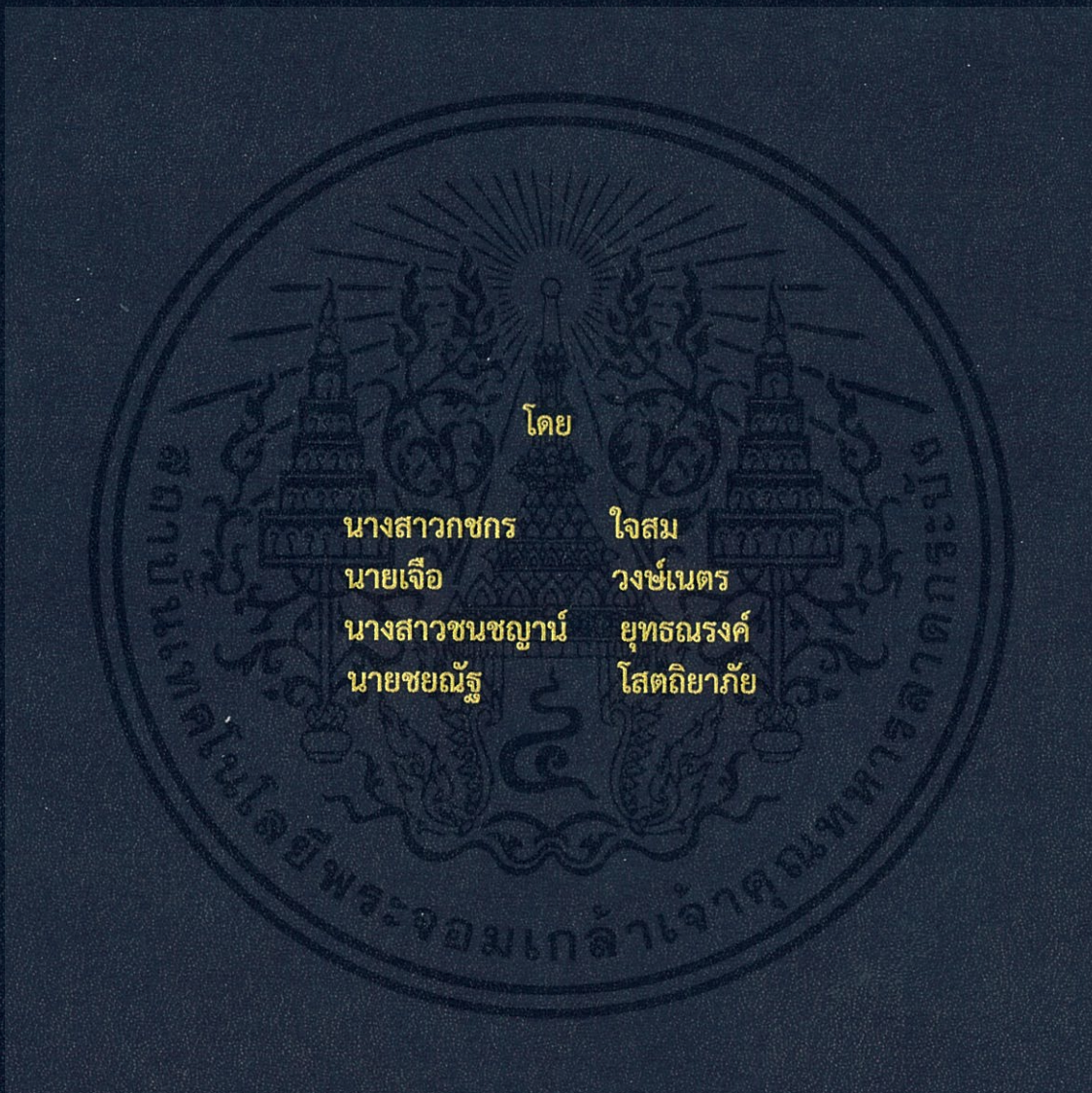


การพัฒนาจักรยานสาธารณะโดยอาศัยการเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อการสัญจรในเมือง
THE DEVELOPMENT OF PUBLIC BICYCLE-SHARING BASED ON ENERGY
HARVESTING FOR URBAN MOBILITY



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การพัฒนาจักรยานสาธารณะโดยอาศัยการเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อการสัญจรในเมือง
THE DEVELOPMENT OF PUBLIC BICYCLE-SHARING BASED ON ENERGY
HARVESTING FOR URBAN MOBILITY



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DEVELOPMENT OF PUBLIC BICYCLE-SHARING BASED ON ENERGY
HARVESTING FOR URBAN MOBILITY



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2561

การศึกษาความเป็นไปได้ในการสะสมพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริก

FEASIBILITY STUDY OF ENERGY STORAGE SYSTEM USING PIEZOELECTRIC



อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. อรรถพล เ่งพิทักษ์กุล

ผศ.ดร. ชัยยันต์ เจตนาเสน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาจักรยานสาธารณะโดยอาศัยการเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อการสัญจรในเมือง

ผู้จัดทำ

1. นางสาวกชกร ใจสม
2. นายเจือ วงษ์เนตร
3. นางสาวชนชญาณ์ ยุทธณรงค์
4. นายชยณัฐ โสติยาภักย์



..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล เเงาพิทักษ์กุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาจักรยานสาธารณะโดยอาศัยการเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อการสัญจรในเมือง

นางสาวกชกร ใจสม
นายเจือ วงษ์เนตร
นางสาวชนชญาณ์ ยุทธณรงค์
นายชยณัฐ โสติดิยาภัย
รศ.ดร.อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและการประยุกต์ใช้งานจากเพียโซอิเล็กทริกให้สอดคล้องกับยุคเมืองอัจฉริยะและอินเทอร์เน็ตทุกสิ่ง โดยพลังงานที่ผลิตได้ผ่านการสั่นของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก อาศัยคุณสมบัติของแม่เหล็กจากการปั่นจักรยาน การนำจักรยานแม่บ้านที่ไม่ได้ใช้งานมาปรับปรุงและพัฒนาให้เป็นจักรยานที่สามารถกักเก็บพลังงานได้ ในส่วนของการออกแบบประกอบไปด้วย วงจรเพียโซอิเล็กทริกที่ติดอยู่บริเวณดุมล้อหน้าของจักรยานสองฝั่งและบริเวณบังโคลนล้อหลังของจักรยาน โมเดลสำหรับติดแม่เหล็กได้มาจากการพิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์สามมิติ เช่น เซอร์วัตค่า กล่องควบคุมวงจรติดตั้งอยู่บริเวณตระกร้าของจักรยาน ในการควบคุมวงจรการเก็บเกี่ยวพลังงาน จะถูกสั่งการโดยบอร์ดอาดูโน้รุ่นรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบไร้สาย และสามารถควบคุมผ่านทางแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ พลังงานที่เก็บเกี่ยวได้จากเพียโซอิเล็กทริกจะถูกเก็บลงแบตเตอรี่ความจุ 3,200 มิลลิแอมป์ต่อหนึ่งชั่วโมง ขนาด 5 โวลต์จำนวนหนึ่งก้อน เพื่อส่งกำลังไฟฟ้าให้แก่ เซนเซอร์บนจักรยาน เช่น เซอร์วัตค่าความชื้นและอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดระยะทาง เซนเซอร์วัดปริมาณแก๊สพิษและรีเลย์สำหรับวงจรแปรผันแรงดันเพื่อใช้ในการควบคุมการเปิดปิดไฟแอลอีดีขนาด 12 โวลต์บริเวณดุมล้อหน้าของจักรยาน ซึ่งการทดลองพบว่า การปั่นจักรยานที่ความเร็วพิกัดให้กำลังไฟฟ้า 136 มิลลิวัตต์ ค่าแรงดันและกระแส 11.5 โวลต์และ 1.2 มิลลิแอมป์ตามลำดับ วงจรดังกล่าวถูกออกแบบเพื่อง่ายต่อการประกอบและการใช้งาน

The development of public bicycle-sharing based on energy harvesting for urban mobility

Ms. Kotchakorn

Jaisom

Mr. Juer

Wongnet

Ms. Chonchaya

Yuthanarong

Mr. Chayanut

Sottiyaphai

Assoc.Prof.Dr. Atthapol

Naopitakkul

Advisor

Asst.Prof.Dr. Chaivan

Jettanasen

Co-Advisor

Year 2018

ABSTRACT

This project presents designing and applying in harvesting energy from piezoelectric which conform to smart city and internet of things (IOT). Energy harvested from the vibration in piezoelectric used magnetic force while cycling as mechanical stress to generate AC. The remodeled bicycle has been modified and developed to harvest energy. The designed part consists of piezoelectric circuit which is on the front wheel hub and the back-wheel mudguard, magnet model from 3D printer, detection sensors and control box in the bicycle basket. Harvesting circuit was commanded by Arduino ESP 32 Wi-Fi module and controlled via mobile application. This energy is stored in 3200 mAh, 5V battery in order to supply power to sensors on bicycle included humidity and temperature sensor, Ultrasonic sensor, hazardous gas detection and relay for boost converter to control LED 12 volt at the front-wheel hub. At rated cycling can generate power at 136 mW with voltage and current are 11.5 V and 1.2 mA, respectively. This model has been designed for easy usage and assembling.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปฏิญานិพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ดี ด้วยความช่วยเหลือจากหลาย ๆ ท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ รศ.ดร.อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล และ ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน อาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อโครงการนี้มาโดยตลอดและตรวจสอบข้อผิดพลาดรวมถึงจุดบกพร่องต่าง ๆ ให้ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ทางผู้จัดทำโครงการต้องขอขอบคุณ คุณวิษุพร เกตุอุไร (เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ของศูนย์บริการ KRIS : KMITL Research and Innovation Services) ผู้ให้ความช่วยเหลือประสานงานเรื่องขอยืมเครื่องพิมพ์สามมิติ

ขอขอบคุณศูนย์พัฒนานวัตกรรมและบริการทางวิศวกรรม ผู้ให้ความช่วยเหลือด้านการอบรมการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติและเอื้ออำนวยเครื่องพิมพ์สามมิติรวมถึงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการจนแล้วเสร็จ

ขอขอบคุณ นายธนากร จำปา ผู้ให้คำปรึกษาและการช่วยเหลือในการเขียนโปรแกรม Arduino (IDE) จนแล้วเสร็จ

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบคุณบิดามารดา และครอบครัว ที่เข้าใจและให้การส่งเสริมสนับสนุนพวกเราเป็นอย่างดี รวมทั้งเพื่อน ๆ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจซึ่งกันและกันมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	23
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน	23
1.4 วิธีการใช้ในโครงการ	24
1.5 แผนการดำเนินโครงการ	25
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	26
1.6.1 ประโยชน์ทางสังคม	26
1.6.2 ประโยชน์ทางวิศวกรรมหรือพลังงาน	26
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	27
2.1 ประวัติการขนส่งทางบก	27
2.1.1 ประวัติการขนส่งทางบก (Land Transportation)	27
2.2 จักรยานและจักรยานไฟฟ้า	28
2.2.1 ความหมายของจักรยาน	28
2.2.2 ประวัติความเป็นมาและวิวัฒนาการของจักรยาน	28
2.2.3 จักรยานไฟฟ้า	30
2.3 เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric)	32
2.3.1 ประวัติความเป็นมา	32
2.3.2 หลักการทำงานของเพียโซอิเล็กทริก	33
2.3.3 ข้อดีและข้อเสียของเพียโซอิเล็กทริก	34
2.4 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นแบบบริดจ์	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 Wemos D1 R32 ESP32 Wi-Fi Bluetooth Uno บอร์ด ESP32 แบบ Arduino Uno	36
2.6 ESP32	36
2.6.1 ประวัติความเป็นมาของ ESP32	36
2.6.2 รายละเอียดของ ESP32	38
2.7 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	39
2.7.1 โหมด 1 เมื่อสวิตช์เปิด (Mode 1 Switch On)	40
2.7.2 โหมด 2 สวิตช์ปิด (Mode 2 Switch Off)	40
2.8 ตัวเก็บประจุยิ่งยวด	41
2.9 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	43
2.9.1 การประยุกต์ระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์	44
2.10 แม่เหล็ก	46
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างจักษยานไฟฟ้า	47
3.1 การจำลองการเก็บสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	50
3.2 การจำลองการเก็บสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนจักษยาน	52
3.2.1 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณคัมล้อของจักษยาน	52
3.2.2 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณใต้เบาะที่นั่งของจักษยาน	53
3.2.3 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณโครงรถของจักษยาน	53
3.2.4 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณตะกร้าใส่ของด้านหน้าของจักษยาน	54
3.2.5 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณคอรถของจักษยาน	54
3.3 การจำลองการเก็บสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่รูปแบบการต่อวงจรต่างกัน	55
3.4 การออกแบบวงจรการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	56
3.4 การออกแบบวงจรการประยุกต์ใช้งานของเพียโซอิเล็กทริก	57
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	59
4.1 การเก็บเกี่ยวพลังงานลงแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน โดยผ่านวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานและวงจรชาร์จแบตเตอรี่	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณีปั่นอยู่กับที่	62
4.2.1 ผลการทดลองบริเวณบึงโคลนล่อหลัง	62
4.2.2 ผลการทดลองบริเวณดุมล้อหน้าของจักรยาน	65
4.3 ผลการเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณีรวมวงจรถูกหน้าและล่อหลัง	69
4.4 ผลการเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณีเปรียบเทียบกับพื้นถนน	71
4.5 ผลการเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณีเปรียบเทียบกับน้ำหนักของโหลด	74
4.6 การออกแบบวงจรประยุกต์ใช้พลังงานที่ได้จากเพียโซอิเล็กทริก	76
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	79
5.1 สรุปผลการทดลอง	79
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	82
เอกสารอ้างอิง	83
ภาคผนวก	89
ภาคผนวก ก บทความทางวิชาการ	90
ภาคผนวก ข โปรแกรมการทำงานของแอปพลิเคชัน	95
ประวัติผู้เขียน	101

