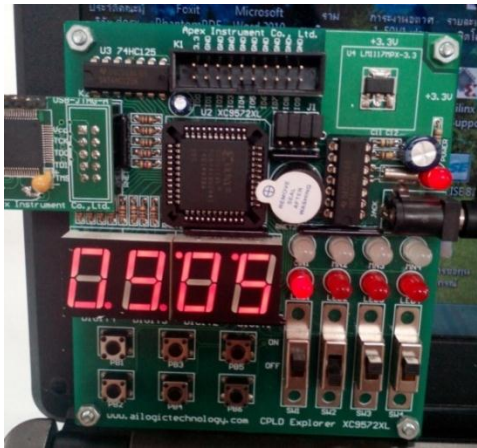


ภาพที่ 23 ปุ่มควบคุมการทำงาน CLR, Set_Min, Set_Hr

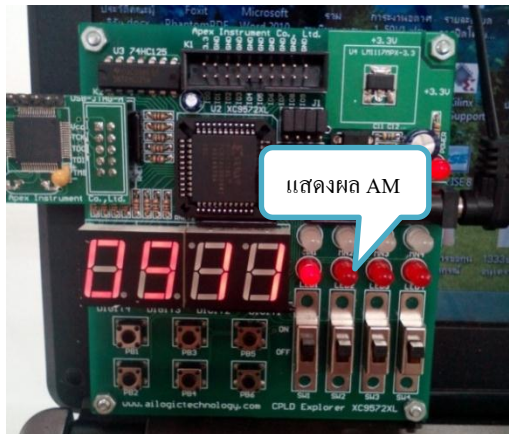
จากภาพที่ 23 เลื่อนปุ่ม CLR ลงด้านล่างหรือเป็นลอจิก 1 จะทำให้วงจร Reset ค่าเป็นศูนย์ทั้งหมดโดยไม่มีการทำงานใดๆ



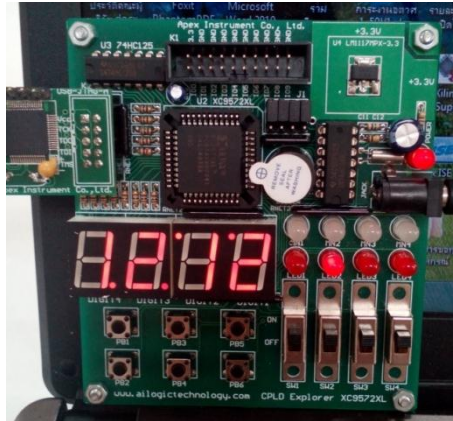
ภาพที่ 24 การตั้งเวลาหลักชั่วโมง โดยให้ปุ่ม CLR=0, ปุ่ม Set_Min =0, ปุ่ม Set_Hr =1



ภาพที่ 25 การตั้งเวลาหลักนาที โดยให้ปุ่ม CLR=0, ปุ่ม Set_Min =1, ปุ่ม Set_Hr =0



ภาพที่ 26 นาฬิกาดิจิตอลแสดงเวลา 09.11 น. ปุ่ม CLR=0, ปุ่ม Set_Min =0, ปุ่ม Set_Hr =0 แสดงผล AM



ภาพที่ 27 นาฬิกาดิจิตอลแสดงเวลา 12.12 น. ปุ่ม CLR=0, ปุ่ม Set_Min =0, ปุ่ม Set_Hr =0 แสดงผล PM

อภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบและทดสอบวงจรพบว่าวงจรทำงานได้ดีตามที่ต้องการแต่เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้งานทั่วไป เช่น นาฬิกาข้อมือ นาฬิกาแขวนผนัง พบว่านาฬิกาที่สร้างขึ้นจากชิพ CPLD มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย จะเดินช้ากว่าปกติ สาเหตุเนื่องมาจากวงจรผลิตความถี่บนบอร์ดที่อาจมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งอาจต้องใช้คริสตัลที่มีความเที่ยงตรงสูงในการผลิตความถี่ การสร้างวงจรต้องระมัดระวังการลากเส้นเชื่อมต่อให้ถูกต้องทุกเส้น การออกแบบมีความซับซ้อนตรงที่ภาคแสดงผล AM-PM เพราะต้องการให้มีสัญญาณพัลส์ 1 ลูกทุกครั้งที่นับเลข 12 และเลข 24 เพื่อส่งไปกระตุ้นวงจรแสดงผลซึ่งต้องใช้ทักษะพื้นฐานวงจรดิจิตอลมากพอสมควร ซึ่งแนวทางแก้ไขคืออาจารย์ผู้สอนจะต้องฝึกให้นักศึกษาออกแบบวงจรหารความถี่และวงจรมับแบบไม่ลงตัวให้มีความเข้าใจมากกว่านี้ แนวทางการพัฒนางานวิจัย เช่น การใช้วงจรผลิตความถี่ที่มีมาตรฐานสูง การออกแบบวงจรให้สามารถแสดงผลได้กับตัวเลขขนาดใหญ่มีเสียงเตือนเมื่อถึงเวลาที่ต้องการหรือออกแบบวงจรให้สามารถแสดงผลอุณหภูมิได้

สรุป

การออกแบบและสร้างวงจรรนาฬิกาดิจิตอลบนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL วงจรที่ออกแบบเพิ่มเติม เช่น วงจรนับนาที่ ชั่วโมง การประยุกต์ใช้วงจร MUX วงจรแสดงผล AM-PM โดยใช้ Toggle F/F แล้วต่อร่วมกับวงจรอื่นๆที่ได้ออกแบบไว้แล้ว พบว่าวงจรสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีตามที่คาดหวังไว้ และใช้ทรัพยากรภายในชิพ CPLD เช่น Registers 43/72 (60%) Pins 18/34 (53%) สามารถนำวงจรนี้ไปใช้กับวงจรอื่นๆได้อย่างไม่จำกัด และแก้ไขวงจรได้ง่าย ตัวชิพ CPLD สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ตลอดแม้ไม่มีไฟเลี้ยงและสามารถใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ประจำปี 2558 เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้นักศึกษาได้คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น จนสามารถเป็นบัณฑิตนักปฏิบัติ (Hands-on) ได้อย่างแท้จริงและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาชุมชน สังคมได้อย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ ทองนิม และ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น. ออกแบบ

ดิจิทัลสมัยใหม่ด้วย FPGA และ CPLD

ภาคปฏิบัติเล่มที่ 1 Schematic.

นภัทร วัฒนเทพินทร์. (2544). วงจรดิจิทัล(ลอจิก

เชิงลำดับ). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :

สกายบุ๊กส์.

Alan B.Marcovitz. **Introduction to Logic**

Design, New York, USA : McGraw-Hil.

<http://www.ailogictechnology.com/index.php>.

Robert K. Dueck. **Digital Design with CPLD**

Applications and VHDL. 2nd Edition. Red

River College, Winnipeg, Manitoba.

การออกแบบวงจรนับสิบ 4 หลักบนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL

แสดงผลด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์

Designing the 4 Digits Decade Counter on CPLD Explorer XC9572XL

Board Display with Multiplex Technique

ทิวา วรสินศักดิ์¹, อติสร กวาวสิบสาม² และ สิทธิศักดิ์ ยี่ชวน^{3*}

Thiwa Worasinsak¹, Adisorn Kwawsibsam² and Sittisak Yeeyoun^{3*}

^{1,2,3} วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

^{1,2,3} College of Integrated Science and Technology Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding author e-mail: sittisak_elec@hotmail.co.th, 087-1786675

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการออกแบบและสร้างวงจรนับสิบขนาด 4 หลัก บนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL แสดงผลด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์ ซึ่งบอร์ดใช้ไฟเลี้ยงวงจร 3.3V สามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง ทำการสร้างวงจรโดยวิธีวาดผังวงจรโดยใช้ ISE WebPACK 8.1i ของบริษัท Xilinx เสร็จแล้วดาวน์โหลดวงจรลงใน Chip CPLD ขนาด 1,600 เกต ซึ่งวงจรที่ออกแบบประกอบด้วยวงจรถ่ายความถี่ 32.768kHz วงจรหารความถี่ วงจร 2 to 1 MUX วงจรนับสิบ 4 หลัก วงจรนับ 4 วงจร 4 to 1 MUX จำนวน 4 ชุด วงจร 2 to 4 Decoder แบบ Active Low และวงจรถอดรหัส BCD-8421 to 7 Segment โดยใช้ความถี่ในการสแกนแต่ละหลักไม่ต่ำกว่า 30 Hz ทำการทดสอบวงจรโดยการจำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม ISE Simulator แล้วทำการรวมทุกวงจรเข้าด้วยกันโดยการสร้าง Symbol พบว่าวงจรใช้ทรัพยากรใน Chip CPLD ดังนี้คือ Macrocells 45/72 (63%) Pterms 131/360 (37%) Registers 33/72 (46%) Pins 14/34 (42%) Function Block Inputs 57/216 (27%) ผลการสร้างวงจรพบว่าการทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ออกแบบไว้

คำสำคัญ: วงจรนับสิบ 4 หลัก CPLD เทคนิคการมัลติเพล็กซ์

Abstract

This article aims to design and build the 4 Digits Decade Counter on CPLD Explorer XC9572XL board display with multiplex technique on the CPLD Explorer XC9572XL. It was 3.3V power supply and no data is lost if no power supply. Design and build by schematic using software tool ISE WebPACK 8.1i and Service Pack 2 of the Xilinx copyright then download circuit into CPLD Chip 1600 gates. This circuit consist of oscillator circuit 32.768 kHz, frequency divide circuit, 2 line to 1 line MUX, 4 digits decade counter, 2 bits counter, 4 channel 4 line to 1line MUX, 2 line to 4 line decoder active low and bcd-8421 to 7 segment decoder. In the design, Author use the frequency scanning of each digit more than 30 Hz. Author tested the circuit design using simulation program found that this design resource in the CPLD chip below Macro cells 45/72 (63%), Pterms 131/360 (37%), Registers 33/72 (46%), Pins 14/34 (42%), Function Block Inputs 57/216 (27%). Results showed that the circuit works properly as designed.

Keywords: 4 Digits Decade Counter, CPLD, Multiplex Technique

บทนำ

ปัจจุบันวงจรดิจิทัลเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวัน ทุกวันนี้อุปกรณ์และเครื่องใช้ต่างๆล้วนมีวงจรดิจิทัลเข้าไปเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ เครื่องมือทางการแพทย์ สิ่งอำนวยความสะดวกและด้านความปลอดภัยในการดำรงชีวิต เช่น วงจรควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ วงจรควบคุมการแสดงผลในระบบไฟจราจร เพื่อให้เราสามารถทราบและตัดสินใจได้ถูกต้อง การแสดงผลสามารถแสดงได้ในหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น แสดงผลด้วยเสียง หลอดไฟ LED หรือตัวเลข เป็นต้น

การออกแบบวงจรดิจิทัลที่ผ่านมานั้นเมื่อออกแบบวงจรเสร็จแล้วจะต้องนำวงจรที่ได้ไปทำการทดลองโดยการต่อวงจรบนโปรโตบอร์ดแล้วใช้ไอซีสำเร็จรูปนำต่อเข้าด้วยกันเมื่อทดลองแล้วทำงานตามที่ออกแบบไว้จึงจะสามารถนำไปประกอบลงบนแผงวงจรพิมพ์หรือแผ่น PCB เพื่อใช้งานต่อไป ในกระบวนการนี้พบว่าหากวงจรที่เราออกแบบนั้นเป็นวงจรที่มีขนาดใหญ่ซึ่งหมายความว่า การใช้อุปกรณ์ เช่น ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ไอซีดิจิทัลก็ต้องมากตาม เวลาในการต่อวงจร งบประมาณ ขนาดของแผ่น PCB ก็ใช้มากขึ้นตาม อีกทั้งพบว่าเมื่อทดลองวงจรแล้วมีปัญหาเกิดขึ้น เช่น วงจรไม่ทำงานตามที่ต้องการการแก้ไขวงจรก็ทำได้ยากเพราะอุปกรณ์และสายต่อวงจรมีจำนวนมากบางที่เกิดปัญหาไม่สามารถหาไอซีเบอร์ที่ต้องการได้หรือต้องสั่งซื้อจากต่างจังหวัดทำให้เสียเวลาในการทำงานและการใช้งานไอซีดิจิทัลแต่ละเบอร์จะถูกจำกัดหน้าที่เพียงอย่างเดียวเท่านั้นตามที่ได้รับการออกแบบมาซึ่งไม่มี

ความยืดหยุ่นไม่สามารถทำงานในหน้าที่อื่นๆได้ [1-2]

จากเหตุผลที่กล่าวมาหลักสูตรเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ ได้เห็นความสำคัญในการพัฒนาการเรียนการสอนโดยเฉพาะทักษะของนักศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาเสริมการเรียนรู้ในสาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในการเรียนการสอนวิชาวงจรดิจิทัลรหัส 51022005 จึงได้ทำวิจัยเรื่องการออกแบบวงจรรุ่น 4 หลักบนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL แสดงผลด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์ เพื่อเรียนรู้หลักการคิด การออกแบบและสร้างวงจรบนชิพเอนกประสงค์ที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายต่อไป

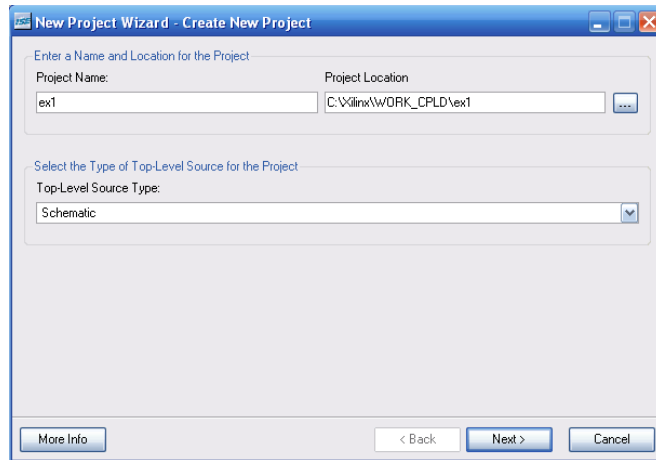
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรรุ่น 4 หลักและการมัลติเพล็กซ์บนบอร์ด CPLD Explorer XC 9572XL
2. เพื่อสร้างวงจรรุ่น 4 หลักแสดงผลด้วยเทคนิคการมัลติเพล็กซ์บนบอร์ด CPLD Explorer XC 9572XL โดยวิธีวาดผังวงจร

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

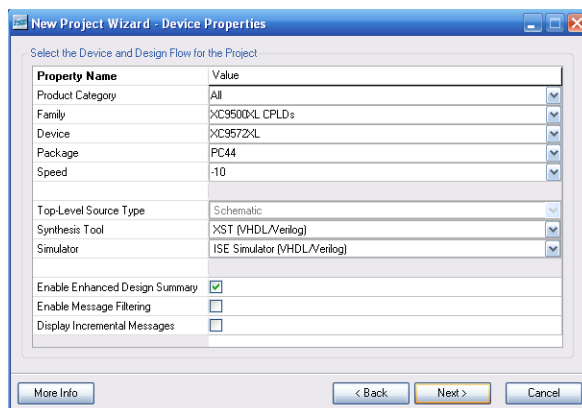
1. การสร้างวงจรลอจิกเกตและการจำลองการทำงานด้วย ISE Simulator

1.1 เข้าโปรแกรม Xilinx ISE 8.1i คลิกที่ File New Project ทำการตั้งชื่อไฟล์ ex1 ในไฟล์เตอร์ WORK_CPLD ดังรูปที่ 1 เลือ ก Top Level Source Type: เป็น Schematic [1-2]



ภาพที่ 1 หน้าต่างการสร้างไฟล์ใหม่ชื่อ ex1

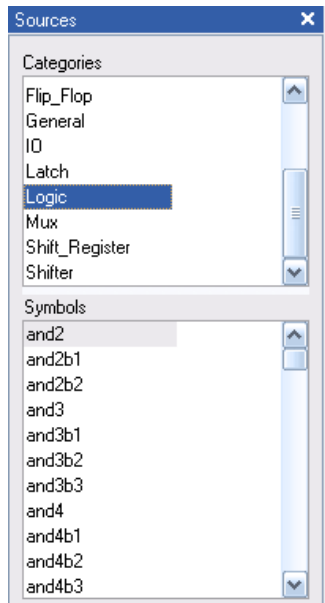
1.2 จากนั้นคลิก Next จะได้หน้าต่างการเลือกรายละเอียดของชิพ CPLD ดังรูปที่ 2



ภาพที่ 2 หน้าต่างการเลือกค่าต่างๆให้ถูกต้อง

1.3 กด Next แล้วกด New Source ทำการใส่ชื่อไฟล์ ex1 ที่ File name แล้วคลิกเลือก Schematic และกด Next 2 ครั้ง แล้วกด Finish แล้วกด Next 2 ครั้ง แล้วกด Finish จะได้หน้าต่างสำหรับการวาดวงจร

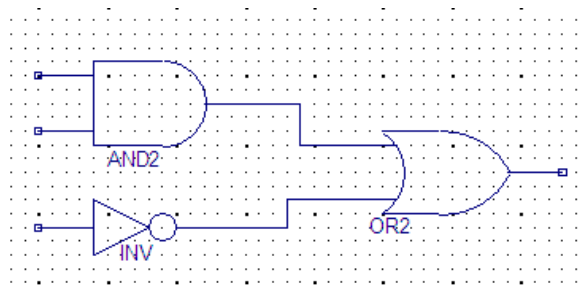
1.4 กดปุ่ม Zoom In / Zoom Out เพื่อทำการขยายหน้าจอกาววงจรเสร็จแล้วกดปุ่ม Add Symbol เพื่อเลือกอุปกรณ์ในการวาดผังวงจรจะได้ดังรูปที่ 30 หรือจะทำการค้นหาตัวอุปกรณ์จากการพิมพ์ที่ช่อง Symbol Name Filter เช่นพิมพ์ OR3 เป็นต้น



ภาพที่ 3 ไลบรารีต่างๆที่จะนำมาวางวงจร

1.5 ทำการวางวงจรลอจิกเกตเบื้องต้นโดยเลือกจาก Library Logic โดยคลิกที่ช่อง Symbols คลิกเลือกอุปกรณ์ที่ละตัวแล้วนำไปวาง ถ้าต้องการยกเลิกให้กดปุ่ม Esc แต่ถ้าต้องการลบให้คลิกที่ตัวอุปกรณ์จะปรากฏสีแดงแล้วกดปุ่ม Delete

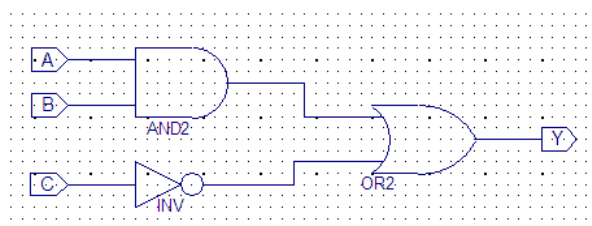
1.6 ทำการลากเส้นต่อวงจรโดยการคลิกที่ปุ่ม Add Wire แล้ววางเมาส์และคลิกที่จุดต้นทางเสร็จแล้วเลื่อนเมาส์ไปที่จุดปลายทางแล้วคลิก 1 ครั้ง จะได้เส้นในการวางวงจรดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การวางผังวงจรลอจิกเกต

1.7 ทำการใส่ I/O Marker โดยการคลิกที่ปุ่ม Add I/O Marker แล้วคลิกเมาส์ที่จุดอินพุตและ

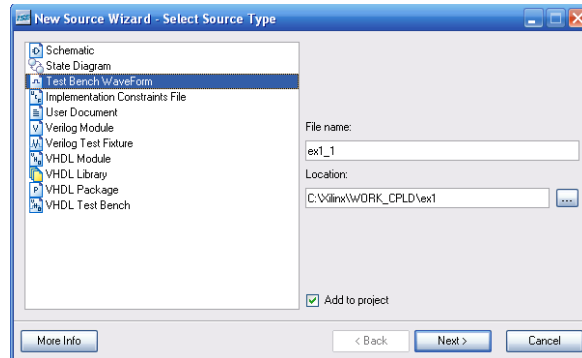
เอาต์พุตของวงจร เสร็จแล้วดับเบิลคลิกที่อินพุตและเอาต์พุตของวงจรที่ละจุดเพื่อตั้งชื่อ จะได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 วงจรลอจิกเกตที่ใส่ I/O Marker และตั้งชื่อเรียบร้อย

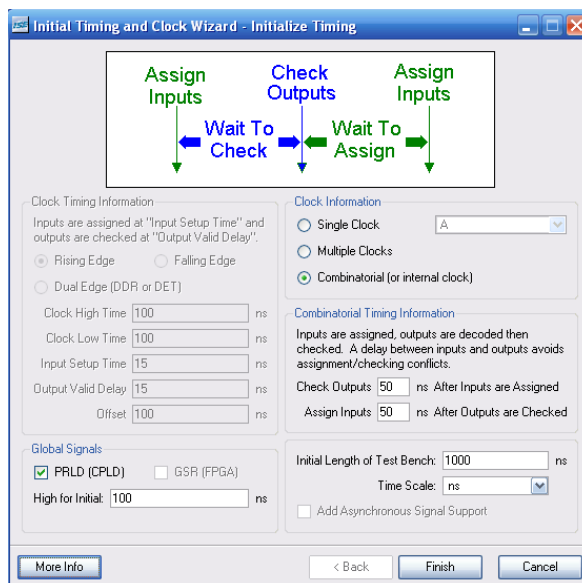
1.8 ทำการ Save ไฟล์เสร็จแล้วกดปุ่มปิด หน้าต่าง และกลับมาที่หน้าต่าง Xilinx ISE ซึ่งจะมี หน้าต่าง Source และหน้าต่าง Process ปรากฏไป

ที่เมนู Project เลือก New Source จะปรากฏ หน้าต่างให้เราใส่ชื่อเพื่อจำลองการทำงานของวงจร ดังภาพที่ 6