สารบัญรูปร่างภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 โครงสร้างเมืองอัจฉริยะ	2
1.2 Smart Mobility	8
1.3 เครื่องหมายการค้าของโมไบค์	9
1.4 จักรยานสาธารณะไร้สถานี	10
1.5 oBike Application	11
1.6 จักรยาน ofo (โอโฟ)	13
1.7 ตัวรับสัญญาณของเครื่องอัลตราซาวด์	14
1.8 Blood pressure sensors	14
1.9 เครื่องวัดความดันลูกตา	15
1.10 กางเกงไฮเทค	15
1.11 การประยุกต์ใช้งานเพียโซอิเล็กทริกกับรองเท้า	16
1.12 ตำแหน่งไฟติดเวลากลางคืน	18
1.13 มือถือระบบ Piezo Receiver	18
1.14 ที่รับสัญญาณการเคาะโดยใช้เพียโซอิเล็กทริก	20
2.1 จักรยานในอดีต	29
2.2 จักรยานในอดีตเปรียบเทียบกับปัจจุบัน	29
2.3 จักรยานไฟฟ้าในอดีต	31
2.4 Direct piezoelectric effect	32
2.5 Converse piezoelectric effect	33
2.6 เพียโซอิเล็กทริกเปลี่ยนแรงกดเป็นพลังงานไฟฟ้า	33
2.7 เซนเซอร์เพียโซ	34
2.8 ไดโอด D1 และ D2 ได้รับไบอัสตรงและรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด (Vout)	35
2.9 ไดโอด D3 และ D4 ได้รับไบอัสตรงและรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด (Vout)	35
2.10 สัญญาณแรงดันเอาต์พุต (Output) จากวงจร Full-Bridge Rectifier	35
2.11 Wemos D1 R32 ESP32 Wi-Fi Bluetooth Uno บอร์ด ESP32แบบ Arduino Uno	36
2.12 ESP32-WROOM-32D	36

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.13 ESP32 Pin Layout (QFN 5*5, Top View)	39
2.14 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	39
2.15 วงจรสมมูลของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์เปิด	40
2.16 วงจรสมมูลของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์ปิด	40
2.17 ลักษณะการกระจายตัวของประจุขณะกำลังอัดประจุ (ซ้าย) เมื่ออัดประจุจนเต็ม (กลาง) และเมื่อคายประจุ (ขวา)	42
2.18 ลักษณะภายในของตัวเก็บประจุทรงกระบอก (ซ้าย) และทรงเหลี่ยม (ขวา)	42
2.19 การแบ่งชิ้นงานขนาดใหญ่ออกเป็นชิ้นงานขนาดเล็กเป็นสี่เหลี่ยม	43
2.20 การแบ่งชิ้นงานขนาดเล็กให้มีขนาดเล็กลง	44
2.21 รูปแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับกะโหลกศีรษะ	45
3.1 แผนภาพจำลองจักรยาน	29
3.2 แผนภาพวงจรการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก	49
3.3 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าของเพียโซอิเล็กทริกเมื่อมีการสั่นเกิดขึ้น	50
3.4 สัญญาณแรงดันไฟฟ้า	51
3.5 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณดุมล้อของจักรยาน	52
3.6 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณใต้เบาะที่นั่งของจักรยาน	53
3.7 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณโครงรถของจักรยาน	53
3.8 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณ ตะกร้าใส่ของด้านหน้าของจักรยาน	54
3.9 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณคอรถของจักรยาน	54
3.10 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อต่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริกแบบต่างๆ	55
3.11 รูปวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริก	56
3.12 วงจรการประยุกต์ใช้งานของเพียโซอิเล็กทริก	57
4.1 การติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณจักรยาน	60
4.2 ตำแหน่งของการติดแม่เหล็กบริเวณดุมล้อหน้า	60
4.3 ตำแหน่งของการติดแม่เหล็กบริเวณบังโคลนล้อหลัง	60

สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.4 วงจรการเก็บเกี่ยวพลังงาน	61
4.5 ตำแหน่งการทดลองการวัดแรงดันไฟฟ้า	62
4.6 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ความเร็วรอบต่างๆ บริเวณบั้งโคลนล้อหลัง	64
4.7 กราฟเปรียบเทียบกำลังที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็วบริเวณล้อหลัง	65
4.8 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ความเร็วรอบต่างๆ บริเวณคัมล้อหน้า	67
4.9 กราฟเปรียบเทียบกำลังที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็วบริเวณล้อหน้า	68
4.10 การปั่นจักรยานที่รวมวงจรถูกหน้าและล้อหลังด้วยกัน	69
4.11 กราฟเปรียบเทียบกำลังที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็ว	71
4.12 เปรียบเทียบพื้นผิวถนน	72
4.13 กราฟเปรียบเทียบกำลังที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็ว เมื่อเปรียบเทียบพื้นผิวถนนที่ทำการทดลอง	73
4.14 เปรียบเทียบน้ำหนักของโหลดในการปั่นจักรยาน	74
4.15 กราฟเปรียบเทียบกำลังที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักของโหลด	76
4.16 การออกแบบวงจรประยุกต์ใช้งาน	76
4.17 รูปร่างจำลองการต่อวงจรจากโปรแกรม Sketch up	77
4.18 การต่อวงจรใช้งานจริง	77
4.19 แอปพลิเคชัน Blynk บนโทรศัพท์มือถือ	78
4.20 การนำข้อมูลส่งออกโปรแกรม Microsoft Excel	78
5.1 การออกแบบจักรยาน	81
5.2 การออกแบบกล่องควบคุม	81
5.3 การออกแบบบริเวณคัมล้อหน้าของจักรยาน	81
5.4 การออกแบบบริเวณบั้งโคลนล้อหลังของจักรยาน	81

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การเปรียบเทียบเมืองต้นแบบเมืองอัจฉริยะ	7
1.2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจักรยานไฟฟ้า	21
1.3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเพียโซอิเล็กทริก	21
3.1 เปรียบเทียบแรงดันที่วัดได้จากการติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่ตำแหน่งต่างๆ	55
3.2 เปรียบเทียบแรงดันที่วัดได้จากการติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่รูปแบบการต่อต่างๆ	56
4.1 ตารางเก็บค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่างๆ บริเวณล้อหลัง	64
4.2 ตารางเก็บค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่างๆ บริเวณล้อหน้า	67
4.3 ตารางเก็บค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่างๆ	70
4.4 ตารางเก็บค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามสภาพผิวถนน	72
4.5 ตารางเก็บค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามโหลด	75

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

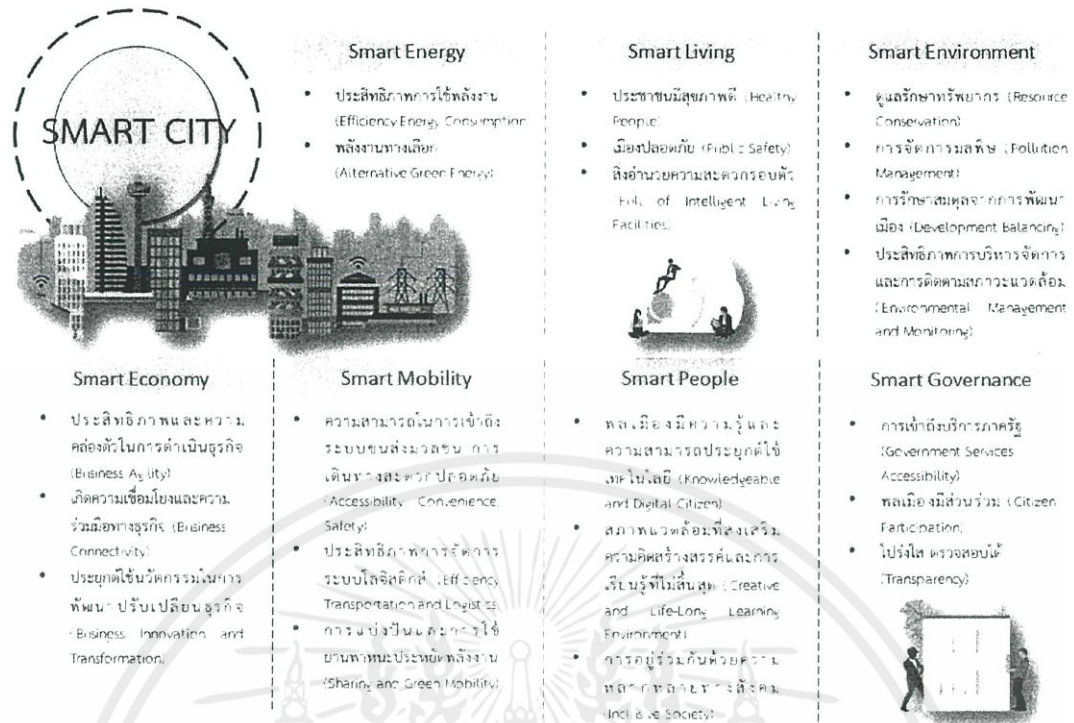
ในปัจจุบันการพัฒนาความเป็นอยู่ของมนุษย์ในเมืองเป็นสิ่งสำคัญ มนุษย์เริ่มคิดค้นและพัฒนาการนำเทคโนโลยีมาใช้งานมากขึ้นให้สอดคล้องกับยุคไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งการพัฒนานั้นมุ่งมั่นก้าวสู่การเป็นเมืองอัจฉริยะ (Smart City) เพื่อมุ่งหวังยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีและสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เตรียมการพัฒนาศูเมืองที่ยั่งยืน

เมืองอัจฉริยะที่ได้กล่าวถึงนั้น เป็นรูปแบบการประยุกต์เทคโนโลยีดิจิทัล หรือข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสารในการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของบริการชุมชน เพื่อช่วยในการลดต้นทุนและลดการบริโภคของประชากร โดยยังคงเพิ่มประสิทธิภาพให้ประชาชนสามารถอยู่อาศัยได้ในคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น เมืองอัจฉริยะเป็นโครงการที่หลายๆ เมืองทั่วโลก พยายามพัฒนาให้เข้ากับยุค 4.0 โดยการเอาเทคโนโลยีมาผสานกับการใช้ชีวิตของประชาชน ไม่ว่าจะทั้งด้านการขนส่ง การใช้พลังงาน หรือโครงสร้างพื้นฐานที่จะทำให้เมืองที่สะดวกสบายเหมือนในฝัน เกิดขึ้นได้จริง ทั้งยังทำให้ประชาชนอยู่ดีมีสุขกันด้วย แนวคิดเมืองอัจฉริยะเกิดขึ้นพร้อมๆ กับการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things (IoT)) ซึ่งเป็นรากฐานในการเชื่อมโยงอุปกรณ์หรือสิ่งของรอบๆ ตัวเข้ากับโครงข่ายการสื่อสารแบบอินเทอร์เน็ต รวมไปถึงการวางผังเมืองที่ชาญฉลาดรองรับการใช้ชีวิตที่สะดวกสบาย รูปแบบการบริหารจัดการเมืองแบบเมืองอัจฉริยะเป็นการสร้างเมืองที่จะมีการเติบโตอย่างยั่งยืน เน้นการจัดสมดุลของสิ่งแวดล้อม ประหยัดพลังงาน และเลือกใช้พลังงานสะอาด จึงช่วยลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ปัญหามลภาวะทางอากาศ น้ำเสีย ขยะ การระบายน้ำ ช่วยส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่ดี คุณภาพอากาศที่ดี เพิ่มพื้นที่สีเขียว และลดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island Effect)

การที่จะเป็นเมืองอัจฉริยะ (Smart City) สมบูรณ์แบบจำเป็นต้องมีองค์ประกอบ 7 ประการ ดังต่อไปนี้

1. การสัญจรอัจฉริยะ (Smart Mobility)
2. ชุมชนอัจฉริยะ (Smart Community)
3. เศรษฐกิจอัจฉริยะ (Smart Economy)
4. สิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (Smart Environment)
5. การปกครองอัจฉริยะ (Smart Governance)
6. อาคารอัจฉริยะ (Smart Building)
7. พลังงานอัจฉริยะ (Smart Energy) [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 โครงสร้างเมืองอัจฉริยะ

แนวคิดเมืองอัจฉริยะ คือทิศทางในการพัฒนาเมือง ให้คนในพื้นที่มีคุณภาพชีวิตที่ดีจากการแก้ปัญหาต่างๆ ช่วยส่งเสริมสิ่งแวดล้อมและลดผลกระทบให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งได้กำหนดหลักการสำคัญเอาไว้ 4 ข้อ และเป็นที่ยอมรับในวงกว้าง ว่าการจะเป็นเมืองอัจฉริยะได้จะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. การทำให้เกิดพื้นที่เมืองที่มีคุณภาพในการจัดวางระบบสาธารณูปโภคของเมือง มีการบริหารจัดการพลังงานทั้งภาคการผลิต การส่งจ่ายและการใช้พลังงาน รวมทั้งส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน ทั้งระบบทั่วไปและระบบที่ใช้ในการรองรับด้านเทคโนโลยี อุปกรณ์เสริมจะช่วยสนับสนุนการพัฒนาเมืองและแนวคิดการสร้างเมืองอัจฉริยะที่ดีที่สุด
2. เมืองมีความสามารถในการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นพื้นฐาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านสารสนเทศและการสื่อสาร กลายเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเมืองที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ความสามารถในการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและอุปกรณ์ด้านคอมพิวเตอร์ จะช่วยให้เมืองสามารถตอบสนองความต้องการในการพัฒนาด้านอื่นๆ ตามมาได้โดยง่าย ทั้งนี้หมายรวมถึงทั้งเทคโนโลยีไร้สาย (wireless) และพร้อมสาย (cable) ที่ต้องมีการออกแบบและวางแผนอย่างเป็นระบบ
3. การพัฒนาฐานเศรษฐกิจและการลงทุนที่ควบคู่ไปกับกิจกรรมในเมือง เพื่อเป็นการรองรับการพัฒนาเมืองอย่างต่อเนื่องเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สร้างหน่วยงานวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเมืองในอนาคต การวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีมีความจำเป็นเพราะเมืองต้องพึ่งพาการบริหารจัดการด้านเทคโนโลยีอยู่ตลอดเวลา การพัฒนาด้านเทคโนโลยีจะช่วยให้กลไกการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและสังคมของผู้อยู่อาศัยมีคุณภาพ โดยจะสามารถพัฒนาให้เกิดความสอดคล้องและเหมาะสมกับความต้องการในการใช้งานของประชากรในแต่ละเมืองได้อย่างดี ทั้งในปัจจุบันและในอนาคต

หากเมืองใดมีครบทั้ง 4 ข้อดังกล่าว ก็เท่ากับว่ามีคุณสมบัติตรงกับหลักการสำคัญซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางสู่การพัฒนาเมืองอย่างมีประสิทธิภาพ ให้คุณภาพชีวิตของคนในพื้นที่นั้นดีขึ้น [2]

เมืองอัจฉริยะเป็นโครงการที่หลายๆ เมืองทั่วโลกพยายามพัฒนาให้เข้ากับยุค 4.0 โดยการเอาเทคโนโลยีมาผสานกับการใช้ชีวิตของประชาชน ไม่ว่าจะทั้งด้านการขนส่ง การใช้พลังงาน หรือโครงสร้างพื้นฐาน ที่จะทำให้เมืองที่สะดวกสบายเหมือนในฝันเกิดขึ้นจริง ทั้งยังทำให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ดีมีสุข