รูปที่ 6 การสร้างไฟล์ใหม่เพื่อจำลองการทำงาน

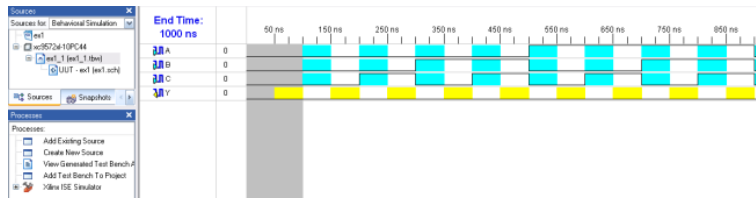
1.9 เสร็จแล้วกด Next 2 ครั้งแล้วกด Finish จะได้หน้าต่าง Initialize Timing ให้ทำการใส่ค่าตาม รูปที่ 7 แล้วกด Finish



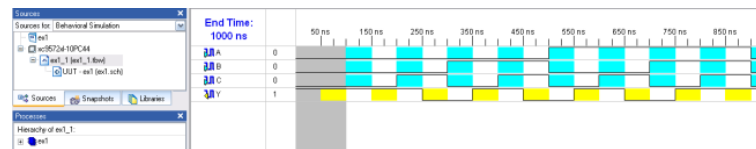
ภาพที่ 7 หน้าต่าง Initialize Timing

1.10 จะปรากฏหน้าต่างตามรูปที่ 8 ทำการกด เซ็ตสัญญาณในส่วนของอินพุตในช่องสี่ฟ้าจนครบ แล้วกด Save ในช่อง Source กดเลือก Behavioral Simulation คลิกที่ชื่อไฟล์ ex1_1.tbw ในช่อง

Process กด เครื่องหมาย + ที่ Xilinx ISE Simulator แล้วคลิกขวาที่ Generate Expected Simulation Results แล้วกด RUN จะได้ผลการ ทำงานดังภาพที่ 8



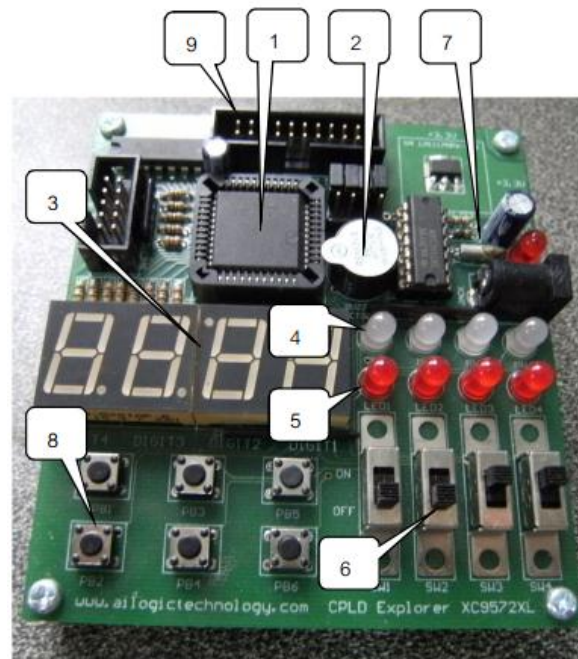
ภาพที่ 8 การเซ็ทค่าสัญญาณอินพุตและการ RUN



ภาพที่ 9 ผลการจำลองการทำงานของวงจรลอจิกเกิดโดยใช้ ISE Simulator

2. คุณสมบัติของบอร์ดทดลอง CPLD ดังนี้

Explorer XC9572XL อธิบายตามหมายเลขต่างๆ

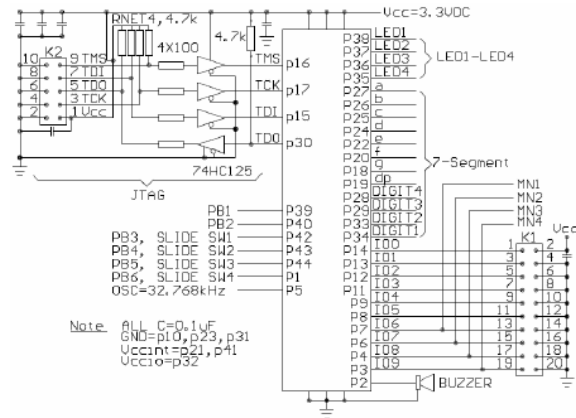


ภาพที่ 10 บอร์ดทดลอง CPLD Explorer XC9572XL

- | | |
|--|---|
| 1. CPLD เบอร์ XC9572XL 1,600 เกต แบบ PLCC 44 ขา (PC44) Speed Grade -10 | 6. Slide Switch 4 ตัว (ใช้ร่วมกับ Push button switch) |
| 2. บัสเซอร์ 1 ตัว | 7. Onboard Oscillator 32.768 KHz |
| 3. 7 Segment common K ขนาด 4 หลัก | 8. Push button switch 6 ตัว |
| 4. LED แสดงผล 3 สถานะ 4 หลอด | 9. Port K1 เป็น I/O 10 บิต ซึ่งสามารถใช้กับ I/O 5V และ 3.3V ได้ [1] |
| 5. LED แสดงผล 2 สถานะ 4 หลอด | |

3. วงจรและตำแหน่งขาบนบอร์ด CPLD

Explorer XC9572XL

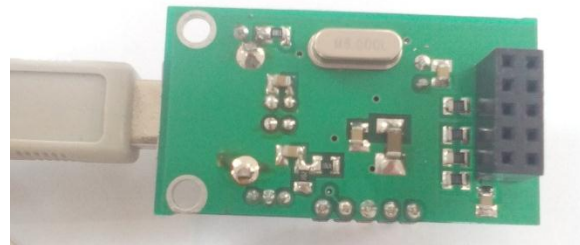


ภาพที่ 11 วงจรและตำแหน่งขาของ CPLD เบอร์ XC9572XL (ที่มา:

<http://www.ailogictechnology.com/index.php>)



(a)



(b)

ภาพที่ 12 สาย USB JTAG (a) ด้านบน (b) ด้านล่าง

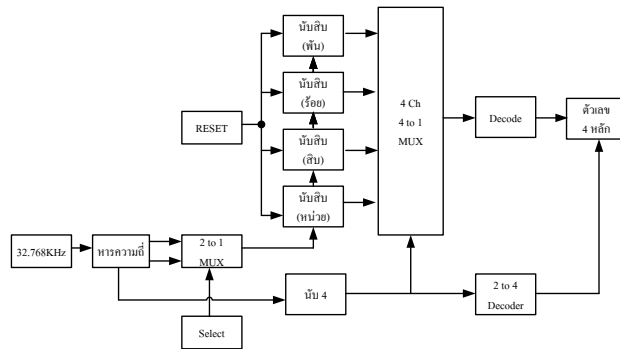
จากภาพที่ 11 เป็นวงจรการเชื่อมต่อบนบอร์ด CPLD และตำแหน่งขาในการเลือกใช้งาน Chip CPLD XC9572XL ขนาด 44 ขามีความจุ 1600 เกต มี 34 I/O โครงสร้างภายในประกอบด้วย Function Block และ I/O Block ที่สามารถเชื่อมต่อกันด้วย สวิตช์แมทริกซ์ ภายใน Function Block ประกอบไปด้วยวงจรลอจิกเกตพื้นฐานที่สามารถโปรแกรมเป็นวงจรดิจิทัลได้ตามต้องการเมื่อโปรแกรมแล้ว

ข้อมูลยังคงอยู่ถึงแม้ไม่มีไฟเลี้ยงและสามารถโปรแกรมได้หลายครั้ง [1,2]

ภาพที่ 3 แสดงสายต่อ USB JTAG (a) ด้านบน การวางอุปกรณ์ส่วน (b) ด้านล่างการบัดกรีวงจร ซึ่งเป็นสายที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างพอร์ต USB ของคอมพิวเตอร์กับบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL เวลาที่เราต้องการดาวน์โหลดวงจรจากคอมพิวเตอร์ลงสู่ชิพ CPLD

วิธีการวิจัย

1. กำหนด Block Diagram ของวงจรนับ 4 หลัก



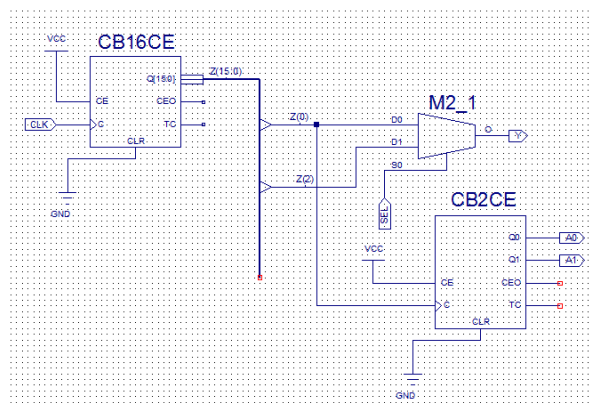
ภาพที่ 13 Block Diagram ของวงจรนับ 4 หลัก

จากภาพที่ 13 แสดง Block Diagram ของวงจรนับ 4 หลักควบคุมการแสดงผลด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์ โดยใช้ตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจากบนบอร์ด CPLD ซึ่งความถี่ที่สร้างขึ้นมาเท่ากับ 32.768 kHz ผ่านวงจรหารความถี่ลงมาแล้วเลือกความถี่ออกมาใช้งาน 2 ความถี่เพื่อที่จะทำให้สามารถเลือกการนับให้เร็วหรือช้าได้โดยใช้วงจร 2 Line to 1 Line MUX เป็นตัวช่วยเลือกความถี่ที่จะใช้งานเป็นสัญญาณนาฬิกาส่งไปยังวงจรนับ 4 หลักเพื่อนับเลขจากนั้นส่งเอาต์พุตการนับเข้าสู่วงจรมัลติเพล็กซ์เพื่อเลือกการแสดงผลแล้วส่งไปยังวงจรถอดรหัสเพื่อแสดงผลเป็นตัวเลขต่อไป ส่วนวงจรนับ 4 ทำหน้าที่

ควบคุมการทำงานของวงจรมัลติเพล็กซ์ โดยรับสัญญาณมาจากวงจรหารความถี่ ซึ่งจะต้องใช้ความถี่ประมาณ 120 Hz ขึ้นไป จากนั้นเอาต์พุตของวงจรนับ 4 ส่งออกไปควบคุมการทำงานของวงจร 2 Line to 4 Line Decoder แบบ Active Low เพื่อควบคุมขาคอมมอนของ 7 Segment ให้แสดงผลต่อไป

2. ทำการสร้างแต่ละวงจรลงบนโปรแกรม Xilinx ISE WebPACK 8.1i

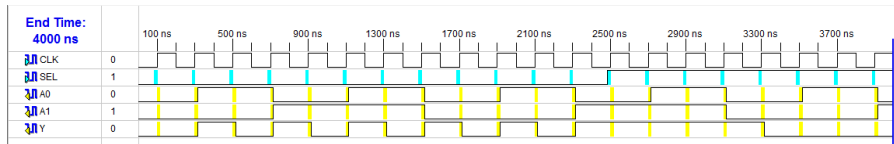
2.1 การสร้างวงจรหารความถี่, วงจร 2 Line to 1 Line MUX และวงจรนับ 4



ภาพที่ 14 วงจรหารความถี่ วงจร 2 to 1 MUX และวงจรนับ 4

จากภาพที่ 14 ขา CLK ของไอซี CB16CE รับ สัญญาณนาฬิกา 32.768 kHz เข้ามาทำการหาร ความถี่ออกมา 2 ความถี่คือ 32.768 kHz และ 8.192 kHz สัญญาณทั้งสองจะถูกเลือกออกเอาต์พุต

Y ด้วยขา SEL ของไอซี M2_1 ส่วนสัญญาณความถี่ 32.768 kHz Z(0) จะถูกป้อนเข้าขา CLK ของวงจรถอดรหัส CB2CE เพื่อทำการนับ 4 ต่อไป

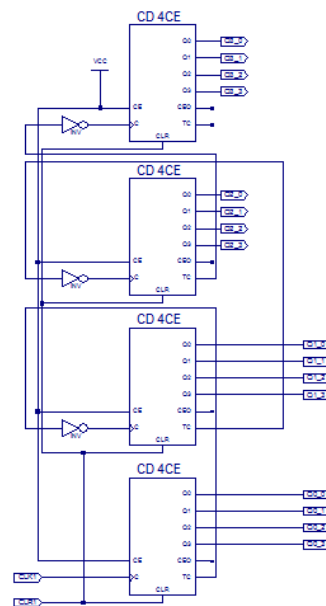


ภาพที่ 15 การจำลองการทำงานของวงจรถอดรหัสความถี่ วงจร 2 to 1 MUX และวงจรถับ 4

จากภาพที่ 15 เป็นการจำลองการทำงานของ วงจรในภาพที่ 14 คือวงจรถอดรหัสความถี่ วงจร 2 to 1 MUX และวงจรถับ 4 อินพุต CLK รับสัญญาณ นาฬิกาความถี่ 32.768 kHz ส่วนอินพุต SEL เป็นขา

เลือกที่จะเอาสัญญาณที่อินพุต D0 หรือ D1 ออก เอาต์พุต Y และเอาต์พุต A1, A0 เป็นเอาต์พุตของ วงจรถับ 4 ซึ่งวงจรถับทำงานได้อย่างถูกต้อง

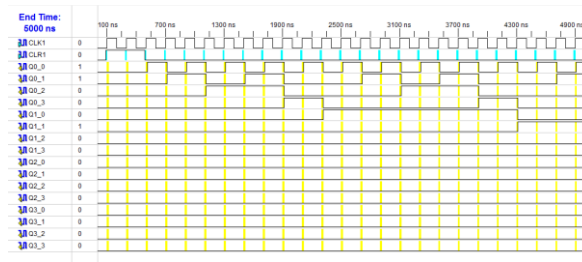
2.2 การสร้างวงจรถับสิบขนาด 4 หลัก



ภาพที่ 16 วงจรถับสิบขนาด 4 หลักโดยใช้ตัวนับเบอร์ CD4CE

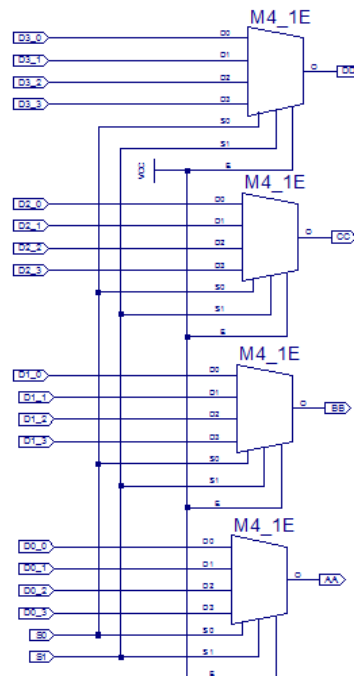
จากภาพที่ 16 เป็นวงจรถับสิบขนาด 4 หลัก สามารถนับได้ตั้งแต่ 0000-9999 โดยใช้ไอซี CD4CE เมื่อมีสัญญาณมาที่ขา CLK1 ไอซีจะทำการนับไป จนถึงเลข 9 ในช่วงเปลี่ยนจากการนับเลข 9 ถึง 0 จะมีสัญญาณ 1 ลูกออกมาที่ขา TC ส่งไปให้ Not

gate ทำการกลับสถานะลอจิกเพื่อกระตุ้นให้ไอซีนับ ตัวที่ 2 ทำงานต่อไป ส่วนขา CLR1 ต่อรวมกันกับ ไอซีนับทุกตัวเมื่อขานี้เป็นลอจิก 1 จะทำหน้าที่ในการ Reset เอาต์พุตให้เป็นศูนย์



ภาพที่ 17 การจำลองการทำงานของวงจรมัลติเพล็กซ์ขนาด 4 หลักโดยใช้ตัวนับเบอร์ CD4CE

2.3 การสร้างวงจร 4 แชนแนล 4 to 1 MUX

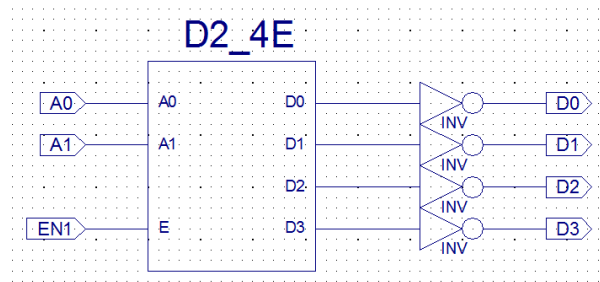


ภาพที่ 18 วงจรมัลติเพล็กซ์แบบ 4 แชนแนลโดยใช้ตัวมัลติเพล็กซ์เบอร์ M4_1E

จากภาพที่ 18 เป็นวงจรมัลติเพล็กซ์ 4 Channel จำนวน 4 ชุด โดยเลือกใช้ไอซีเบอร์ M4_1E ทำหน้าที่รับข้อมูลมาจากเอาต์พุตของวงจรมัลติเพล็กซ์แล้วทำการส่งออกไปยังวงจรถอดรหัส BCD-

8421 to 7 Segment เพื่อแสดงผลเป็นตัวเลขโดยจะทำการส่งข้อมูลไปที่หลอดจากการควบคุมการส่งที่ขา S1 และ S0 ซึ่งไอซีเบอร์นี้ถูกควบคุมด้วยขา E ถ้าขา S1 เป็นลอจิก 0 ไอซีจะไม่ทำงาน

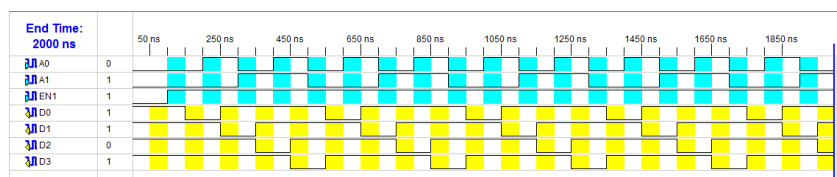
2.4 การสร้างวงจร 2 Line to 4 Line Decoder แบบ Active Low



ภาพที่ 19 วงจร 2 Line to 4 Line Decoder แบบ Active Low

จากภาพที่ 19 เป็นวงจรถอดรหัสแบบเข้า 2 ออก 4 ใช้ไอซีเบอร์ D2_4E โดยใช้ Not gate ทำหน้าที่ Active Low โดยขา A1 A0 รับสัญญาณมาจากเอาต์พุตของวงจรมับ 4 เพื่อถอดรหัสส่งต่อไปยัง

ขาคอมมอนของ 7 Segment ซึ่งความถี่ที่ส่งมาที่ขาคอมมอนแต่ละหลักต้องไม่น้อยกว่า 30 Hz จึงจะทำให้การแสดงผลชัดเจน [1,2]

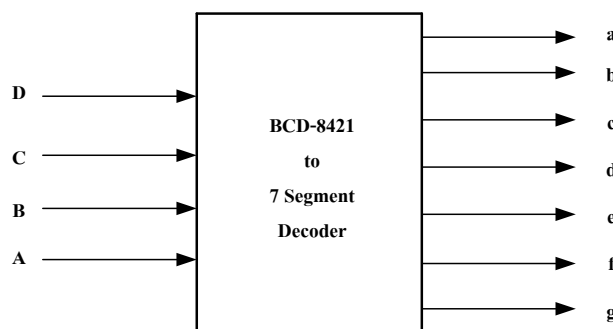


ภาพที่ 20 Timing Diagram ของวงจร 2 Line to 4 Line Decoder แบบ Active Low

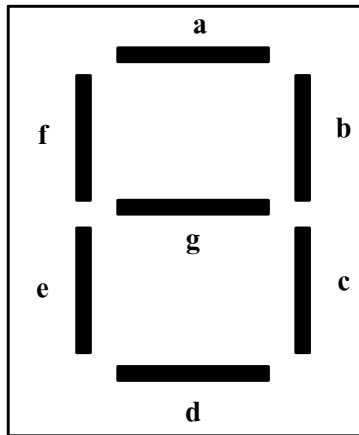
จากภาพที่ 20 จำลองการทำงานของวงจร 2 Line to 4 Line Decoder แบบ Active Low แลพบสีฟ้ากับแถบสีเหลืองแสดงความสัมพันธ์ของการทำงานช่วงเวลา จากรูปพบว่าวงจรจะทำงานเมื่อขา EN1 เป็นลอจิก 1 โดยเมื่อขาอินพุต A1=0, A0=0 จะทำ

ให้อเอาต์พุต D0=0, D1=1, D2=1, D3=1 ถ้าหากขา A1=0, A0=1 จะทำให้อเอาต์พุต D0=1, D1=0, D2=1, D3=1 เป็นลักษณะนี้วนไปเรื่อยๆ

2.5 การออกแบบและสร้างวงจร BCD-8421 to 7 Segment Decode Common Cathode



ภาพที่ 21 สัญลักษณ์ของวงจร BCD-8421 to 7 Segment



ภาพที่ 22 ลักษณะของ 7 Segment

ตารางที่ 1 ตารางความจริงของวงจร BCD-8421 to 7 Segment Decode Common Cathode

DCBA	a	b	c	d	e	f	g	เลขที่แสดง
0 0 0 0	1	1	1	1	1	1	0	0
0 0 0 1	0	1	1	0	0	0	0	1
0 0 1 0	1	1	0	1	1	0	1	2
0 0 1 1	1	1	1	1	0	0	1	3
0 1 0 0	0	1	1	0	0	1	1	4
0 1 0 1	1	0	1	1	0	1	1	5
0 1 1 0	1	0	1	1	1	1	1	6
0 1 1 1	1	1	1	0	0	0	0	7
1 0 0 0	1	1	1	1	1	1	1	8
1 0 0 1	1	1	1	1	0	1	1	9