ตัวอย่าง 6 เมืองที่ได้รับยกย่องว่าเป็นเมืองอัจฉริยะของโลกได้แก่

1. เมืองมิลตัน คีนส์ – ประเทศอังกฤษ

เมืองมิลตัน คีนส์ ที่อยู่ทางตอนใต้ของอังกฤษ ซึ่งล่าสุดคว้ารางวัลชนะเลิศในการประกวด Smart Cities UK Award 2017 มาถึง 3 รางวัล ทั้งในด้าน ข้อมูล, การสื่อสาร และพลังงาน หัวใจสำคัญในโครงการเมืองอัจฉริยะของเมืองนี้คือการสร้างศูนย์รวมข้อมูลที่ทันสมัย ซึ่งรวมข้อมูลทั้งพลังงาน การบริโภคน้ำ การขนส่งมวลชน สังคม เศรษฐกิจ ข้อมูลจากดาวเทียมซึ่งตอนนี้มีข้อมูลกว่า 700 ชุด ที่รวมเพื่อการพัฒนาทรัพยากรเมือง และประชาชนยังเข้าถึงได้ด้วย

ศูนย์รวมข้อมูลที่ทันสมัยจะถูกนำมาใช้ในหลายด้าน เช่น การขนส่งมวลชนที่เชื่อมโยงข้อมูลกับผู้ใช้งาน ไม่ว่าจะระบบจองรถสาธารณะและการจ่ายเงิน ทั้งยังมีแอปพลิเคชัน MotionMap ที่อธิบายการเคลื่อนไหวแบบเรียลไทม์ของคนและยานพาหนะทั่วทั้งเมือง รวมถึงข้อมูลของตารางเวลา ลานจอดรถ เส้นทางถนน และประเมินความแออัดในเส้นทางต่างๆ ของเมือง เพื่อช่วยให้ชาวเมืองหลีกเลี่ยงเส้นทางและช่วยในการตัดสินใจได้ ด้านการใช้พลังงาน เมืองนี้มีการใช้รถยนต์พลังงานไฟฟ้า ที่มีการชาร์จไฟจากพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ และทั้งชุมชนยังมีโปรแกรมที่รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละพื้นที่ เพื่อให้ประชาชนใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นแผนสำหรับการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และลดการใช้เชื้อเพลิง

โครงการนี้ตั้งอยู่บนความเชื่อว่า ประชาชนคืออนาคตของเมือง จึงต้องเปิดโอกาสฟังเสียงความต้องการของชาวเมือง โดยมีพื้นที่พูดคุยกับชาวเมืองถึงความคิด ผลกระทบจากกิจกรรมและโครงการต่างๆ ทั้งยังมีแอปพลิเคชัน QuickChat ที่รวบรวมการสนทนาจากชาวเมือง และยังสามารถรายงานสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้ เช่น รถบัสมาช้า หรือความต้องการอื่นๆ เพื่อนำไปพัฒนาปรับปรุงเมือง smarter มากขึ้นด้วย

2. เมืองอัมสเตอร์ดัม – ประเทศเนเธอร์แลนด์

เมืองอัมสเตอร์ดัมริเริ่มโครงการเมืองอัจฉริยะมาตั้งแต่ปี 2009 และมีโปรเจกต์มากกว่า 170 โปรเจกต์ ที่มีการพัฒนาร่วมกันระหว่างภาครัฐและเอกชน ซึ่งมีเป้าหมายคือการแก้ปัญหาการติด ประหยัดพลังงาน และพัฒนาสภาพความปลอดภัยของประชาชนโดยโปรเจกต์ที่โดดเด่นของเมืองนี้มีชื่อว่า ‘City-zen’ ที่ต้องการให้เมืองเปลี่ยนไปใช้พลังงานสะอาดทั้งหมด ทั้งจากพลังงานแสงอาทิตย์, ลม, ชีวมวล, และความร้อนใต้พิภพ ทั้งยังต้องการรวมการใช้พลังงานเหล่านี้กับระบบเมือง อาคาร และในการใช้ชีวิตของชาวเมืองด้วย เช่น แผนการจัดเก็บพลังงานแสงอาทิตย์และยังนำพลังงานส่วนเกินที่ไม่ได้ใช้ไปขายได้ เมืองดังกล่าวยังมีเป้าหมายในการสร้างเมืองที่มีระบบหมุนเวียน โดยมีโปรเจกต์ Circular Amsterdam ที่ต้องการหมุนเวียนเศรษฐกิจของเมือง ทั้งยังรวมถึงการลดของเสียและมลภาวะ ด้วยการรีไซเคิลทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ ไม่ว่าจะเป็นโครงการการออกแบบวัสดุผลิตภัณฑ์เดิมในรูปแบบใหม่ๆ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ยังมีโปรเจกต์อีกมากมายหลายด้าน เช่น ด้านโครงสร้างพื้นฐานและเทคโนโลยี การศึกษา การเคลื่อนที่และขนส่ง และชีวิตความเป็นอยู่ของพลเมือง เป็นต้น โดยสามารถติดตามรายละเอียดของโปรเจกต์ต่างๆ รวมถึงผู้ดำเนินงาน เป้าหมาย ติดตามผลและมีส่วนร่วมได้ตลอดผ่านทางเว็บไซต์ของเมืองด้วย

3. เมืองสต็อกโฮล์ม – ประเทศสวีเดน

สต็อกโฮล์มเป็นเมืองหลวงของประเทศสวีเดน ที่ขึ้นชื่อว่าเมืองหลวงที่ใหญ่ที่สุดในแถบสแกนดิเนเวีย โดยเมืองอัจฉริยะของเมืองสต็อกโฮล์ม ถือเป็นเมืองที่โดดเด่นด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และมีเครือข่ายและการเชื่อมต่อมากที่สุดในโลก เพราะมีการติดตั้งเครือข่ายไฟเบอร์และดำเนินการด้านเทคโนโลยีการสื่อสารต่างๆ เพื่อเชื่อมต่อข้อมูลที่จะใช้ในการพัฒนาสังคมที่ยั่งยืน เมืองดังกล่าวได้มีโปรเจกต์สำคัญคือ ‘เทคโนโลยีสารสนเทศสีเขียว’ ที่ผสมผสานการทำงานของเทคโนโลยีในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น อาคารประหยัดพลังงานที่ลดต้นทุนเครื่องทำความร้อน, ตรวจสอบการจราจรเพื่อลดเวลาที่ใช้นบนท้องถนน และการพัฒนาระบบบริการอิเล็กทรอนิกส์เพื่อลดการใช้กระดาษ เป็นต้น

ทั้งยังมีระบบบริการอิเล็กทรอนิกส์สาธารณะที่พร้อมช่วยจัดลำดับความสำคัญ ความต้องการและอำนวยความสะดวกให้กับประชาชน ตั้งแต่เรื่องเกี่ยวกับการออกใบอนุญาต ดูแลผู้สูงอายุ ช่วยวางแผนการเดินทางไปทำงาน จนกระทั่งมีระบบการจองพื้นที่จอดรถ

เมืองอัจฉริยะของสต็อกโฮล์ม ยังต้องการใช้ความโดดเด่นด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในการเชื่อมต่อเครือข่ายต่างๆ ของเมืองเข้าด้วยกัน ทั้งภาคธุรกิจ ภาครัฐ และประชาชน ทั้งในด้านการสื่อสาร การร่วมมือทางเศรษฐกิจ ทั้งในเมืองยังมีพื้นที่ที่เรียกว่า Kista Science City ที่เป็นแหล่งเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารชั้นนำของโลก ที่มีการรวมมหาวิทยาลัย ภาครัฐ เอกชน ที่ทำงานร่วมกันในการพัฒนาข้อมูล และเทคโนโลยีการสื่อสารในโครงการเมืองอัจฉริยะของเมืองนี้

4. เมืองบาร์เซโลนา – ประเทศสเปน

เมืองบาร์เซโลนาในประเทศสเปนตั้งเป้าให้เป็น เมืองอัจฉริยะด้วยการใช้ดิจิทัลและเทคโนโลยีมารองรับ ปรับปรุงชีวิตผู้คนในเมืองนี้ โดยเน้นไปที่การลงทุนในโครงสร้างดิจิทัลพื้นฐาน สาธารณะความเป็นดิจิทัลของเมืองบาร์เซโลนา แบ่งออกเป็น 3 ด้าน

ด้านแรก คือ การแปลงข้อมูลทางดิจิทัล (Digital transformation) ที่จะใช้เทคโนโลยีและข้อมูลในการบริการประชาชน สร้างความโปร่งใสของรัฐบาล และปลูกฝังการมีส่วนร่วม เช่น การมีช่องทาง ‘Ethical Mailbox’ ที่ให้ประชาชนแจ้ง ร้องเรียนการทุจริตโดยตรง หรือโครงการ ‘Open Budget’ ที่เป็นช่องทางให้ประชาชนเข้าถึงข้อมูลงบประมาณ ตรวจสอบการใช้เงินส่วนรวมของภาครัฐได้ตลอดเวลา

ด้านที่สองคือ นวัตกรรมดิจิทัล (Digital Innovation) ที่สนับสนุนการใช้นวัตกรรมเทคโนโลยีต่างๆ เช่น เทคโนโลยีเซนเซอร์ที่ใช้ในระบบน้ำของสวนสาธารณะ ซึ่งคอยส่งข้อมูลระดับน้ำที่จะใช้สำหรับต้นไม้และพืชต่างๆ เทคโนโลยี เครือข่ายรถบัสที่มีการเก็บและวิเคราะห์การเดินทางของรถบัสในแต่ละสายและแต่ละเส้นทาง เพื่อลดปัญหาจราจร และเทคโนโลยีไฟจราจรอัจฉริยะ รถตุ๊กตุ๊ก เช่น รถพยาบาลหรือรถตำรวจผ่านเส้นทางที่มีไฟจราจร ไฟจะเปลี่ยนเป็นไฟเขียวอัตโนมัติ

ด้านสุดท้ายคือ การสร้างอำนาจทางดิจิทัล (Digital Empowerment) ที่จะใช้เทคโนโลยีในการสร้างสังคม และชุมชนที่ดี เช่นการผลักดันการศึกษา เปิดคอร์สการฝึกอบรมเทคโนโลยีและการเผยแพร่โปรแกรม การเปิดบริการสาธารณะที่ให้ประชาชนมาเรียนรัฐวิทยาศาสตร์ของการผลิตแบบดิจิทัล และเทคโนโลยีต่างๆ ทั้งยังมีการเปิดพื้นที่ประชาธิปไตย ให้ประชาชนได้ร่วมเสนอนโยบาย เพื่อให้ภาครัฐได้ทำงานกับประชาชนมากขึ้น

5. เมืองฟุจิซาวะ – ประเทศญี่ปุ่น

เมืองฟุจิซาวะในจังหวัดคานากาวะ เป็นเมืองอัจฉริยะที่ได้รับการร่วมมือจากทั้งภาครัฐและเอกชนในการสนับสนุนโครงการต่างๆ โดยเมืองนี้มีบ้านทั้งหมด 1,000 หลัง และมีวิสัยทัศน์ของเมือง 100 ปีแรก ในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่มีเทคโนโลยีระดับสูง ที่สามารถปรับใช้ในชีวิตประจำวันของทุกคนได้ บ้านแต่ละหลังในเมืองนี้จะมีหลังคาเป็นแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พร้อมแบตเตอรี่สำรองพลังงานภายในบ้าน และยังส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าใช้ในครัวเรือนเป็นหลัก ซึ่งไฟฟ้าส่วนเกินที่ผลิตได้แต่ไม่ได้ใช้จะถูกขายกลับไปให้หน่วยงานผู้ประกอบการด้านไฟฟ้า ทั้งตามสถานที่สาธารณะ และพื้นที่ส่วนกลางมีการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์และหากเกิดเหตุแผ่นดินไหวภัยพิบัติหรือถูกตัดไฟขึ้น เมืองนี้สามารถผลิตพลังงานใช้เอง และมีแหล่งทรัพยากรสำรองไว้ใช้สอยอย่างต่อเนื่องได้ 3 วัน

นอกจากการผลิตไฟใช้เอง ในการใช้น้ำยังกักเก็บน้ำฝนเอาไว้ใช้ เช่นใช้รดน้ำต้นไม้ ล้างรถ ล้างห้องน้ำ ทั้งพาหนะของที่นี่จะใช้พลังงานสีขาว เช่น รถยนต์และรถจักรยานไฟฟ้า โดยมีจุดสำหรับชาร์จพลังงานในบ้านแต่ละหลังและตามพื้นที่สาธารณะด้วย เมืองนี้ยังมีเป้าหมายในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ลดการใช้น้ำ และการใช้พลังงานทดแทน ความปลอดภัยและความมั่นคงทาง

ทรัพย์สินก็เป็นสิ่งสำคัญของเมืองนี้ โดยได้มีการติดตั้งกล้องวงจรปิดและระบบรักษาความปลอดภัยไว้ทั่วเมือง และยังมีเป้าหมายในการสร้างสังคมที่มีคุณภาพที่คนในชุมชนมีปฏิสัมพันธ์อันดีและมีความสุขร่วมด้วย

6. ประเทศสิงคโปร์

สิงคโปร์เป็นประเทศที่เกิดขึ้นมา 50 กว่าปี แต่ไม่ได้มีแผนเปลี่ยนแค่เมืองให้เป็นเมืองอัจฉริยะแต่ยังเป็นประเทศแห่งนวัตกรรม ที่รัฐบาลมีเป้าหมายจะใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสร้างงานและสร้างรายได้ ทั้งยังมีเป้าหมายให้ประเทศกลายเป็นสังคมปลอดเงินสด ใช้ระบบการใช้จ่ายแบบอิเล็กทรอนิกส์ ครอบคลุมในทุกธุรกิจ

สิงคโปร์เน้นการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นการรวบรวมข้อมูลเปิดข้อมูลส่วนรวมที่ให้ประชาชน และภาคเอกชนเข้าถึงข้อมูลของรัฐ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ เปลี่ยนเมืองให้ทันสมัยด้วยเทคโนโลยี แต่สิงคโปร์ให้ความสำคัญในการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล โดยมีการป้องกันความเป็นส่วนตัวในข้อมูลของประชาชน

โครงการประเทศนวัตกรรมของสิงคโปร์ ยังเน้นที่ระบบสาธารณสุข คุณแลสุขภาพของประชาชน และการขนส่ง โดยมองว่าอีก 15 ปีข้างหน้า ประเทศจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ซึ่งหากบริการด้านสุขภาพมีประสิทธิภาพ มีการขนส่งด้วยเทคโนโลยีรองรับ ทำให้ผู้สูงอายุใช้ชีวิตได้สะดวกสบาย โดยด้านขนส่ง สิงคโปร์มีการพัฒนารถยนต์ขับเองได้ และด้านการแพทย์ มีการใช้เทคโนโลยีทางการแพทย์ที่ให้ผู้ป่วยเข้าถึงระบบดูแลสุขภาพแม้อยู่ที่บ้าน

รัฐบาลสิงคโปร์ได้พัฒนาแอปพลิเคชันมากมาย ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของชาวสิงคโปร์ในทุกด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านสุขภาพ ที่มีแอปพลิเคชัน HealthHub ให้บันทึกข้อมูลสุขภาพ, แอปพลิเคชัน MyResponder ที่เมื่อมีผู้ป่วยโรคหัวใจมีภาวะช็อก จะช่วยเหลือเบื้องต้นและแจ้งเตือนเรียกรถพยาบาลให้ทันที ด้านการเดินทางมีแอปพลิเคชัน MyTransport.SG ที่บอกตารางเวลา เส้นทางการเดินทาง หรือด้านความปลอดภัยที่มีแอปพลิเคชันช่วยรายงานเหตุร้ายหรืออุบัติเหตุ และแอปพลิเคชันอื่นๆ อีกมากมายที่รัฐบาลออกมาให้ประชาชนได้ใช้ [3]

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบเมืองต้นแบบเมืองอัจฉริยะ

	Milton Keynes UK	Amsterdam Netherlands	Stockholms Sweden	Barcelona Spain	Fujisawa Japan	Singapore	Thailand
Smart Energy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Smart Living	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Smart Environment	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Smart Economy	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Smart Mobility	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Smart People	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Smart Governance	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗

แม้ว่าประเทศไทยจะยังไม่มีเมืองอัจฉริยะที่ สมบูรณ์เป็นรูปเป็นร่าง แต่กำลังขับเคลื่อนการพัฒนาพื้นที่เป้าหมายที่คัดเลือกเป็นเมืองอัจฉริยะต้นแบบด้วยกัน 7 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพฯ เชียงใหม่ ภูเก็ต ขอนแก่น ชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา โดยความร่วมมือของ 3 กระทรวง คือ กระทรวงพลังงาน กระทรวงคมนาคม และกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม จัดทำแผนแม่บทการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ซึ่งมีแนวทางการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ เน้น 5 เสาหลักสำคัญ ดังนี้

เสาหลักที่ 1 : การพัฒนาเมืองอัจฉริยะต้นแบบ มีเป้าหมายในการเลือกเมืองที่มีศักยภาพ ที่จะใช้สำหรับการดำเนินงานนำร่อง เพื่อสนับสนุนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ

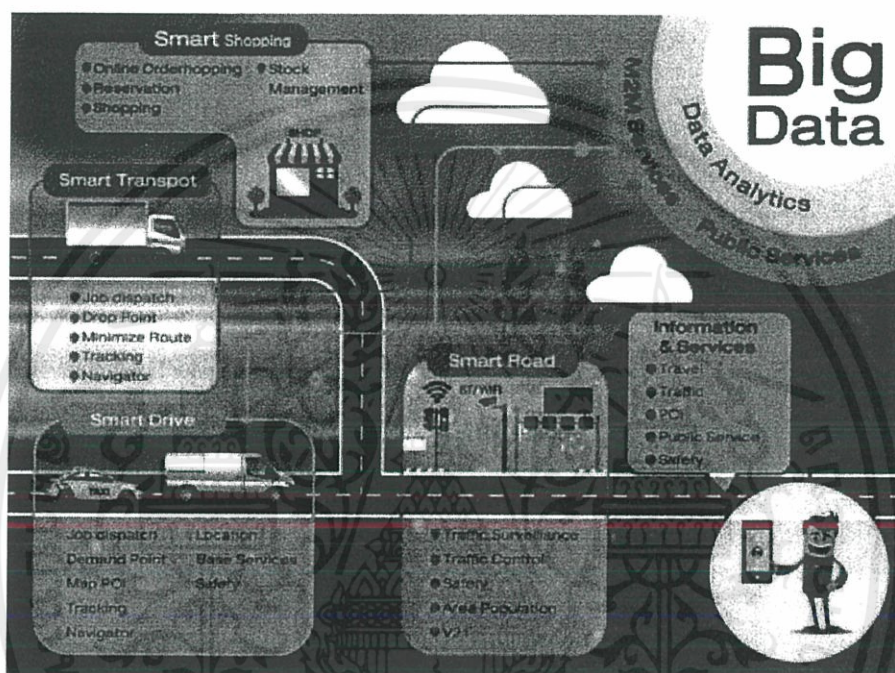
เสาหลักที่ 2 : การปฏิรูปกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ โดยมีเป้าหมายที่จะบูรณาการกฎหมายที่เกี่ยวข้องทั้งระบบ

เสาหลักที่ 3 : สร้างกลไกบริหารจัดการในการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ ไปสู่ภาคปฏิบัติ มีเป้าหมายให้มีผู้รับผิดชอบการบริหารจัดการพื้นที่จัดเตรียมองค์กระบบและเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อส่งเสริมการให้บริการสาธารณะในพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

เสาหลักที่ 4 : ผลักดันเมืองอัจฉริยะด้วยการวิจัย พัฒนา และนวัตกรรม มีเป้าหมายในการส่งเสริมและต่อยอดการพัฒนาเมืองอัจฉริยะที่สามารถนำไปปรับใช้สำหรับเมืองอัจฉริยะในอนาคต

เสาหลักที่ 5 : ส่งเสริมการจัดเก็บข้อมูล ตลอดจนเข้าถึงการเชื่อมโยงและการใช้งานข้อมูล โดยมีเป้าหมายเพื่อเผยแพร่ข้อมูล สร้างการเรียนรู้ รวมทั้งสนับสนุนการ วางแผน ตลอดจนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะอย่างเป็นรูปธรรมองค์ประกอบสู่การเป็นเมืองอัจฉริยะ [1]

จากบทความเมืองอัจฉริยะกล่าวถึงการพัฒนาเป็นเมืองอัจฉริยะ ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทางคณะผู้จัดทำได้สังเกตเห็นถึงการพัฒนาเมืองอัจฉริยะในด้านการสัญจรอัจฉริยะ เป็นอีกด้านหนึ่งที่มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนเมือง หนึ่งในกิจกรรมสำคัญคือ การเดินทางสัญจรไปมาด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทำให้เราสามารถเชื่อมโยงข้อมูลในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการโดยสารการขนส่ง การจราจร เป็นต้น อีกทั้งข้อมูลต่างๆ ที่รวมกันเป็นข้อมูลขนาดใหญ่กลายเป็นข้อมูลสำคัญที่สามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อค้นหาและนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาเพื่อช่วยแก้ปัญหาได้อย่างตรงจุด



รูปที่ 1.2 Smart Mobility [4]

จากรูปสามารถเห็นได้ว่าภายใต้การสัญจรอัจฉริยะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. การขับเคลื่อนอัจฉริยะ (Smart Drive) ความต้องการของผู้ใช้บริการกับส่วนผู้ให้บริการในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง มีการนำเอาเทคโนโลยีแผนที่จุดสนใจ (Point of interest) การติดตามการเคลื่อนที่และการนำทางมาใช้ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้งานเป็นหลัก
2. การขนส่งอัจฉริยะ (Smart Transport) ความต้องการของผู้ใช้บริการ กับส่วนผู้ให้บริการในการรับสินค้าขณะอยู่ที่ที่พัก นอกเหนือจากเทคโนโลยีการติดตามการเคลื่อนที่ การนำทางแล้วก็ยังมี การคำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุด
3. การจราจรอัจฉริยะ (Smart Road) ให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้ทางผ่านป้ายควบคุมช่องจราจร หรืออุปกรณ์สัญญาณต่างๆ เพื่อช่วยลดการจราจรที่ติดขัด
4. การซื้อขายอัจฉริยะ (Smart Shopping) ทำการสั่งสินค้า จองสินค้า โดยใช้ระบบที่มีการดูแลสินค้าคงคลังได้อย่างสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การสื่อสารข้อมูลระหว่างกัน (M2M Service: Machine to Machine) คือ เทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถส่งข้อมูลระหว่างกันเองได้ ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่ายไร้สาย, เครือข่ายมีสาย หรือแบบผสมผสานกัน โดยข้อมูลจะถูกส่งไปยังแอปพลิเคชันซึ่งทำหน้าที่แปลงข้อมูลดิบให้เป็นข้อมูลที่มีความหมายและใช้ในการตัดสินใจได้

6. สารสนเทศและการบริการ (Information and Services) เช่น สถานที่ท่องเที่ยว การจราจร POI บริการสาธารณะ ความปลอดภัย

7. การบริการสาธารณะ (Public Services) ข้อมูลที่รวบรวมจากสารสนเทศและการบริการ

8. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analytics) เมื่อมีข้อมูลของการสื่อสารระหว่างข้อมูลและการบริการสาธารณะ แล้วนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และพัฒนา ก่อให้เกิดเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่จะช่วยให้ สะดวกสบายขึ้น [5]

การพัฒนาด้านการสัญจรอัจฉริยะที่ประเทศไทยได้นำมาเป็นแบบอย่าง เช่น ประเทศสิงคโปร์ ในโครงการประเทศแห่งนวัตกรรมเน้นที่ระบบสาธารณสุขดูแลสุขภาพของประชาชน และการขนส่งโดยมองว่าอีก 15 ปีข้างหน้า ประเทศจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ซึ่งหากบริการด้านสุขภาพมีประสิทธิภาพมีการขนส่งด้วยเทคโนโลยีรองรับ จะทำให้ผู้สูงอายุใช้ชีวิตได้สะดวกสบาย โดยด้านการขนส่งสิงคโปร์มีการพัฒนารถยนต์ขับเคลื่อนได้จักรยานสาธารณะ (oBike) และด้านการแพทย์ ก็มีการใช้เทคโนโลยี Telehealth ที่ทำให้ผู้ป่วยเข้าถึงระบบดูแลสุขภาพ แม้จะอยู่ที่บ้านได้

ในปัจจุบันนี้ Sharing Economy เป็นธุรกิจที่จะเข้ามาตีตลาดในไทยเป็นอย่างมาก คือธุรกิจ ‘Bike Sharing’ หรือบริการให้เช่าจักรยานสาธารณะ โดยตอนนี้มีผู้ประกอบการถึง 3 รายหลักๆ แล้วที่พร้อมเข้ามาให้บริการได้แก่ โมไบค์ (Mobike) และ โอโฟ (ofo) ที่มาจากประเทศจีน และโอไบค์ (oBike) ที่มาจากสิงคโปร์

เริ่มต้นที่โมไบค์ ผู้ให้บริการจากจีนรายนี้เข้ามาบุกประเทศไทยด้วยการจับมือเป็นหุ้นส่วนร่วมกับเอไอเอส (แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด มหาชน), ซีพีเอ็น (เซ็นทรัลพัฒนา จำกัด มหาชน), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และจะเริ่มให้บริการในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขนเป็นที่แรก ตามด้วยห้างเซ็นทรัลเวิลด์ และจะขยายพื้นที่ให้บริการในวงกว้างตามเมืองต่างๆ รวมถึงละแวกห้างสรรพสินค้าเครือเซ็นทรัลในอนาคต



รูปที่ 1.3 เครื่องหมายการค้าของโมไบค์ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเด่นของโมไบค์คือบริการที่เน้นความสบายของผู้บริโภคเป็นหลัก ผู้ใช้จะสามารถใช้จักรยานได้เมื่อปลดล็อกจักรยานด้วยบลูทูธ (Bluetooth) และการสแกน QR Code ที่อยู่บนจักรยานแต่ละคันด้วยแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟน คิดค่าบริการ 10 บาทต่อ 30 นาที (ให้บริการฟรี 2 เดือนแรก กันยายน-ตุลาคม) โดยชำระผ่าน mPay ได้

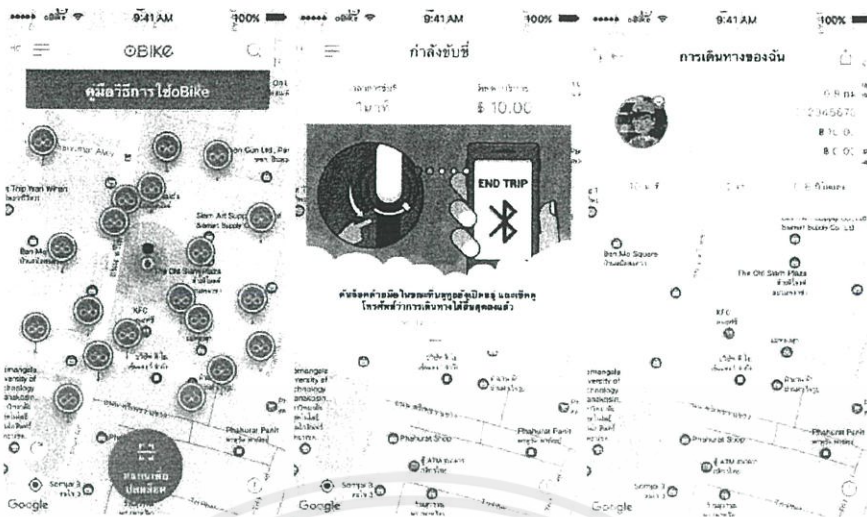
ส่วนตัวจักรยานใช้เทคโนโลยี GPS ติดตามสถานะและตำแหน่งของจักรยานแต่ละคัน มีนวัตกรรมยางไร้ลมแบน, เฟรมอะลูมิเนียมกันสนิม, ระบบการขับเคลื่อนไร้โซ่ โดยเน้นความสำคัญของการไม่ต้องบำรุงรักษา ซึ่งทุกๆ คันจะมีอายุการใช้งานอยู่ที่ 4 ปีแบบไม่ต้องซ่อม เนื่องจากเคลมว่าสามารถผลิตจักรยานใหม่ได้ถึง 100,000 คันต่อวัน [60]

บริษัทต่อมาคือโอไบค์ ประเทศไทยได้นำจักรยานสาธารณะไร้สถานีจากบริษัทโอไบค์ ที่ตั้งอยู่ในประเทศสิงคโปร์มาให้บริการแก่ประชาชนเป็นแห่งแรก ซึ่งเป้าหมายคือเป็นการเดินทางระยะสั้นผ่านเทคโนโลยี ยกกระดับคุณภาพชีวิตผ่านศิลปะ ทำให้ผู้คนสามารถเดินทางได้ด้วยวิธีง่ายๆ และเปลี่ยนโลกให้น่าอยู่ขึ้น ช่วยให้การเดินทางไปถึงรถไฟฟ้าได้ดินเร็วขึ้นในราคาที่ประหยัดกว่าแท็กซี่ ไม่ต้องเสียเวลารอรถเมล์นานเกินไป เพื่อสุขภาพที่ดีและเป็นมิตรภาพต่อสิ่งแวดล้อม โดยการใช้งานปลดล็อกตัวจักรยานผ่านแอปพลิเคชัน [7]