จากการออกแบบจะได้สมการของทุกเอาต์พุต
ดังนี้ [3]

$$\begin{aligned}
 a &= \Sigma m(0, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9) + \Sigma d(10, 11, 12, 13, 14, 15) \\
 &= D + B + [C \oplus A]
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 b &= \Sigma m(0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9) + \Sigma d(10, 11, 12, 13, 14, 15) \\
 &= \bar{C} + [B \oplus A]
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \Sigma m(0, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) + \Sigma d(10, 11, 12, 13, 14, 15) \\
 &= D + C + \bar{B} + A
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 d &= \Sigma m(0, 2, 3, 5, 6, 8, 9) + \Sigma d(10, 11, 12, 13, 14, 15) \\
 &= D + \bar{B}\bar{A} + \bar{C}\bar{B} + \bar{C}\bar{A} + C\bar{B}\bar{A}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 e &= \Sigma m(0, 2, 6, 8) + \Sigma d(10, 11, 12, 13, 14, 15) \\
 &= \bar{B}\bar{A} + \bar{C}\bar{A}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

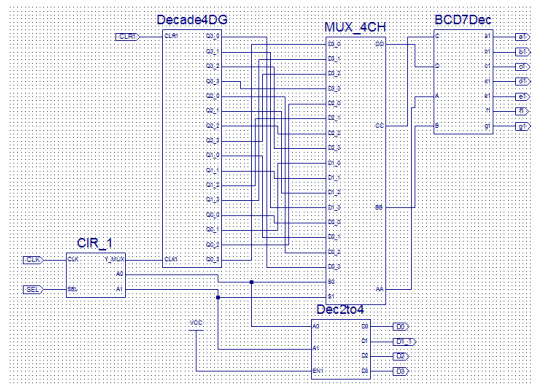
$$\begin{aligned}
 f &= \Sigma m(0, 4, 5, 6, 8, 9) + \Sigma d(10, 11, 12, 13, 14, 15) \\
 &= D + \bar{B}\bar{A} + C\bar{A} + C\bar{B}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
 g &= \Sigma m(2, 3, 4, 5, 6, 8, 9) + \Sigma d(10, 11, 12, 13, 14, 15) \\
 &= D + \bar{B}\bar{A} + [C \oplus B]
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

จากภาพที่ 25 เป็นการนำเอาวงจรย่อยที่ได้สร้างมาทำเป็นวงจรรวมในรูปของ Symbol ทำให้วงจรมีขนาดเล็กกลง ใช้งานได้ง่าย เก็บไว้ในรูปไฟล์ข้อมูลได้ ประกอบด้วยวงจร CIR_1 ทำหน้าที่หารความถี่และเป็นวงจรมับ วงจร Dec2to4 ทำ

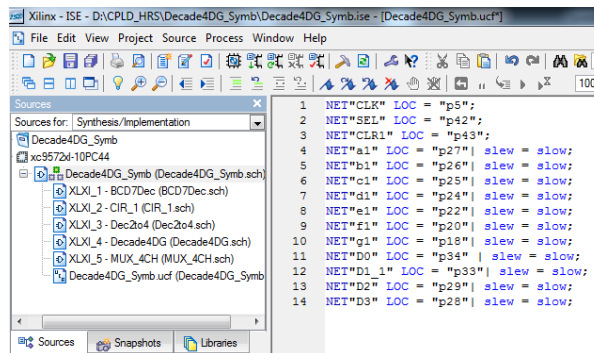
หน้าที่ถอดรหัส วงจร Decade4DG ทำหน้าที่นับ 4 หลัก วงจร MUX_4CH ทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบ 4 ช่อง และวงจร BCD7Dec เป็นวงจรถอดรหัสและแสดงผลเป็นตัวเลข

2.7 การเชื่อมต่อแต่ละวงจรเข้าด้วยกันเป็นไอซีตัวใหม่



ภาพที่ 26 วงจรมับสิบ 4 หลักที่สร้างเสร็จสมบูรณ์

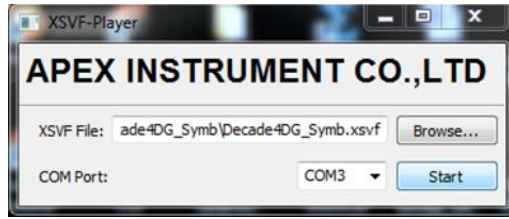
2.8 การเชื่อมต่อขาของวงจรเข้ากับบอร์ด CPLD



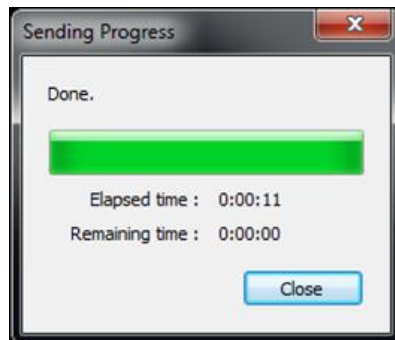
ภาพที่ 27 การกำหนดขาในหน้าต่าง Edit Constraints (text)

CPLD Reports																																											
Filter Report	Timing Report																																										
<p>Summary</p> <table border="1"> <tr> <td>Design Name</td> <td>Decade4DG_Symb</td> </tr> <tr> <td>Fitting Status</td> <td>Successful</td> </tr> <tr> <td>Software Version</td> <td>I.26</td> </tr> <tr> <td>Device Used</td> <td>XCS472XL-10-PC44</td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td>2-19-2015, 2:17PM</td> </tr> </table>		Design Name	Decade4DG_Symb	Fitting Status	Successful	Software Version	I.26	Device Used	XCS472XL-10-PC44	Date	2-19-2015, 2:17PM																																
Design Name	Decade4DG_Symb																																										
Fitting Status	Successful																																										
Software Version	I.26																																										
Device Used	XCS472XL-10-PC44																																										
Date	2-19-2015, 2:17PM																																										
<p>RESOURCES SUMMARY</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Macrocells Used</th> <th>Perms Used</th> <th>Registers Used</th> <th>Pins Used</th> <th>Function Block Inputs Used</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4572 (63%)</td> <td>131360 (37%)</td> <td>3372 (46%)</td> <td>1434 (42%)</td> <td>57216 (27%)</td> </tr> </tbody> </table>		Macrocells Used	Perms Used	Registers Used	Pins Used	Function Block Inputs Used	4572 (63%)	131360 (37%)	3372 (46%)	1434 (42%)	57216 (27%)																																
Macrocells Used	Perms Used	Registers Used	Pins Used	Function Block Inputs Used																																							
4572 (63%)	131360 (37%)	3372 (46%)	1434 (42%)	57216 (27%)																																							
<p>PIN RESOURCES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Signal Type</th> <th>Required</th> <th>Mapped</th> <th>Pin Type</th> <th>Used</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Input</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>IO</td> <td>12</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>Output</td> <td>11</td> <td>11</td> <td>GCK/IO</td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Bidirectional</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>GTS/IO</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>GCK</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>GSR/IO</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>GTS</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GSR</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Signal Type	Required	Mapped	Pin Type	Used	Total	Input	2	2	IO	12	28	Output	11	11	GCK/IO	1	3	Bidirectional	0	0	GTS/IO	1	2	GCK	1	1	GSR/IO	0	1	GTS	0	0				GSR	0	0			
Signal Type	Required	Mapped	Pin Type	Used	Total																																						
Input	2	2	IO	12	28																																						
Output	11	11	GCK/IO	1	3																																						
Bidirectional	0	0	GTS/IO	1	2																																						
GCK	1	1	GSR/IO	0	1																																						
GTS	0	0																																									
GSR	0	0																																									