โครงการดังกล่าวได้นำร่องเปิดให้บริการในประเทศไทยตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2561 ที่จุดสัญจรตามแนวสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินในกรุงเทพมหานคร ก่อนขยายเขตพื้นที่บริการให้ตามสถานศึกษาเช่น มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์รังสิต จำนวน 200 คัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียและล่าสุดในจังหวัดภูเก็ต โดยโอไบค์คิดค่าบริการ 10 บาทต่อ 15 นาทีเปิดให้บริการได้ด้วยการจองผ่านแอปพลิเคชันและปลดล็อกด้วยการสแกนคิวอาร์โค้ดและใช้เทคโนโลยีติดตามแบบจีพีเอส



รูปที่ 1.4 จักรยานสาธารณะไร้สถานี [8]



รูปที่ 1.5 oBike Application [9]

ข้อดีของ oBike คือ ไม่จำกัดจุดจอด ทำให้สามารถหาง่ายและใช้บริการได้ทั่วถึง และยังสามารถจองจักรยานผ่านแอปก่อนที่ตัวเราจะไปถึงจุดจอดได้อีกด้วย ส่วนข้อเสียเป็นธรรมชาติของบริการใหม่ ที่อาจมีปัญหาล็กน้อย ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของตัวจักรยานเองหรือแอปพลิเคชัน

และบริษัทสุดท้ายนั่นก็คือ โอฟี ofo (โอฟี) ผู้นำบริการจักรยานสาธารณะแบบไร้สถานีอันดับหนึ่งของโลก ขานรับนโยบาย Smart City ประกาศความพร้อมเปิดให้บริการจักรยานสาธารณะแบบไร้สถานีเป็นรายแรกในเมืองไทย ล่าสุดเปิดให้บริการแล้วที่ภูเก็ตเป็นจังหวัดแรก พร้อมเปิดตัวจักรยานโมเดลล่าสุดที่นำมาใช้ในประเทศไทยที่มาพร้อมนวัตกรรม Smart Lock ที่จะเพิ่มความสะดวกและคล่องตัวในการใช้งาน พร้อมเอาใจสายปั่นกับช่วงเวลาพิเศษทดลองใช้ฟรี 1 เดือนเต็มในภูเก็ต และทดลองใช้ฟรี 3 เดือนในกรุงเทพฯ เริ่ม 1 ตุลาคม พ.ศ.2560

นายณพล ตู้จินดา ผู้จัดการทั่วไปโอฟีประเทศไทย เปิดเผยว่าโอฟีได้เริ่มเข้ามาเปิดทดลองให้บริการในประเทศไทยแล้วตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2560 ที่ผ่านมา โดยร่วมกับมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ รังสิต นำรถจักรยานเข้าไปให้บริการในมหาวิทยาลัยรวมกว่า 1,000 คัน ผลการตอบรับน่าพอใจมากโดยมีผู้ใช้งานแต่ละวันสูงเกินคาด และล่าสุดได้เริ่มเปิดให้บริการในจังหวัดภูเก็ตแล้ว โดยมีจักรยานให้บริการในภูเก็ตรวมกว่า 1,000 คัน ซึ่งภูเก็ตถือเป็นอีกหนึ่งจังหวัดเป้าหมายสำคัญที่นอกจากจะมีศักยภาพในด้านของพื้นที่ ประชากร และนักท่องเที่ยวแล้ว ภูเก็ตยังเป็นหนึ่งใน 3 จังหวัดสำคัญที่จะนำร่องโครงการ Smart City ของประเทศไทยอีกด้วย

“ประเทศไทยเป็นหนึ่งในพื้นที่ยุทธศาสตร์ของโอฟีในการขยายการบริการในอาเซียน ด้วยศักยภาพของประเทศที่มีหัวเมืองขนาดใหญ่หลายแห่ง และมีจำนวนประชากรสูงกว่า 70 ล้านคน และมีนักศึกษาที่กระจายอยู่ทั่วประเทศอีกกว่า 700,000 คน รวมถึงมีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก โดยเฉพาะนักท่องเที่ยวจีนที่เข้ามาเที่ยวในบ้านเราปีละไม่ต่ำกว่า 7 ล้านคน สิ่งเหล่านี้คือโอกาสสำคัญในการขยายการบริการของโอฟีในประเทศไทย โดยวางแนวทางการขยายการบริการผ่าน 2 กลยุทธ์สำคัญ คือ Smart Campus และ Smart City โดยเน้นการเจาะมหาวิทยาลัยที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่และมีความจำเป็นในการใช้จักรยานเพื่อเป็นอีกหนึ่งวิธีการสัญจรภายในมหาวิทยาลัยที่สะดวกกว่าการใช้รถยนต์หรือการเดินเท้า และการขยายการบริการมาในเขตเมืองเพื่อช่วยให้การเดินทางระยะสั้นสะดวกสบายคล่องตัวมากขึ้น ตอบโจทย์คนชอบ ปั่นจักรยานให้สามารถหาจักรยานปั่นได้ทุกที่ทุกเวลา และเป็นหนึ่งทางเลือกการสัญจรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และราคาไม่แพงสามารถเข้าถึงคนทุกกลุ่ม” นายนพพล กล่าวเสริม

โอโพลูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการเดินทาง Point to Point ในรัศมีการเดินทาง 1 – 5 กิโลเมตร เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางและแก้ไขปัญหาที่จอดรถในพื้นที่ที่มีการจราจรแออัด โดย Bike Sharing เป็นบริการเช่ารถจักรยานที่นำเทคโนโลยีมาประสานกันผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือสามารถค้นหาจักรยานได้บนแอปพลิเคชัน เมื่อเจอจักรยานก็เพียงแคสแกนคิวอาร์โค้ด (QR Code) เพื่อปลดล็อคจักรยาน เพียงเท่านี้ทุกคนก็สามารถแชร์จักรยานกันได้ทุกคัน ส่วนการจอดก็สะดวกเพียงหาจุดจอดในสถานที่ที่กำหนดไว้ โดยจุดจอดจะแสดงบนหน้าจอแอปพลิเคชันเพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบเรียบร้อยของจุดจอดและจุดให้บริการ โดยค่าบริการปกติของจักรยานโอโพละคิดราคา 5 บาท ต่อการใช้ 30 นาที โดยมีค่ามัดจำ 99 บาทในครั้งแรก ซึ่งสามารถชำระเงินผ่านทางแอปพลิเคชันได้อย่างสะดวกง่ายดาย และพิเศษสำหรับช่วงเปิดตัวโอโพล์เอาใจสายปั่นกับช่วงเวลาพิเศษทดลองใช้ฟรี 1 เดือนในภูเก็ต และทดลองใช้ฟรี 3 เดือนในกรุงเทพฯ เริ่ม 1 ตุลาคมนี้ โดยไม่เสียทั้งค่าบริการและค่ามัดจำอีกด้วย

โอโพลีถือเป็นผู้นำบริการจักรยานสาธารณะแบบไร้สถานีอันดับหนึ่งของโลก ที่มีการเติบโตอย่างก้าวกระโดด โดยปัจจุบันเปิดให้บริการครอบคลุมกว่า 170 เมือง อาทิ ประเทศจีน สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ไทย มาเลเซีย ออสเตรเลีย คาซัคสถาน ญี่ปุ่น และสิงคโปร์ ด้วยจำนวนจักรยานมากกว่า 10 ล้านคัน และมีการใช้บริการสูงกว่า 25 ล้านครั้งต่อวัน โดยล่าสุดคาดว่าจะสามารถเปิดให้บริการครอบคลุม 200 เมือง ใน 20 ประเทศภายในสิ้นปีนี้

นอกจากนี้ นายนพพล ได้กล่าวถึงความน่าสนใจของจักรยานโอโพล์ที่เตรียมนำมาเปิดตัวในเมืองไทยครั้งนี้ว่า “ปัจจุบันโอโพลี มีจักรยานที่เตรียมพร้อมให้บริการในประเทศไทยแล้วกว่า 10,000 คัน โดยเป็นจักรยานรุ่นใหม่ล่าสุดในชื่อรุ่น Smart Lock ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานในประเทศไทยโดยเฉพาะ ที่มาพร้อมฟังก์ชันพิเศษ คือ ระบบล็อคอัจฉริยะ ที่ทำงานผ่านแอปด้วยระบบบลูทูธเพียงสแกน QR Code บนจักรยานก็สามารถปลดล็อคได้ทันที และระบบ GPS ที่ติดตั้งในจักรยานช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาและจอดจักรยานได้อย่างสะดวกและง่ายดาย พร้อมด้วยไฟหน้าจักรยานที่จะสว่างทันทีเมื่อปั่นจักรยาน และไฟท้ายพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะสว่างอัตโนมัติเมื่ออยู่ในที่มืด และยางล้อแบบตันเพื่อให้ความคงทนแข็งแรงยิ่งขึ้นเพื่อช่วยสร้างความมั่นใจในการปั่นจักรยานอีกด้วย”

โดยแนวทางการขยายการให้บริการในอนาคตโอโพลีได้วางแนวทางในการทำงานไว้อย่างชัดเจน โดยมุ่งเน้นการให้ความสำคัญกับการทำงานร่วมกับหน่วยงานรัฐบาลที่เกี่ยวข้องตั้งแต่การเตรียมการ และการวางระเบียบการใช้งาน เพื่อให้เกิดแนวทางปฏิบัติที่จะเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนา

เครือข่ายสาธารณูปโภคที่แข็งแรง และเอื้อประโยชน์ให้เกิดระบบการขนส่งในชุมชน เมือง และ ประเทศที่ยั่งยืน [61]



รูปที่ 1.6 จักรยาน ofo (โอโฟ) [62]

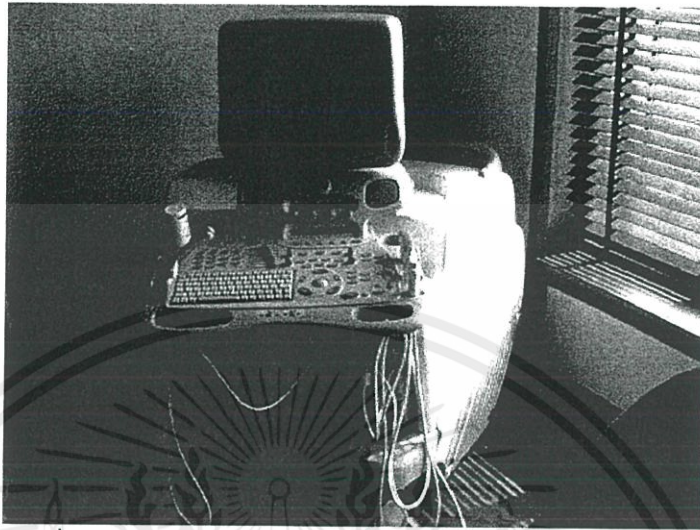
ในขณะที่ประเทศไทยกำลังมีการพัฒนาเป็นสังคมเมืองอัจฉริยะมากขึ้น คณะผู้จัดทำ ได้เล็งเห็นปัญหาเกี่ยวกับการพัฒนาสิ่งของที่มีอยู่ให้ดีขึ้นซึ่งคือ จักรยาน เนื่องจากสังคมสมัยใหม่ผู้คน ได้หันไปใช้พาหนะอื่นมากขึ้น ทำให้เดินทางด้วยจักรยานมีน้อยลงเนื่องจากทำให้เสียเวลาในการเดินทาง จึงได้มีการพัฒนาจักรยานให้มีประสิทธิภาพให้ดีขึ้นและให้เป็นประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ใช้งาน ประกอบกับการพัฒนาทางด้านพลังงานทดแทนเข้ามามีบทบาทในประเทศมากขึ้น ซึ่งพลังงานที่ทาง คณะผู้จัดทำสนใจคือ พลังงานทางเลือกจากธรรมชาติคือ เพียโซอิเล็กทริก ซึ่งยังไม่ใช้เป็นที่แพร่หลายมากนัก แต่คาดว่าจะจะเป็นพลังงานทดแทนใหม่ที่กำลังจะเข้ามามีบทบาทในอนาคตหากมีการศึกษาเพิ่มเติมมากขึ้น

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัสดุเพียโซอิเล็กทริก พบว่าเพียโซอิเล็กทริกเป็น วัสดุเซรามิกที่เมื่อได้รับแรงกดหรือแรงดึงจะเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า จึงถือเป็นอีกหนึ่ง พลังงานทางเลือกที่เป็นการนำพลังงานที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์กลับมาใช้ใหม่อีกครั้งหนึ่ง และ ยังเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์พลังงาน ในทางกลับกัน เมื่อวัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้รับกระแสไฟฟ้า จะเกิดการยืดหดตัวเองได้ ขนาดของการยืดหดขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ได้รับ คือการเปลี่ยน จากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล

ปัจจุบันวัสดุเพียโซอิเล็กทริกถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน อุปกรณ์ได้หลากหลายชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เช่น การประยุกต์ใช้งานในด้าน วิศวกรรมชีวการแพทย์ โดยการนำเซนเซอร์เพียโซอิเล็กทริกไปใช้กับ ตัววัดคลื่นเสียงของหัวใจ (ไมโครโฟน), ตัวรับสัญญาณของเครื่องอัลตราซาวด์ Quartz crystal microbalance (QCM) ที่มีการ ประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดสารชีวโมเลกุลจำนวนมาก, ตัวตรวจวัดแรง, เครื่องวัดความดันลูกตา (IOP),

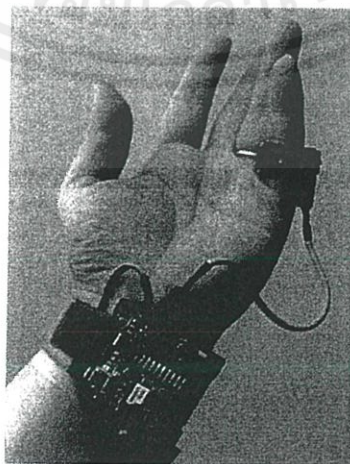
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำทางเทคโนโลยีเทคโนโลยีการทัก (Knock Screen), หรือตามห้างสรรพสินค้า โชว์รูมต่างๆ ร้านค้า ร้านอาหาร และอื่นๆ แล้วแต่จะนำไปประยุกต์ เป็นต้น



รูปที่ 1.7 ตัวรับสัญญาณของเครื่องอัลตราซาวด์ [16]

หลักการของอัลตราซาวด์คือ เมื่อให้ประจุไฟฟ้าเป็นระยะ ติดๆ กัน ไปยังผลึกที่มีคุณสมบัติปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกซึ่งบรรจุอยู่ในหัวตรวจ (Transducer or Probe) จะทำให้ได้อัลตราซาวด์ออกมาเป็นช่วงๆ (Ultrasonic pulses) เข้าสู่ส่วนที่เราสัมผัส เมื่อพบรอยต่อของตัวกลาง (Interface) 2 ชนิด ทำให้เกิดการสะท้อนและการหักเหตลอดแนวทางที่เสียงเดินทางในตัวกลางต่างชนิดกัน การเกิดการสะท้อนกลับมาสู่หัวตรวจจะเกิดในเปอร์เซ็นต์และองศาที่แตกต่างกัน ฉะนั้นภาพที่ได้จึงปรากฏบนจอภาพให้เห็นความแตกต่างของเนื้อเยื่อ ซึ่งเป็นตัวกลางที่เสียงเดินทาง จึงทำให้บอกความผิดปกติ เพื่อตรวจวินิจฉัยโรคด้วยเซนเซอร์วัดความดันเลือด คือ แผ่นเพียโซอิเล็กทริกจะรับสัญญาณของความดันโลหิตแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า [17]



รูปที่ 1.8 Blood pressure sensors [18]

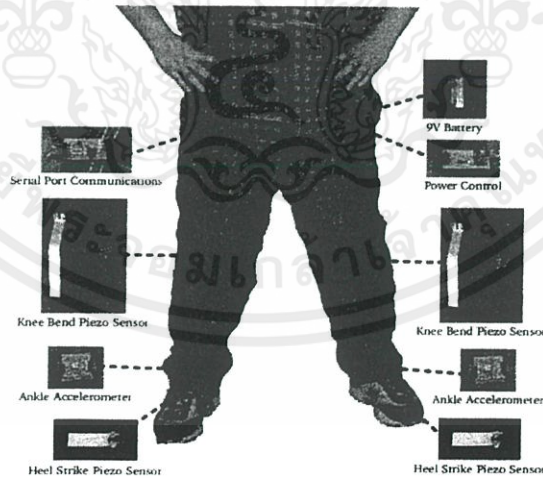
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ในการตรวจวัดความดันลูกตา (IOP) ความดันลูกตาที่เปลี่ยนแปลงตามความดันเลือด (OPA) และอัตราการเต้นของหัวใจ (H) โดยบอกคุณภาพการวัดเป็น Q1 - Q5 ทำการวัดแบบไม่ต้องย้อมสี และสามารถวัดความดันลูกตาได้ทุกสภาพดวงตา โดยการสัมผัสในส่วนพื้นผิวของกระจกตาส่วนใดก็ได้ การวัดโดยการใช้เซนเซอร์เพียโซอิเล็กทริกมีประโยชน์ในด้านการตรวจวัดโดยไม่ขึ้นอยู่กับความหนา ความโค้งและความยืดหยุ่นของกระจกตา



รูปที่ 1.9 เครื่องวัดความดันลูกตา [20]

การทำกางเกงไฮเทค แจ่มเตือนการหกล้มได้เพราะเซนเซอร์ (sensor) ที่ติดอยู่กับกางเกงจะตรวจจับท่าเดินที่เปลี่ยนแปลงไปและส่งสัญญาณแจ่มเตือนหากมีความเสี่ยงที่จะล้มหรือหกล้ม



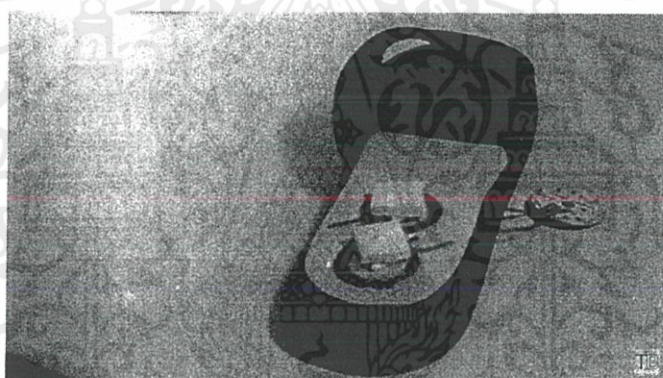
รูปที่ 1.10 กางเกงไฮเทค [21]

ในงานนิทรรศการวิทยาศาสตร์ 2014 ของภูเก็ตนักเรียนชาวฟิลิปปินส์ได้มาพร้อมกับสิ่งประดิษฐ์รองเท้าผลิตพลังงานจากการก้าวเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาวฟิลิปปินส์มีชื่อว่า “Angelo Casimiro” ผู้ศึกษาในปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกหรือการเปลี่ยนแรงกลเป็นแรงดันไฟฟ้า ผลงานที่เริ่มคิดค้นมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 18 ด้วยการสังเกตการเดิน 7,000 ก้าวในแต่ละวัน กลายเป็นแรงบันดาลใจในประดิษฐ์อุปกรณ์ง่ายๆ เพื่อการผลิตพลังงานกับโทรศัพท์มือถือ วิทยุและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีช่องเสียบยูเอสบีสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยการผลิตอุปกรณ์ที่สอดเข้าไปในพื้นที่รองเท้า และเปลี่ยนการก้าวเดินของมนุษย์ให้เป็นพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริก ซึ่งไม่เพียงเป็นประโยชน์ต่อการชาร์จพลังงานสำหรับอุปกรณ์แบบพกพาเท่านั้น แต่ยังเป็นประโยชน์สำหรับพื้นที่ที่ไฟฟ้าไม่มีการเข้าถึงซึ่งตัวกระตุ้นในการผลิตพลังงานจากการเดินนั้นได้มาจากการรับรู้ว่ามีพื้นที่ในประเทศของตัวเองนั้นยังขาดการเข้าถึงแหล่งไฟฟ้า และถึงแม้บางที่จะมีการเข้าถึงก็ตาม แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการใช้งานในครัวเรือนได้อย่างสมบูรณ์ อุปกรณ์ผลิตพลังงานจากการเดินอาจเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงไปสู่การพัฒนาสำหรับพื้นที่ที่ยังขาดแคลน

โดยสิ่งประดิษฐ์นี้ยังไม่ออกมาสู่ตลาด เปิดโอกาสให้ทุกคนได้เรียนรู้ในวิธีการทำด้วยความหวังว่าจะช่วยให้ผู้ที่อยู่ห่างไกลได้มีไฟฟ้าใช้ [22]



รูปที่ 1.11 การประยุกต์ใช้งานเพียโซอิเล็กทริกกับรองเท้า [23]

นอกจากรองเท้าแล้ว พื้นก็สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานจากการก้าวเท้าแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ในโอลิมปิกส์ ณ กรุงลอนดอนที่เพิ่งผ่านมามีการติดตั้งแผ่นปูพื้นซึ่งผลิตโดยบริษัท Pavegen Systems เพื่อเก็บเกี่ยวพลังงานจากการก้าวเท้าของผู้เข้าชมมาผลิตไฟฟ้าให้กับไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode, LED) ซึ่งให้แสงสว่างสะพานชั่วคราวจากสถานีเวสต์แฮม (West Ham) ไปยังอุทยานโอลิมปิก (Olympic Park) เมื่อมีการลงเท้าแผ่นปูพื้นนี้จะยุบ 5 มิลลิเมตร และผลิตกำลังไฟฟ้า ประมาณ 5 - 7 วัตต์ต่อการก้าวเท้าหนึ่งครั้ง การก้าวเท้าเป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวพลังงานได้ หากสังเกตร่างกายและสิ่งอื่นๆ รอบตัว ทั้งที่คนสร้างขึ้นและมีอยู่ในธรรมชาติ ก็อาจจะพบว่ามีแหล่งพลังงานมากมายที่สูญเสียพลังงานในรูปแบบต่างๆ สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานที่สูญเสียนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ หรืออย่างน้อยควรใช้พลังงานที่เกี่ยวข้องให้คุ้มค่าที่สุด เพื่อเราจะได้มีพลังงานไว้ใช้อย่างยั่งยืน [26]

จากการวิจัยพบว่าหากใช้วัสดุประเภทเพียโซอิเล็กทริก ได้แก่ ผลึกแก้วและเซรามิก มาวางเรียงกันได้ฉิวบางระยเพื่อทำหน้าที่รับแรงสั่นสะเทือนจากการเคลื่อนที่ผ่านของรถยนต์เพื่อนำไปแปรเปลี่ยนให้เป็นกระแสไฟฟ้า

วัสดุประเภทเพียโซอิเล็กทริก จัดเป็นสารจำพวกผลึกกลุ่มที่ไม่สมมาตรกัน มีคุณสมบัติสามารถเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ เมื่อมีแรงหรือความดันมากระทำแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจะได้รับแรงดึงเครียดทางกลศาสตร์ (Mechanical Stress) และให้กระแสไฟฟ้าออกมา ซึ่งจากการทดลองใช้ผลึกแก้วควอตซ์ (Piezoelectric Crystals) มาเรียงไว้ใต้พื้นถนนให้รถวิ่งผ่านพบว่า ถนนความยาว 1 กิโลเมตร ขนาด 4 ช่องจราจร สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากถึง 400 กิโลวัตต์

นอกจากนั้น เทคโนโลยีนี้ยังมีข้อดีตรงที่ไม่ต้องขุดเจาะทำถนนใหม่ เพราะสามารถติดตั้งแผ่นผลึกแก้ว ในช่วงการซ่อมแซมถนนได้ จึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและไม่สร้างมลพิษจากการขุดเจาะถนนใหม่ หากการทดลองนี้ประสบความสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ ประเทศอิสราเอลตั้งเป้าไว้ว่าจะขยายการใช้เทคโนโลยีนี้ไปยังถนนใหญ่ๆ ที่มีทำเลเหมาะสมทั่วประเทศ

การออกแบบแผ่นเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางวิ่งจักรยาน เลือกใช้วัสดุที่นำมาจำลองเป็นพื้นสำหรับทางวิ่งจักรยาน เป็นพื้นวัสดุยางสังเคราะห์ชนิดเอธิลีน โพรพิลีน เทยางไดอีนโมโนเมอร์ (EthylenePropyleneDiene Monomer [EPDM]) ลักษณะเป็นพื้นผิวเรียบ ป้องกันการเกิดรอยบุ๋ม รอยกด รอยแยก มีความยืดหยุ่นสูง กันลื่นทั้งในสภาพพื้นผิวแห้งและเปียก ป้องกันการติดไฟ ต้านทานการเสียดสีทนทาน ปลอดภัย อายุการใช้งานยาวนาน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ขนาด กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร หนา 25 เซนติเมตร ดังรูปที่ 1.10 โดยนำแผ่นเพียโซอิเล็กทริกวางไว้ระหว่างแผ่นยาง 2 แผ่น ซึ่งนำมาประกบกันเป็นพื้นสำหรับทางวิ่งจักรยาน

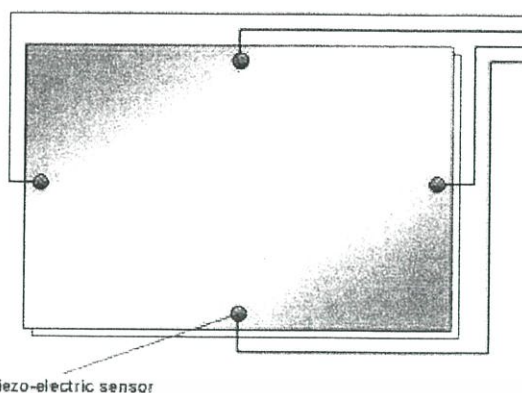
จากการศึกษาพบว่าการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะได้แรงดันที่สูง แต่ได้กระแสที่ต่ำ ซึ่งพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น ได้แรงดันประมาณ 10-15 โวลต์ และกระแสประมาณ 70 - 110 ไมโครแอมป์ แล้วเมื่อนำ ไปต่อกับวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจะได้พลังงานออกมาประมาณ 0.1 วัตต์ จึงนำแผ่นเพียโซอิเล็กทริกมาต่อกันแบบวงจรขนาน จำนวน 8 แผ่น ต่อพื้นที่ 0.25 ตารางเมตร จะได้พลังงานประมาณ 1 วัตต์ และเป็นจำนวนที่วางแล้วจักรยานสามารถผ่านได้มากที่สุด เพื่อที่จะได้พลังงานที่มากที่สุด และนำไปติดตั้งหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode : LED) ขนาด 1 วัตต์ไว้ตามทางของพื้นทางวิ่งจักรยาน ติดตั้งหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode (LED)) ไว้ตามทางของพื้นทางวิ่งจักรยานห่างกันดวงละ 50 เซนติเมตร โดยจักรยาน 1 คัน จะเหยียบพื้น 2 จุด เมื่อจักรยานวิ่งผ่านพื้นกำเนิดพลังงานพื้นที่ A หลอดไฟในพื้นที่ A จะติด และจักรยานวิ่งผ่านพื้นกำเนิดพลังงานในพื้นที่ B หลอดไฟในพื้นที่ B จะติด ซึ่งลักษณะการส่องสว่างรูปแบบนี้แสงสว่างจะแสดงตำแหน่งของจักรยาน และเป็นแสงสว่างนำทางในเวลาากลางคืนดังรูปที่ 1.10 [25]

ธรรมชาติอย่างสิ้นเปลืองที่เห็นกันอยู่ในทุกวันนี้ ผ่านมาเป็นเวลาหลายปีที่นักวิทยาศาสตร์ชาวเกาหลีใต้เป็นผู้จุดประเด็นดังกล่าวขึ้น ท่ามกลางความหวังว่าจะมีการใช้งานได้อย่างจริงจังตามเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นมา ผ่านกระบวนการที่เรียกว่าปรากฏการณ์ “เพียโซอิเล็กทริก” เป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้แรงกดโดยเฉพาะ โดยใช้ฉนวนบางชนิดบังคับให้เกิดกระแสไฟฟ้าเดินไปทางเดียวซึ่งหลักการงานจะใช้แผ่นดูดซับเสียงวางลงบนเส้นใยของ “ซิงค์ออกไซด์” ที่มีประกบอยู่ระหว่างสองขั้วไฟฟ้า คลื่นเสียงจะถูกส่งผ่านมายังแผ่นดูดซับเสียงเส้นใยซิงค์ออกไซด์เกิดการสั่นสะเทือน ทำให้มีการบีบอัดและปล่อยพลังงานซึ่งเป็นตัวการในการสร้างกระแสไฟฟ้าจนถึงการพัฒนาไม่ถึงจุดที่จะสร้างกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการชาร์จโทรศัพท์ที่ได้นักวิทยาศาสตร์จากค่ายโนเกียและควินแมรี มหาวิทยาลัยลอนดอน (QMUL) ประสบความสำเร็จในการพัฒนาเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ชาวเกาหลีใต้ โดยใช้ “ซิงค์ออกไซด์” ในรูปแบบแผ่นแท่งนาโนเล็กๆ สำหรับการใช้วัสดุอื่นๆ มาทำปรากฏการณ์ “เพียโซอิเล็กทริก” ตัวซิงค์ออกไซด์จะผลิตกระแสไฟฟ้าภายใต้กลไกที่วัสดุ 2 ชนิดมาติดกัน โดยแท่งนาโนจะโค้งงอในการตอบสนองคลื่นเสียง นักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มต้นโดยการฉีดพ่นซิงค์ออกไซด์เหลวลงบนแผ่นพลาสติกที่เป็นส่วนผสมของสารเคมี ให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส จะก่อให้เกิดซิงค์ออกไซด์ที่เจือปนในแท่งนาโน โดยตัวแผ่นแท่งนาโนจะคั่นกลางระหว่างสองขั้วไฟฟ้า โดยปกติขั้วไฟฟ้าจะผลิตจากทองคำ แต่นักวิทยาศาสตร์กำลังหาวิธีลดต้นทุนด้วยการพัฒนาแผ่นอะลูมิเนียมใช้แทน