ภาพที่ 28 การใช้ทรัพยากรทั้งหมดภายใน Chip CPLD

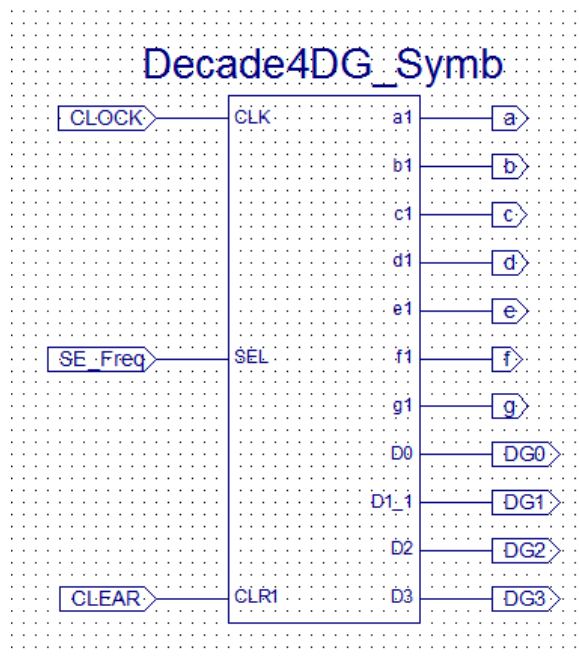


ภาพที่ 29 การเลือกไฟล์เพื่อดาวน์โหลด

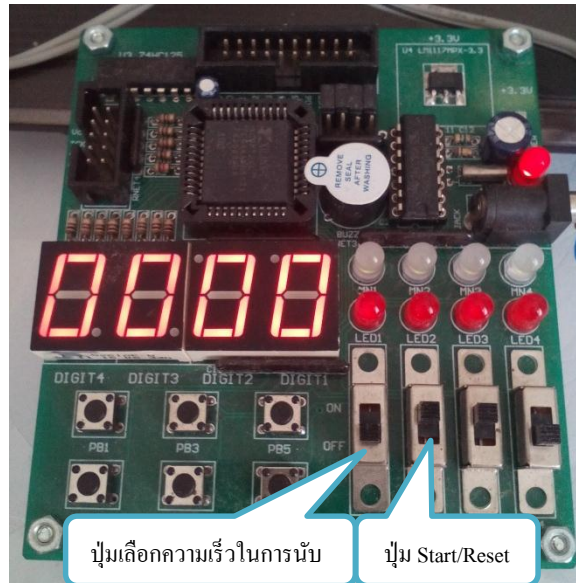


ภาพที่ 30 การดาวน์โหลดวงจรลงสู่ Chip CPLD

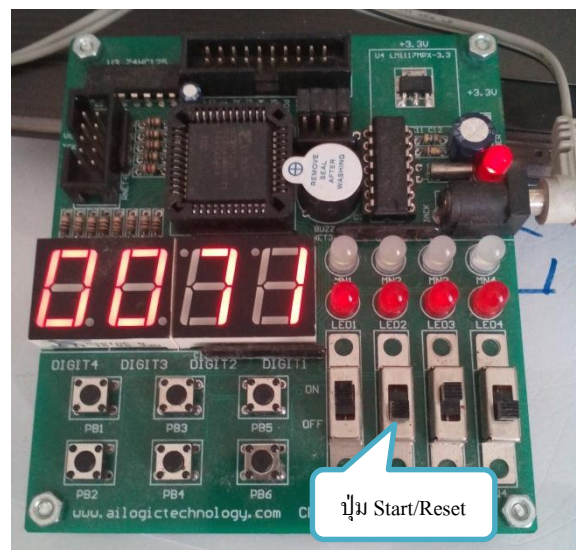
ผลการวิจัย



ภาพที่ 31 ชิพตัวใหม่วงจรนับสิบ 4 หลักที่พร้อมใช้งาน



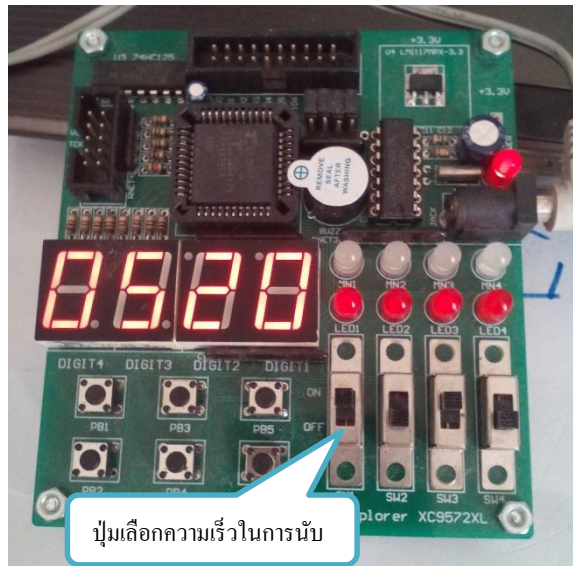
ภาพที่ 32 วงจรควบคุมการนับด้วย 2 ปุ่ม



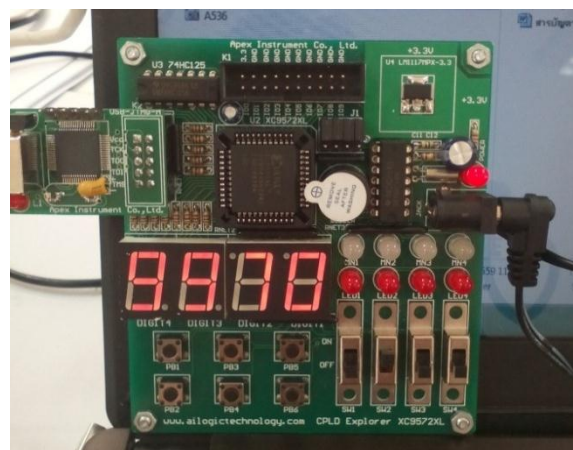
ภาพที่ 33 วงจรนับทำงานเมื่อปุ่ม Start/Reset = 1

จากภาพที่ 33 และ 34 พบว่าวงจรสามารถทำการนับได้อย่างถูกต้องและออกแบบให้ควบคุมการนับด้วยสวิตช์เพียง 2 ตัวคือปุ่มเลือกความเร็วในการนับและปุ่ม Start/Reset วงจรจะทำการนับเมื่อปุ่มนี้

เป็นลอจิก 1 เมื่อต้องการให้นับเร็วสามารถทำได้โดยการเลื่อนปุ่มเลือกความเร็วให้เป็นลอจิก 0



ภาพที่ 34 วงจรนับเร็วเมื่อปุ่มเลือกความเร็วในการนับ = 0



ภาพที่ 35 วงจรนับสิบ 4 หลักที่ทำงานสมบูรณ์

อภิปรายผลการวิจัย

จากการออกแบบและทดสอบวงจรพบว่าวงจรทำงานได้ดีตามที่ต้องการ การสร้างวงจรต้องระมัดระวังการลากเส้นเชื่อมต่อเพราะถ้าลากเส้นผิดแล้วจะต้องลบทุกเส้นที่มาเชื่อมต่อกับเส้นนั้นๆทำให้เสียเวลาในการออกแบบวงจร แนวทางการพัฒนาวงจรนี้ เช่น การออกแบบให้วงจรไม่แสดงเลขศูนย์ด้านหน้า การให้เลขหยุดค้างที่เลขใดๆก็ได้หรือการประยุกต์ใช้กับอินพุตที่เป็นเซนเซอร์

สรุป

จากการออกแบบวงจรนับสิบ 4 หลักบนบอร์ด CPLD Explorer XC9572XL แสดงผลด้วยเทคนิคมัลติเพล็กซ์พบว่าเราสามารถเลือกใช้ไอซีที่มีอยู่ในโปรแกรม Xilinx ISE WebPACK 8.1i มาใช้ได้ทำให้สร้างวงจรได้ง่ายยิ่งขึ้นแต่มีวงจร BCD-8421 to 7 Segment Decoder ที่ต้องทำการออกแบบวงจรขึ้นมาใช้เอง ซึ่งพบว่าวงจรสามารถทำงานได้เป็นอย่างดีตามที่คาดหวังไว้ และใช้ทรัพยากรภายในชิพ

CPLD เช่น Registers 33/72 (46%) Pins 14/34 (42%) สามารถนำวงจรนี้ไปใช้กับวงจรอื่นๆได้อย่างไม่จำกัด และแก้ไขวงจรได้ง่าย บอร์ดใช้ไฟเลี้ยงที่แรงดัน 3.3V

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการยกระดับปริญญาโทเป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ประจำปี 2558 เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้นักศึกษาได้คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น จนสามารถเป็นบัณฑิตนักปฏิบัติ (Hands-on) ได้อย่างแท้จริงและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาชุมชน สังคมได้อย่างยั่งยืนต่อไป 9.

เอกสารอ้างอิง

Alan B.Marcovitz. **Introduction to Logic Design**. New York. USA: McGraw-Hil.
<http://www.aiogictechnology.com/index.php>
Robert K. Dueck. **Digital Design with CPLD Applications and VHDL**. 2nd Edition. Red River College, Winnipeg, Manitoba.
ณรงค์ ทองฉิม และ เจริญ วงษ์ชุ่มเย็น. **ออกแบบดิจิทัลสมัยใหม่ด้วย FPGA และ CPLD ภาคปฏิบัติเล่มที่ 1 Schematic**.

การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดฟางเพื่อใช้สำหรับการผลิตเชื้อเพลิง

Development of Straw Extrusion Machine for Pellet Biomass Production.

สมชาย โพธิ์พยอม^{1*}, ธงชัย เครือผือ² และพงศธร กั่นเกล้า³

Somchai Phopayom^{1*}, Thongchai Khruueaphue² and Phongston Khunkrom³

^{1,2,3} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตพิษณุโลก

^{1,2,3} Department of Industrial Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok Campus

*Corresponding author. E-mail : Pechai962@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพัฒนาเครื่องอัดเม็ดฟางเพื่อใช้สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงเนื่องด้วยปัจจุบันนี้ในพื้นที่นาปรังส่วนใหญ่เกษตรกรนิยมใช้วิธีการเผาฟางข้าว ซึ่งเป็นวิธีเตรียมพื้นที่สำหรับการทำนาครั้งต่อไปที่เร็วที่สุด จากการศึกษาพบว่า การเผาฟางข้าวมีการปล่อยมลพิษ คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) สูงกว่าปริมาณที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเอาฟางข้าวจาก ไร่นามาทำการผลิตเชื้อเพลิงทดแทน โดยจะทำการศึกษาและจัดสร้างเครื่องอัดเม็ดฟาง ทำการทดลองและทดสอบสมรรถนะของเครื่องด้วยตัวแปรที่กำหนดขึ้น รวมถึงสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองที่ 1 เป็น การอัดเม็ดฟางโดยไม่ใช้อัตราส่วนผสมใดๆ พบว่า ฟางฟางที่ผ่านกระบวนการอัดเกิดการกระจายตัว ไม่อัดเป็นเม็ด ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองที่ 2 เป็นการอัดเม็ดฟางโดยอัตราส่วนผสมฟาง 300 กรัม น้ำ 450 มิลลิลิตร พบว่า ฟางฟางที่ผ่านกระบวนการอัดเป็นเม็ด แต่เมื่อตกลงมาแล้วเม็ดแตก เม็ดไม่เกิดการจับตัว ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองที่ 3 เป็นการอัดเม็ดฟางโดยอัตราส่วนผสมฟาง 300 กรัม น้ำ 450 มิลลิลิตร ลำข้าว 100 กรัม พบว่า ฟางฟางที่ผ่านกระบวนการอัดออกมาเป็นเม็ดและจากการสังเกตจะเห็นว่าลักษณะการอัดแน่นของเม็ดฟางยังไม่มากพอ ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองที่ 4 เป็นการอัดเม็ดฟางโดยอัตราส่วนผสมฟาง 300 กรัม น้ำ 450 มิลลิลิตร ลำข้าว 300 กรัม พบว่า ฟางฟางที่ผ่านกระบวนการอัดออกมาเป็นเม็ดและมีความแข็งตัวของเม็ดเพิ่มขึ้น ยาวประมาณ 2-4 ซม. ลักษณะของเม็ดฟางเรียบและสวย การอัดแน่นของเม็ดฟางมากกว่าอัตราส่วนผสมอื่นๆ

คำสำคัญ: การพัฒนาเครื่องอัดเม็ดฟางเพื่อใช้สำหรับการผลิตเชื้อเพลิง

Abstract

This research aims to development construct straw pellet machine for fuel production. At present, most farmers often burn straws in off-season paddy fields in order to prepare for the next crop. Studies found that rice straw burning emitted more carbon monoxide (CO) than electrical power plant and industrial plants which highly affected environmental condition. Thus, the researcher intends to use rice straws from paddy fields to produce alternative fuel by studying and constructing straw pellet machine, experimenting and testing the machine with relevant variables. Results of the study show that, in the first experiment which straws were pressed without any mixture, the pressed straws were highly dispersed. In the second experiment which 300 grams of straws were mixed with 450 ml of water, it was found that the straws could be pressed into pellets but the pellet was easily broken. In the third experiment which 300 grams of straws were mixed with 450 ml of water and 100 grams of white bran, it was found that the straws could be pressed into pellets but the pellets were quite loose. In the fourth experiment which 300 grams of straws were mixed with 450 ml of water and 300 grams of white bran, it was found that the straws could be pressed into solid pellets of 2-4 cm length. The straw pellets were smooth and more compacted than other ratios.

Keywords: Development construct straw pellet machine.

บทนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักประจำชาติและเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญยิ่งของไทยโดยมีชาวนาเพาะปลูกข้าวปีละประมาณ 56-58 ล้านไร่ ซึ่งหลังจากเกษตรกรเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว สิ่งที่เหลือทิ้งและไม่มีใครต้องการ คือ ฟางข้าว การทำนา 1 ไร่ จะให้ฟางข้าวประมาณ 800 กิโลกรัม จากการประมาณการในแต่ละปีประเทศไทยมีฟางข้าวและตอซังข้าวไม่น้อยกว่า 50 ล้านตัน แม้ว่าการจัดการกับฟางข้าวเหลือทิ้งจะมีหลายวิธี เช่น นำไปเลี้ยงสัตว์ ใช้คลุมหน้าดินเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น หรือใช้ในการเพาะเห็ดหากแต่เกษตรกร ในพื้นที่นาปรังส่วนใหญ่มักใช้วิธีการเผาฟางข้าวเนื่องจากเป็นวิธีเตรียมพื้นที่สำหรับการทำนาครั้งต่อไปที่เร็วที่สุด การเผาฟางข้าวมีการปล่อยมลพิษ คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) สูงกว่าปริมาณที่ปล่อยจากโรงไฟฟ้าและอุตสาหกรรมถึง 14 เท่าตัว

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างและพัฒนาเครื่องอัดเม็ดฟางที่มีความเหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถดำเนินการแปรรูปหลังการเก็บเกี่ยวได้ทันทีในท้องนา ประหยัดค่าการขนส่งลดปริมาณในการจัดเก็บสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ทั้งในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมเพื่อเป็นการลดมลพิษจากการเผาฟาง อีกทั้งยังเป็นการสร้างอาชีพสร้างรายได้ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมและการขายฟางข้าว

วัตถุประสงค์

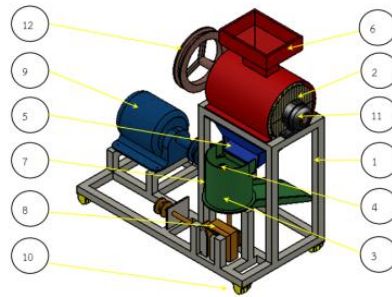
1. เพื่อศึกษาพัฒนาเครื่องอัดเม็ดฟางเพื่อใช้สำหรับการผลิตเชื้อเพลิง
2. เพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆ จากการพัฒนาเครื่องอัดเม็ดฟางเพื่อใช้สำหรับการผลิตเชื้อเพลิง

วิธีการวิจัย

จากการพัฒนาเครื่องอัดเม็ดฟางนั้น จะทำการพัฒนาในส่วนของชุดอัดเม็ดฟาง โดยจะทำการเจาะรูถาดอัดเม็ดฟางเพิ่มขึ้น และเปลี่ยนจากลูกอัดหมุนอัดเป็นแบบลูกอัดหยุดอยู่กับที่ แต่จะเป็นถาดอัดเม็ดฟางหมุน เพื่อให้เกิดการอัดเม็ดที่แน่นมากขึ้น และรวดเร็วขึ้น

จากภาพที่ 1 และ 2 เป็นการพัฒนาเครื่องอัดเม็ดฟางเพื่อใช้สำหรับการผลิตเชื้อเพลิง มีกำลังผลิตไม่น้อยกว่า 30 กก./ชม. ใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 1.5 แรงม้า เม็ดฟางมีลักษณะทรงกระบอกขนาดไม่เกิน 10 มม. ออกแบบและให้มีลักษณะที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก เหมาะสมกับการใช้งาน สามารถถอดประกอบและซ่อมบำรุงได้ง่าย และรวมไปถึงการใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนชุดปั่นผงฟาง ฟังกับเฟืองเกียร์ทดรอบ 1:50 รอบ/นาที ในการขับเคลื่อนชุดอัดเม็ดฟางอยู่ในตัวเดียวกัน เพื่อช่วยลดขั้นตอนในกระบวนการผลิต และจากตารางคืออัตราส่วนผสมต่างๆ ในการทดลอง (Alakangas, E. and P. Paju)

ตัวแปร	อัตราส่วนผสม
1	ฟาง 300 กรัม น้ำ 450 มิลลิลิตร
2	ฟาง 300 กรัม น้ำ 450 มิลลิลิตร ลำข้าว 100 กรัม
3	ฟาง 300 กรัม น้ำ 450 มิลลิลิตร ลำข้าว 300 กรัม



- | | |
|--------------------------------------|--------------------|
| 1. ชุด โครงสร้างฐานเครื่องอัดเม็ดฟาง | 2. ชุดปั่นผงฟาง |
| 3. กระบอบอกอัดเม็ดฟาง | 4. ลูกอัดเม็ดฟาง |
| 5. ถาดรองผงฟาง | 6. กรวยป้อนผงฟาง |
| 7. แผ่นจานอัดเม็ดฟาง | 8. เฟืองเกียร์ทรอบ |
| 9. มอเตอร์ | 10. สีสเลื่อน |
| 11. คลับลูกปั่นตุ๊กตา | 12. มู่เส้ |

ภาพที่ 1 เครื่องอัดเม็ดฟาง



ภาพที่ 2 การทดลองอัดเม็ดฟาง

ผลการทดลอง

จากภาพที่ 3 งานวิจัยนี้จะทำการผสมลำข้าว ผงฟาง และน้ำ เพื่อทำการหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม ในการอัดเม็ดฟาง ซึ่งผลจากอัตราส่วนผสมนี้ สามารถผลิตเม็ดฟางที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้แต่ ต้องเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม

ผลจากอัตราส่วนการผสมฟาง 300 กรัม น้ำ 450 มิลลิลิตร พบว่า ผงฟางที่ผ่านกระบวนการอัดเป็นเม็ด แต่เมื่อตกลงมาแล้วเม็ดแตก เม็ดไม่เกิดการจับตัว อันเนื่องมาจากอัตราส่วนผสมของน้ำ

เพียงอย่างเดียวไม่สามารถที่จะทำให้ผงฟางอัดตัว เป็น เม็ด ได้ (Holm J.K., U.B. Henriksen, J.E. Hustad and L.H.Sorsensen)

ผลจากอัตราส่วนการผสมฟาง 300 กรัม น้ำ 450 มิลลิลิตร ลำข้าว 100 พบว่า ผงฟางที่ผ่าน กระบวนการอัดออกมาเป็นเม็ดและจากการสังเกตจะ เห็นว่าลักษณะการอัดแน่นของเม็ดฟางยังไม่มากพอ มีเศษผงฟางบางส่วนที่ยี้ออกมาจากเม็ดฟาง ความ ยาวประมาณ 2-4 ซม.

ผลจากอัตราส่วนการผสมฟาง 300 กรัม น้ำ 450 มิลลิลิตร ลำข้าว 300 กรัม พบว่า ผงฟางที่ผ่านกระบวนการอัดออกมาเป็นเม็ดและมีความแข็งตัวของเม็ดเพิ่มขึ้น ยาวประมาณ 2-4 ซม.

ลักษณะของเม็ดฟางเรียบและสวย การอัดแน่นเพิ่มขึ้นและดีกว่าที่ตัวแปรอื่นๆ (Serrano, C., E. Monedero, M. Lapuerta and H. Portero)



การผสมลำข้าว ผงฟาง และ น้ำ



(1)ฟาง 300 g น้ำ 450 มล.

(2)ฟาง 300 g น้ำ 450 มล. ลำ 100 g

(3)ฟาง 300 g น้ำ 450 มล. ลำ 300 g

ภาพที่ 3 ผลที่ได้จากการทดลองด้วยตัวแปรต่างๆ

สรุปผล

ผลการทดลองอัดเม็ดฟางที่ให้ผลดีที่สุดโดยอัตราส่วนการผสมฟาง 300 กรัม น้ำ 450 มิลลิลิตร ลำข้าว 300 กรัม ซึ่งผลจากการอัดเม็ดฟาง พบว่า ผงฟางที่ผ่านกระบวนการอัดออกมาเป็นเม็ดและมีความแข็งตัวของเม็ดเพิ่มขึ้น ยาวประมาณ 2-4 ซม. ลักษณะของเม็ดฟางเรียบและสวยการอัดแน่นเพิ่มขึ้นและดีกว่าที่ตัวแปรอื่นๆ อันเนื่องมาจากอัตราส่วนของฟางกับลำข้าวที่เท่าๆ กันและปริมาณการผสมน้ำที่พอเหมาะทำให้เกิดการไหลตัวและอัดแน่น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Alakangas, E. and P. Paju. 2002. **Wood pellets in Finland, Technology, economy and market.** OPET 5 Report. Jyvaskyla, VTT Process, Research Centre of Finland.
- Holm J.K., U.B. Henriksen, J.E. Hustad and L.H.Sorsensen. 2006. Toward an understanding of controlling parameters in softwood and hardwood pellets production. **Energy Fuels.** 20(6), 2689-2694.
- Serrano, C., E. Monedero, M. Lapuerta and H. Portero. 2011. Effect of moisture content, particle size and pine addition on quality parameters of barley straw pellets. **Fuel Process. Technol.** 92(3), 699-706.

การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเชื่อมในสถานะกึ่งแข็งของอะลูมิเนียมผสม SSM 356

Preliminary Study of Semi-Solid Joining of Aluminum SSM 356

ศักดิ์สิทธิ์ นาคจาต^{1*}, ธงชัย เครือผือ², เดชา เจนจบ³ และ วุฒินันท์ ศรีจันทร์⁴

Saksit Nakjad^{1*}, Thongchai Khruueaphue², Decha Jenjop³ and Wuttinun Srijan⁴

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตพิษณุโลก

^{2,3,4}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตพิษณุโลก

^{1*}Department of Mechanical Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok Campus

^{2,3,4} Department of Industrial Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok Campus

*Corresponding author. E-mail: Saksit273@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเชื่อมต่อของอะลูมิเนียมหล่อกึ่งแข็ง (Semi-Solid Metal SSM A 356) ด้วยวิธีการเชื่อมในสถานะกึ่งแข็งของแข็ง (Semi-Solid state welding) ซึ่งให้ความร้อนขึ้นงานเพื่อให้อยู่ในสถานะกึ่งแข็งในช่วงอุณหภูมิควบคุม 590 °C – 610 °C ด้วยแก๊สออกซิเจน-อะเซทิลีน เปลวคาร์บูไรซิ่ง หลังจากนั้นทำการกวนด้วยเครื่องมือกวน โดยการศึกษาปัจจัยในการเชื่อม 2 ปัจจัย ได้แก่ ความเร็วรอบในการหมุนของเครื่องมือ 1,110 และ 1,320 rpm และความเร็วในการเดินแนวเชื่อม 120 และ 160 mm/min ผลจากการทดลองพบว่าที่ความเร็วรอบ 1,110 rpm ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม 120 mm/min ให้ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดเฉลี่ย 118.95 MPa ซึ่งสูงกว่าที่ความเร็วรอบตัวกวน 1,320 rpm ค่าความแข็งบริเวณที่ถูกกวนและบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนจะมีค่าสูงกว่าบริเวณที่เป็นเนื้อโลหะเดิมเล็กน้อย โดยที่ความเร็วรอบ 1,320 rpm ความเร็วเดินแนวเชื่อม 160 mm/min ได้ค่าความแข็ง 128.4 HV ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุดในการทดลองนี้

คำสำคัญ: การเชื่อมในสถานะกึ่งแข็งของแข็ง, อะลูมิเนียมหล่อกึ่งแข็ง

Abstract

This project is a study of welding butt joint of Aluminum casting SSM A356 by Semi-Solid state welding process. Samples were heated in Semi-Solid state with Oxygen-acetylene Carburizing flame. Temperature in welding process at 590°C-610°C and followed by friction stir welding were controlled of welding parameter, rotation speed of 1,110 rpm and 1,320 rpm and welding of 120 mm/min and 160 mm/min were varied. The experimental results showed that the rotation speed of 1,110 rpm welding speed 120 mm/min gave the best ultimate tensile strength at the average value of 118.95 MPa. This is strength higher than that the rotation speed 1,320 rpm. The value of hardness of Stir Zone, thermo - mechanical affected zone and base metal were similar. With rotation speed 1,320 rpm welding speed 160 mm/min gave the hardness in this project it is 128.4 HV.