สำหรับอุปกรณ์มือถือต้นแบบมีขนาดเท่ากับโทรศัพท์โนเกีย ลูเมีย 925 สร้างกระแสไฟฟ้าจากเสียงรอบตัว เช่น จราจร, เพลง, เสียงมนุษย์ได้ 5 โวลต์ ซึ่งเพียงพอต่อการชาร์จโทรศัพท์มือถือ ซึ่งการเก็บกระแสไฟฟ้าไว้ในอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือถูกพัฒนาเก็บได้เพิ่มขึ้น อนาคตอาจจะใช้พลังงานในรอบตัวและเสียงของมนุษย์ชาร์จแบตเตอรี่ด้วยกระบวนการที่สมบูรณ์ [32]

ในการเพิ่มประสิทธิภาพกระจกหน้าร้านธรรมดาให้เป็นจอสัมผัสอัจฉริยะที่รับสัญญาณจากการเคาะ (Knock Screen) ทำให้ความสามารถในการประชาสัมพันธ์สินค้ามากขึ้น เมื่อต้องการทราบรายละเอียดของสินค้าตัวใดเพียงแต่ใช้โลหะ เช่น ลูกกอล์ฟแจ หรือเหรียญ เคาะกระจกตรงบริเวณสินค้าที่ต้องการทราบข้อมูล เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ตั้งอยู่หลังกระจกก็จะแสดงรายละเอียดของสินค้าขึ้นมา ซึ่งสามารถนำไปใช้ในงานด้านต่างๆ ได้ เช่น ห้างสรรพสินค้า ซูเปอร์มาร์เก็ต ร้านอาหาร และอื่นๆ แล้วแต่ว่าจะนำไปประยุกต์

การทำงานโดยจะคอยตรวจการเคาะกระจกโดยใช้เพียโซอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Piezo - Electric Sensor) 4 ตัวติดไว้ตรงขอบของกระจกทั้ง 4 ด้าน เพื่อคอยตรวจวัดแรงสั่นสะเทือนและส่งข้อมูลแรงสั่นสะเทือนที่จับได้นี้ผ่านทาง RS232 ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้คำนวณตำแหน่ง (Coordinate) บนกระจกออกมา และติดต่อกับฐานข้อมูล (Database) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อจะแสดงรายละเอียดของสินค้าดังนี้คือ ภาพ ราคา รหัสสินค้า ข้อความบรรยายรายละเอียดสินค้าออกทางจอภาพและเสียงบรรยายออกทางลำโพง [29]



Piezo-electric sensor

รูปที่ 1.14 ที่รับสัญญาณการเคาะโดยใช้เพียโซอิเล็กทริก [30]

ทั้งนี้นอกจากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องการประยุกต์ใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกกับอุปกรณ์หรือการนำไปสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ แล้วยังมีการค้นคว้าศึกษาเกี่ยวกับการเก็บพลังงานที่ได้ลงในแบตเตอรี่อีกด้วย ในรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนโดยได้รับไฟฟ้าที่จ่ายมาจากแบตเตอรี่ โดย หลักๆ ส่วนประกอบของรถมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ 1. มอเตอร์ไฟฟ้า 2. แบตเตอรี่ 3. หน่วยวงจรควบคุม ECU (Electronic Control Unit) โดยการพัฒนาของแบตเตอรี่จะเป็น หัวใจสำคัญที่สุดในการผลักดันการพัฒนาจักรยานยนต์ไฟฟ้า

การพัฒนาของแบตเตอรี่เริ่มจากแบตเตอรี่แบบ Rechargeable valve-regulated lead-acid (VRLA) battery หรือ sealed battery และมีการพัฒนาเรื่อยมาจนถึงแบบลิเทียมไอออน (Lithium-ion) ซึ่งปัจจุบันมีค่าเฉลี่ยพลังงานจำเพาะ (Specific energy) 106 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม และมีราคาประมาณ 590 เหรียญดอลลาร์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งได้ทำการศึกษาแบตเตอรี่ทั้งสองแบบเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติและราคา จึงพบว่าแบตเตอรี่แบบ VRLA ที่ผลิตในประเทศจีน มีราคาโดยประมาณ 88 เหรียญดอลลาร์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และมีค่าเฉลี่ยพลังงานจำเพาะ 34 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนมีราคาสูงกว่าแบตเตอรี่แบบ VRLA มาก จึงทำให้ยังไม่มีการใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนในรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าอย่างแพร่หลายมากในปัจจุบันแม้ว่าจะมีสมรรถนะที่สูงกว่า อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ทั้งสองชนิดยังคงมีการพัฒนาปรับปรุงทางด้านสมรรถนะและราคาอย่างต่อเนื่อง [31]

ตารางที่ 1.2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจักรยานไฟฟ้า

งานวิจัย	รูปแบบการใช้งาน	วิธีการดำเนินการ	การดำเนินการ
[10]	จักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง	การขับเคลื่อนจักรยานไฟฟ้าจากเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่านเพื่อเพิ่มแรงบิดและลดค่าสูญเสีย	การวิจัยและการทดลอง
[11]		การออกแบบวงจรสำหรับการขับเคลื่อนจักรยานไฟฟ้าโดยใช้มอเตอร์เพตในการสวิตชิงมอเตอร์	การทดลองและชิ้นงาน
[12]		การออกแบบจักรยานไฟฟ้าเพื่อใช้สำหรับการออกกำลังกาย	การทดลองและชิ้นงาน
[13]	จักรยานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	การนำจักรยานไฟฟ้ามาติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บพลังงานในแบตเตอรี่	การทดลองและชิ้นงาน
[15]		การนำจักรยานไฟฟ้ามาติดตั้งแผงพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อเก็บพลังงานในแบตเตอรี่	การทดลองและชิ้นงาน

ตารางที่ 1.3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเพียโซอิเล็กทริก

งานวิจัย	รูปแบบการใช้งาน	วิธีการดำเนินการ	การดำเนินการ
[15]	การประยุกต์ใช้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกในทางชีวการแพทย์	การนำเซนเซอร์เพียโซอิเล็กทริกไปใช้กับตัวรับสัญญาณของเครื่องอัลตราซาวด์	การทดลอง
[17]		แผ่นเพียโซอิเล็กทริกรับสัญญาณของความดันโลหิตแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า	การทดลองและชิ้นงาน
[19]	การประยุกต์ใช้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกในทางชีวการแพทย์	การนำเซนเซอร์เพียโซอิเล็กทริกมาใช้ในการวัดความดันโลหิต	การทดลองและชิ้นงาน

ตารางที่ 1.3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเพียโซอิเล็กทริก (ต่อ)

งานวิจัย	รูปแบบการใช้งาน	วิธีการดำเนินการ	การดำเนินการ
[19]	การประยุกต์ใช้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกกับการเคลื่อนไหวของร่างกาย	การทำกางเกงโยเทค แจ๊นท์เออนการหกล้มได้ เพราะเซ็นเซอร์ที่ติดอยู่กับกางเกงจะตรวจจับท่าเดินที่เปลี่ยนแปลงไปและส่งสัญญาณแจ๊นท์เออนหากมีความเสี่ยงที่จะล้มหรือหกล้ม	การทดลองและ ชิ้นงาน
[22]		การประยุกต์ใช้งานเพียโซอิเล็กทริกกับพื้นรองเท้า โดยใช้เป็นที่เก็บเกี่ยวพลังงานจากการก้าวเดิน	การทดลอง
[24]	การประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริกกับวัสดุพื้น	การเก็บเกี่ยวพลังงานจากการก้าวเท้าของผู้คนในลอนดอน	การวิจัย
[25]		การออกแบบแผ่นเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางวิ่งจักรยาน เลือกใช้วัสดุที่นำมาจำลองเป็นพื้นสำหรับทางวิ่งจักรยาน เป็นพื้นวัสดุอย่างสังเคราะห์	การวิจัยและ การทดลอง
[26]	การประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริกกับโทรศัพท์มือถือ	การประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริกกับหน้าจอทัชสกรีน โดยใช้หลักการสั่นหน้าจอที่เกิดขึ้นเพื่อใช้ในการกระจายเสียงในระบบ Piezo Receiver	การวิจัย
[29]	การประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริกกับโทรศัพท์มือถือ	การประยุกต์ใช้ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกจากเสียงสำหรับการชาร์จแบบมือถือ	การทดลอง
[19]	การประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริกกับอุปกรณ์อื่นๆ	การทำงานโดยคอยตรวจการเคาะกระจกโดยใช้เพียโซอิเล็กทริก เซนเซอร์	การวิจัย
[31]		การพัฒนาวัสดุเพียโซอิเล็กทริกไร้สารตะกั่วในระบบ	การทดลอง
[32]		การนำเพียโซอิเล็กทริกไปจ่ายกำลังให้กับอุปกรณ์ประเภทไอซีที	การวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ทางคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่าพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกถือเป็นอีกพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวัสดุที่ผลิตไฟฟ้าได้หลากหลายการใช้งาน และยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก จึงได้นำมาศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะและหลักการทำงาน เพื่อที่จะนำมาใช้ประโยชน์ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ประกอบกับในปัจจุบันการออกกำลังกายและการรักษาสุขภาพกำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในสภาพสังคมทุกวัย จักรยาน เป็นหนึ่งในทางเลือกของการออกกำลังกาย จึงได้มีแนวคิดนำเพียโซอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้เริ่มจากการดัดแปลงจักรยานแม่บ้าน ซึ่งเป็นจักรยานเปล่าที่มีเพียงตัวจักรยาน โดยนำพลังงานที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์จากการปั่นจักรยานมาแปลงให้อยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า ใช้ร่วมกับวงจรที่ออกแบบไว้ พลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งไม่สามารถเก็บเข้าแบตเตอรี่หรือใช้งานกับโหลดได้โดยตรง จึงต้องอาศัยวงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรง วงจรแปรผันกำลังทางไฟฟ้า (Regulator) เพื่อช่วยให้แรงดันที่ได้มีความเรียบมากขึ้น แล้วจึงนำบางส่วนมาใช้ในการเป็นวงจรไฟเลี้ยงอุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆ ในรถจักรยานไฟฟ้าและหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ล้อรถ ซึ่งช่วยในการมองเห็นตอนกลางคืน จากเดิมที่จักรยานแม่บ้านไม่มีไฟและนำบางส่วนมาเก็บลงในแบตเตอรี่เพื่อใช้จ่ายโหลดอื่นๆ ในยามฉุกเฉินได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. การนำจักรยานเก่ามาพัฒนาเป็นจักรยานสาธารณะโดยใช้เพียโซอิเล็กทริกในการจ่ายกำลังทางไฟฟ้า
2. ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกไปใช้ในการจ่ายวงจรไฟเลี้ยงให้กับเซนเซอร์และไฟรถจักรยานโดยกักเก็บลงในแบตเตอรี่
3. เพื่อนำพลังงานที่สูญเสียจากการปั่นจักรยานมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าและนำไปใช้งาน
4. เพื่อการประยุกต์ใช้งานโดยรวมอินเตอร์เน็ตสรรพสิ่ง พลังงานทางเลือกและเมืองอัจฉริยะเข้าด้วยกัน

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

ขอบเขตในการศึกษาปริญญาโทฉบับนี้คือ การนำพลังงานที่สูญเสียจากการปั่นจักรยานซึ่งเป็นจักรยานแม่บ้านเก่ามาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเพื่อใช้ในการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับเซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ เซนเซอร์ระยะทาง เซนเซอร์ตรวจจับแก๊สพิษและไฟรถบริเวณล้อหน้าโดยกักเก็บพลังงานที่ได้ลงแบตเตอรี่และสามารถควบคุมผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือได้และพัฒนาให้เข้าสู่ระบบจักรยานสาธารณะ

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นเพียโซอิเล็กทริก ในด้านหลักการทำงาน การเปลี่ยนแรงกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ชนิดของแผ่นที่เลือกใช้ คุณสมบัติพิเศษต่างๆ รวมไปถึงวงจรที่ใช้ในการเก็บพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกชนิดของแบตเตอรี่ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการประกอบวงจรนี้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเก็บพลังงานมาใช้จากงานวิจัย หนังสือและบทความต่างๆ จากอินเทอร์เน็ต
2. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้างต้นมาวางแผนในการออกแบบชิ้นงานและวงจรสำหรับที่ใช้ในการจ่ายและเก็บพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก
3. จัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ตามที่ได้ออกแบบเอาไว้
4. ประกอบชิ้นงานและวงจรเข้ากับตัวจ็กรยานเพื่อทดลองการเก็บพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก และทดสอบการทำงานของวงจรที่ได้ออกแบบมา
5. บันทึกข้อมูลผลการทดลอง ที่ได้จากการทดลอง และปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในชิ้นงานให้สามารถทำงานได้ตามแบบที่วางไว้
6. วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ จากหลายรูปแบบ แล้วเลือกรูปแบบที่ดีที่สุดและประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อนำมาใช้งานจริง
7. สรุปผลการทำโครงการ และจัดทำรูปเล่มโครงการปริญญาานิพนธ์

1.5 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอน	ภาคเรียนที่ 1												ภาคเรียนที่ 2															
	ก.ย. 61			ต.ค. 61			พ.ย. 61			ธ.ค. 61			ม.ค. 61			ก.พ. 61			มี.ค. 61			เม.ย. 61						
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. รวบรวมและศึกษาความรู้เกี่ยวกับเพียโซอิเล็กทริก																												
2. ศึกษาวัสดุเพียโซอิเล็กทริกและจัดเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ในการประกอบเข้ากับจากรยาน																												
3. ศึกษาทฤษฎีวงจรการนำพลังงานที่เก็บได้จากเพียโซอิเล็กทริกมาจ่ายไฟเลี้ยงไฟ LED ของจากรยาน																												
4. ทำการจำลองระบบ วิเคราะห์ค่าแรงดันและกระแสทางด้านเอาต์พุตพร้อมประกอบเพียโซเข้ากับจากรยานชุดทดลอง																												
5. ศึกษาการทำงานของวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน																												
6. ทำชิ้นงานจริง ประกอบเพียโซอิเล็กทริกและวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานเข้ากับตัวจากรยาน																												
7. เสริมส่วนของการทำงานโดยใช้แบตเตอรี่																												
8. ประกอบเซนเซอร์วัดค่าต่างๆที่ทำการออกแบบเข้ากับตัวจากรยาน																												
9. แก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น พร้อมสรุปผลที่ได้รับจากการทำโครงการนี้																												