Keywords: Semi-Solid state welding process. Aluminum casting SSM A356

บทนำ

กระบวนการเชื่อมเป็นวิธีการขึ้นรูปและเชื่อมต่อวัสดุที่สำคัญในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งได้มีการพัฒนามาเรื่อยๆ เริ่มจากการเชื่อมแบบหลอม

ละลาย จนถึงกระบวนการเชื่อมเสียดทานแบบกวน ซึ่งเป็นการเชื่อมในสถานะกึ่งแข็ง สำหรับการเชื่อมโลหะบางประเภท เช่น อะลูมิเนียม การเชื่อมแบบหลอมละลายจะทำให้เกิดข้อบกพร่องในรอยเชื่อม

เช่น เกิดรอยร้าว โพรงอากาศ ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้มีการนำกระบวนการเชื่อมในสภาวะกึ่งแข็งมาใช้สำหรับการเชื่อมอะลูมิเนียม ซึ่งสามารถทำให้สมบัติทางกลของแนวเชื่อมสูงกว่าการเชื่อมแบบหลอมละลาย

ขณะนี้ความต้องการชิ้นส่วนอะลูมิเนียมมีสูงมาก เพื่อลดน้ำหนักและลดการใช้พลังงานของยานยนต์ จึงทำให้มีการแข่งขันกันทางด้านการผลิตอะลูมิเนียมไดคาสต์กัน อย่าง ซึ่งประเทศไทยเริ่มมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี การหล่อโลหะกึ่งแข็งแบบ Rheocasting ด้วยเทคนิค GISS (Gas Induced Semi-Solid) ซึ่งเป็นกรรมวิธีการหล่อโดยการปล่อยแก๊สเฉื่อยผ่านแท่งกราฟไฟต์พูนเพื่อให้ได้โครงสร้างเกรนแบบก้อนกลม ซึ่งการนำอะลูมิเนียมที่ผลิตมาจากกระบวนการหล่อกึ่งแข็งมาใช้งานนั้นจำเป็นต้องมีการขึ้นรูปโดยกรรมวิธีการเชื่อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จากข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาโครงสร้างทางโลหะวิทยา และศึกษาสมบัติทางกลของแนวเชื่อม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิจัยหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมจากการเชื่อมในสภาวะกึ่งแข็งของอะลูมิเนียมผสม SSM A356

2. เพื่อศึกษาโครงสร้างทางจุลภาค และสมบัติทางกล หลังจากการเชื่อมในสภาวะกึ่งแข็งของอะลูมิเนียมผสมที่ขึ้นรูปจากกระบวนการหล่อกึ่งแข็ง

วิธีการวิจัย

จากภาพที่ 1 การทดลองเชื่อมในสภาวะกึ่งแข็งเป็นการเชื่อมแบบต่อชน ยึดชิ้นงานติดกับแท่นรองเลื่อนของเครื่องกัดแนวตั้ง ก่อนการเชื่อมจะอุ่นชิ้นงานด้วยเปลวไฟคาร์บูไรซึ่งประมาณ 1 นาที หลังจากนั้นทำการเชื่อมโดยใช้เปลวไฟเป่าบริเวณผิวชิ้นงานติดกับหัวพิน 10 วินาที ซึ่งอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับรอยเชื่อมขณะทำการเชื่อมประมาณ 590 ถึง 610 °C ทำการวัดและควบคุมอุณหภูมิที่ผิวรอยเชื่อมด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ล ใช้แก๊สอาร์กอนในการปกคลุมแนวเชื่อม อัตราการไหล 0.6 Nm³/h หลังจากนั้นทำการป้อนหัวพินที่หมุนด้วยความเร็วรอบและทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกาให้จุ่มลงไปในชิ้นงาน จนปากของหัวพินสัมผัสกับผิวหน้าชิ้นงานค้างไว้ประมาณ 10 วินาที (K. Elangovan et al.) หลังจากนั้นทำการเดินแนวเชื่อมตามตัวแปรที่กำหนดจนเสร็จสิ้นกระบวนการเชื่อม



จับยึดชิ้นงาน



ปรับความร้อน



วัดความร้อน

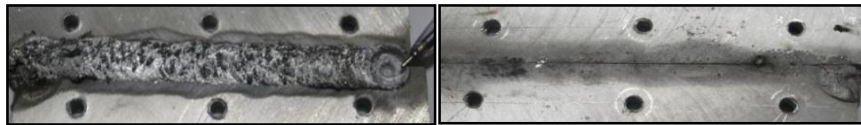
เชื่อมกึ่งแข็ง

ภาพที่ 1 ชั้นตอนกระบวนเชื่อมกึ่งแข็ง

ผลการทดลอง

จากภาพที่ 2 ลักษณะผิวหน้าและด้านหลัง รอยเชื่อม ไม่พบรอยแตก, มีรอยขรุขระจากการกววน

ของหัวพิน ที่ความเร็วหัวพิน 1,110 รอบต่อนาที, ผิวหน้ารอยเชื่อมสมบูรณ์และเรียบมากกว่า



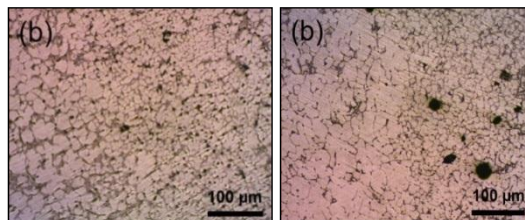
ด้านหน้ารอยเชื่อม

ด้านหลังรอยเชื่อม

ภาพที่ 2 ผิวหน้ารอยเชื่อมกึ่งแข็ง

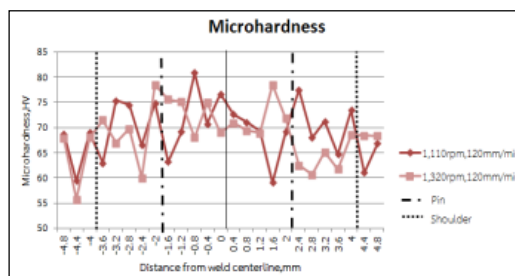
จากภาพที่ 3 โครงสร้างจุลภาคก่อนกลม ประกอบด้วยเม็ดหยาบก้อนสีขาวเป็นเฟสอะลูมิเนียม ส่วนก้อนสีดำสลับขาวเป็นเฟสยูเทคติกส์ ประกอบด้วยเฟสอะลูมิเนียมผสมกับเฟสซิลิกอน, ด้วยภาพขนาดมาตรฐานวัด 50 ไมครอนเกิดก้อนกลมที่ ความเร็วหัวพิน 1,110 รอบต่อนาทีเด่นชัดและ

กระจายตัวมากกว่า, โดยเฉพาะความเร็วการเชื่อม 160 มม./นาที (W.B.Lee, Y.M. Yeon, S.B. Jung) ส่วน การเกิดลักษณะจุลภาคคล้ายเส้นใยประสาทเด่นชัด และมากกว่า, ที่ความเร็วหัวพิน 1,320 รอบต่อนาที เกิดรูพรุน (จุดดำ)



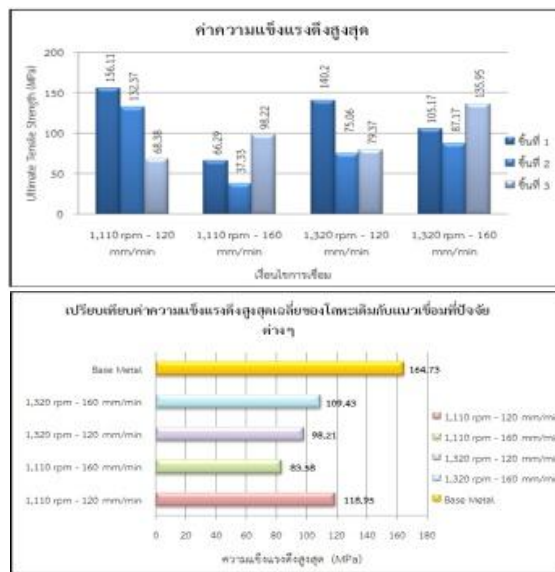
1,110 rpm 120, 160 mm/mim 1,320 rpm 120, 160 mm/mim

ภาพที่ 3 โครงสร้างทางจุลภาค



โดยที่ความเร็วรอบ 1,320 rpm ความเร็วเดินแนวเชื่อม 160 mm/min ได้ค่าความแข็ง 128.4 HV ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุดในการทดลองนี้ ดังภาพที่ 4 (ใช้ VICKSYS Computerised Vickers Hardness Tester Model : VM-50 PC) โดยการทดสอบบริเวณรอยเชื่อมและบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนทางกลจากภาพที่ 5 ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดเฉลี่ย 118.95 MPa ซึ่งสูงกว่าที่ความเร็วรอบตัวกวน 1,320

rpm ค่าความแข็งบริเวณที่ถูกกวนและบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนจะมีค่าสูงกว่าบริเวณที่เป็นเนื้อโลหะเดิมเล็กน้อย (Y.G. Kim. et al.) เนื่องมาจากโครงสร้างจุลภาคที่ไม่เกิดรูพรุนจากการเชื่อม รวมถึงมีการกระจายตัวของโครงสร้างสม่ำเสมอ ทำให้ค่าความแข็งแรงดึงมีค่ามากตามไปด้วย



ภาพที่ 5 กราฟค่าความแข็งแรงดึง

สรุปผล

1. ลักษณะผิวหน้าและด้านหลังรอยเชื่อม ไม่พบรอยแตก, มีรอยขรุขระจากการกวนของหัวพิน
2. โครงสร้างจุลภาคที่ความเร็วหัวพิน 1,110 รอบต่อนาทีเด่นชัดและกระจายตัวมากกว่า, โดยเฉพาะความเร็วการเชื่อม 160 มม. ต่อนาที
3. โดยที่ความเร็วรอบ 1,320 rpm ความเร็วเดินแนวเชื่อม 160 mm/min ได้ค่าความแข็ง 128.4 HV ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุดในการทดลอง
4. ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดเฉลี่ย 118.95 MPa ซึ่งสูงกว่าที่ความเร็วรอบตัวกวน 1,320 rpm

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พิษณุโลก ที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย รวมถึงคณะผู้วิจัยภาควิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล และ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา ที่ให้ข้อมูลความรู้ที่เกี่ยวข้องแก่ผู้ทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- K. Elangovan et al. (2007). **Influences of Tool Pin Profile and Welding Speed on the Formation of Friction Stir Processing Zone in AA2219 Aluminium Alloy, 2007.**
- S. M. J. ALVANI, H. AASHURI, A. KOKABI, R. BEYGI . Semisolid joining of aluminium A356 alloy by partial remelting and mechanical stirring. **Transaction of Nonferrous Metals Society of China** 20(2010), 1792- 1798.
- W.B.Lee, Y.M. Yeon, S.B. Jung. (2003). The improvement of mechanical properties of friction-stir-welded A356 Al alloy. **Materials Science and Engineering A355.** 2003, 154-159.
- Y.G. Kim. et al., (2006). Effect of Welding Parameter on Microstructure in Stir Zone of FSW Joints of Aluminum Die Casting Alloy, **Material Science and Engineering A415.** 250-254, 2006.
- Z.Y. Ma, et al., (2006). **Effect of Friction Stir Processing on the Microstructure of Cast A356 Aluminum, 2006.**