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.6.1 ประโยชน์ทางสังคม

1. สร้างจักรยานไฟฟ้าจากเฟียโซอิเล็กทริกที่พัฒนามาจากจักรยานแม่บ้านเก่าที่ไม่ได้ใช้งานแล้ว นำมาเป็นจักรยานสาธารณะให้ชุมชนใช้งานได้จริง
2. ส่งเสริมการใช้งานจักรยานแทนพาหนะที่ปล่อยควัน เพื่อเป็นการลดมลภาวะ นอกจากนี้ยังเป็นการออกกำลังกายและส่งเสริมสุขภาพที่ดี
3. เป็นการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.6.2 ประโยชน์ทางวิศวกรรมหรือพลังงาน

1. สามารถนำแผ่นเฟียโซอิเล็กทริกไปประยุกต์ใช้กับวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน โดยเก็บไว้ในรูปของแบตเตอรี่ เพื่อใช้ในการจ่ายโหลดได้
2. พลังงานที่ได้จากเฟียโซอิเล็กทริกเป็นพลังงานสะอาด ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม
3. เฟียโซอิเล็กทริกเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ หากมีการศึกษาเชิงลึกเพิ่มเติม สามารถนำพัฒนาเพื่อลดการใช้พลังงานได้และยังเป็นอีกหนึ่งพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจในอนาคต
4. ได้นำทฤษฎีความรู้ที่เกี่ยวกับวิศวกรรมไฟฟ้าในด้าน ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติการขนส่งทางบก

2.1.1 ประวัติการขนส่งทางบก (Land Transportation)

การคมนาคมทางบกได้เริ่มต้นมาตั้งแต่สมัยโบราณ พาหนะที่สำคัญได้แก่ ม้า อูฐ เกวียนและรถม้า ชาวโรมันในสมัยโบราณได้เริ่มสร้างถนนเชื่อมระหว่าง กรุงโรมกับเมืองต่างๆ ในอาณาจักรโรมัน ตั้งแต่ 315 ปี ก่อนคริสตกาล เช่น สร้างถนนเชื่อมระหว่างกรุงโรมกับอังกฤษ กรุงโรมกับซีเรีย ตลอดจนเมืองที่สำคัญอื่นๆ ของโรมัน จนมีคำกล่าวที่ว่า “ถนนทุกสายมุ่งสู่กรุงโรม” (“All roads lead to Rome”) (Lundberg , 1985 :62) การขนส่งทางบกด้วยเกวียน รถม้า อูฐ ช้าง และม้า หรือยานพาหนะโดยใช้แรงงานสัตว์ชนิดอื่นๆ ยังคงมีบทบาทสำคัญในการขนส่งสินค้าและผู้โดยสารตลอดมา

การขนส่งทางรถไฟ โทมัส นิวโคเมน (Thomas Newcomen, ค.ศ.1663-1729) ชาวอังกฤษได้ปรับปรุงเครื่องจักรไอน้ำ โดยใช้ลูกสูบได้เป็นผลสำเร็จ หลังจากนั้น เจมส์ วัตต์ (James Watt , ค.ศ.1736-1817) ก็ได้นำเครื่องจักรไอน้ำมาใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้าและติดตั้งหัวรถจักรและเรือกลไฟ ต่อมาจอร์จ สตีเฟนสัน (George Stephenson , ค.ศ.1781-1848) ได้ปรับปรุงและสร้างหัวรถจักรได้สำเร็จ ในปี ค.ศ.1814 หลังจากนั้นได้นำหัวรถจักรมาลากจูงรถไฟ และรถไฟก็มีบทบาทในการขนส่งสินค้าและผู้โดยสารมากขึ้น หลังจากรถไฟมีบทบาทในการขนส่งผู้โดยสารแทนยานพาหนะแบบเก่าไม่นาน โทมัส คุก ก็ได้จัดรายการนำเที่ยวทางรถไฟขึ้นเป็นครั้งแรก ในประเทศอังกฤษ ในปี ค.ศ.1841 การค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ทำให้ รูดอล์ฟ ดีเซล (Rudolf Diesel , ค.ศ.1858-1913) ชาวเยอรมัน ได้ประดิษฐ์เครื่องยนต์ดีเซล แล้วนำมาใช้ในการขับเคลื่อนขบวนรถไฟได้สำเร็จในปี ค.ศ. 1892

การสร้างทางรถไฟในยุโรป ซึ่งได้เริ่มต้นระหว่างปี ค.ศ.1830-1850 ได้ขยายกว้างขวางออกไปสอดคล้องกับการพัฒนาด้านเทคโนโลยีเกี่ยวกับการรถไฟ ได้มีการสร้างทางรถไฟเชื่อมระหว่างประเทศต่างๆ ในยุโรป และการรถไฟก็ขยายไปยังทวีปอเมริกา เอเชีย ออสเตรเลีย และแอฟริกา ในยุโรปมีทางรถไฟจากอิตาลีสู่ฝรั่งเศส ทางรถไฟแยกไปสู่สเปนและอีกสายหนึ่งแยกขึ้นไปสู่เบลเยียม เยอรมนี โปแลนด์ จากโปแลนด์ขึ้นไปสู่เมืองเลนินกราด (Laningrad) แล้วอีกสายหนึ่งแยกไปออสเตรเลีย ยูโกสลาเวีย บัลแกเรียและตุรกี ทางรถไฟสายสแกนดิเนเวียได้เชื่อมกลุ่มประเทศนอร์เวย์ สวีเดน ฟินแลนด์และเดนมาร์ก นอกจากนั้นทางรถไฟสายนี้ยังมีทางแยกจากฟินแลนด์ไปเชื่อมเลนินกราด ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของทางรถไฟสาย ทรานส์ ซิเบเรียน (Trans – Siberian Express) ยาว 9,298.81 กิโลเมตร จากเมืองเลนินกราด ผ่านมอสโก (Moscow) ไปยังเมืองวลาดีวอสต็อก (Vladivastok) สำหรับทวีปอื่นๆ ก็ได้พัฒนาเส้นทางรถไฟเชื่อมระหว่างประเทศเช่นเดียวกัน

หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 (ค.ศ.1939-1945) ประเทศต่างๆ ได้พัฒนาการขนส่งทางรถไฟให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิม พลังขับเคลื่อนรถไฟตามรางได้ใช้พลังงานไฟฟ้าแทนพลังงานน้ำมัน ทำให้สามารถแล่นได้เร็วกว่าเดิม ในปี ค.ศ.1964 ได้เปิดการเดินรถไฟ ชินกันเซน (Shinkansen) ขึ้นเป็นครั้งแรก ระหว่างกรุงโตเกียวและโอซาก้า เนื่องในมหกรรมกีฬาโอลิมปิก รถไฟชินกันเซนแล่นระหว่างเมืองทั้งสองระยะทาง 885 กิโลเมตร ในเวลา 3 ชั่วโมง 10 นาที ในขณะที่รถไฟแบบเก่าของญี่ปุ่นแล่นในระยะทางดังกล่าวแล้วใช้เวลา 18 ชั่วโมง ในฝรั่งเศสได้สร้างรถไฟเต.เซ.เว. (Train A Grande Vitesse) แล่นระหว่างปารีสกับลียง และปารีสกับมาร์เซย ในอัตราเร็วเฉลี่ย 282 กิโลเมตร/ชั่วโมง รถไฟดังกล่าวแล่นได้ราบเรียบมาก

ในสหรัฐอเมริกา ได้สร้างทางรถไฟสาย แอมแทรก (Amtrak) ขึ้นในปี ค.ศ.1971 เพื่อเชื่อมเมืองต่างๆ ระหว่างชายฝั่งทะเลตะวันออกกับตะวันตก ทางรถไฟสายแอมแทรกที่สำคัญ เช่น จากเมืองชิคาโกไปสู่เมืองซานดิเอโกและลอสแอนเจลิส ฝั่งทะเลด้านตะวันออกมีทางรถไฟสายแอมแทรกเชื่อมระหว่างเมืองไมอามีกับนิวยอร์ก และจากนิวยอร์กสายหนึ่งแยกไปฝั่งวอชิงตัน ดี.ซี. อีกสายหนึ่งแยกขึ้นไปฝั่ง มอนทรีออล ในประเทศแคนาดา

ในปัจจุบันนอกจากรถไฟที่มีอัตราความเร็วเพิ่มขึ้นกว่าเดิมแล้ว ความสะดวกสบายก็มีเพิ่มขึ้นกว่าเดิม เพราะในรถไฟมีห้องนอนปรับอากาศ ห้องอาหาร และรายการบันเทิงต่างๆ ดังนั้นผู้โดยสารที่ชื่นชอบกับธรรมชาติสองข้างทางรถไฟก็ยังนิยมการเดินทางประเภทดังกล่าว พร้อมกับการพัฒนาเส้นทางรถไฟที่ผ่านเข้าไปยังพื้นที่สูงเช่น ประเทศจีนพัฒนาเส้นทางรถไฟไปสู่ทิเบตเรียกว่าเส้นทางสายชิงไห่ – ทิเบต [34]

2.2 จักรยานและจักรยานไฟฟ้า

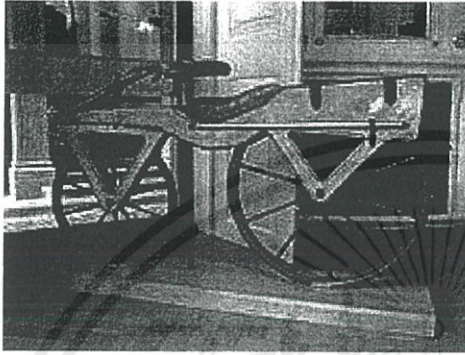
2.2.1 ความหมายของจักรยาน

จักรยาน ในความหมายตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554 มีดังนี้ “น. รถถีบ, ยานพาหนะประเภทรถที่มีล้อ ๒ ล้อ ล้อหนึ่งอยู่ข้างหน้าและอีกล้อหนึ่งอยู่ข้างหลัง มีโครงเหล็กเชื่อมล้อหน้ากับล้อหลัง มีคันบังคับด้วยมือติดตั้งอยู่บนล้อหน้า ขับเคลื่อนด้วยกำลังคนผู้ซึ่งใช้เท้าถีบบันไดรถให้วิ่ง เรียกว่า จักรยานสองล้อ, ถ้ามี ๓ ล้อ เรียกว่า จักรยานสามล้อ.” [35]

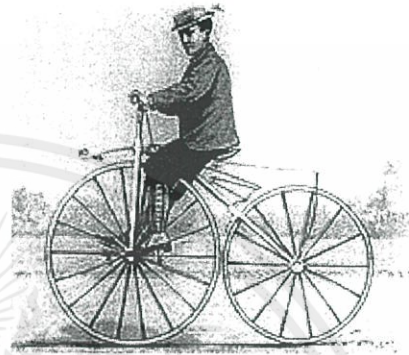
2.2.2 ประวัติความเป็นมาและวิวัฒนาการของจักรยาน

สิ่งประดิษฐ์ Dandy horse หรือเรียกว่า Draisienne หรือ laufmaschine คือสิ่งที่มนุษย์สร้างเพื่อใช้สำหรับการขนส่งเพื่อทดแทนการใช้ม้าเป็นพาหนะ โดยมีล้อเพียงสองล้อในลักษณะคู่กัน และผู้ที่คิดค้นขึ้นคือชาวเยอรมันชื่อว่า บารอน คาร์ล วอน เดร ซึ่งถือได้ว่าเป็นผู้บุกเบิกจักรยาน ในยุคปัจจุบัน โดยที่เดรได้ออกมาแสดงต่อสาธารณะที่เมืองมันไฮม์ในฤดูร้อนของปี ค.ศ.1817 และในปารีสในปีค.ศ.1818 ผู้ขับจะนั่งคร่อมบนตัวถังไม้ที่มีล้อสองล้อรองรับ และใช้เท้าถีบพื้นเพื่อให้วิ่งไปข้างหน้า และใช้การบังคับเลี้ยวจากล้อหน้า

เครื่องจักรเครื่องแรกที่ขับเคลื่อนด้วยล้อสองล้อ สร้างขึ้นโดย เคิร์กแพทริก แม็คมิลแลน ซึ่งเป็นช่างตีเหล็กชาวสก๊อตแลนด์ ในปี ค.ศ.1839 มีตัวถังหรือเฟรม (Frame) ทำด้วยเหล็ก ล้อหน้าหลังขนาดต่างกัน ทุ้มยาง มีบันไดสำหรับถีบ จากนั้นจักรยานก็ได้รับการพัฒนาต่อมาเรื่อยๆ ในแถบยุโรป จนปัจจุบันนี้ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ได้ทำให้จักรยานกลายเป็นพาหนะที่มีหลากหลายประเภท



(ก) Draisienne



(ข) Velocipede

รูปที่ 2.1 จักรยานในอดีต [36]

ในช่วงต้นของปี ค.ศ.1860 ชาวฝรั่งเศสชื่อว่าปีแอร์ มีโซและปีแอร์ ลาเลมองตีได้ทำการออกแบบจักรยานในแบบใหม่โดยการเพิ่มขาจานและบันไดสำหรับปั่นเรียกว่า crank โดยยึดติดอยู่กับล้อหน้า (the velocipede) การพัฒนาจักรยานในยุคนั้นมีหลายครั้งที่พยายามพัฒนาโดยการใช้การขับเคลื่อนจากล้อหลัง โดยรูปแบบที่รู้จักกันดีคือการขับเคลื่อนด้วยขาจานเรียกว่า velocipede ประดิษฐ์โดยชาวสก๊อตแลนด์ชื่อว่าโทมัส แม็คคอลล ในปี ค.ศ.1869 และในปีเดียวกันนั้นล้อจักรยานที่ใช้ซี่ลวดได้ถูกจดสิทธิบัตรโดยบริษัท ยูจีนเมเยอร์ ในกรุงปารีส

จักรยาน vélocipède ของประเทศฝรั่งเศสผลิตจากเหล็กและไม้ และพัฒนาจนกลายเป็น "เพนนี่-ฟาร์ธิง" (ในอดีตรู้จักกันว่าเป็นต้นแบบของจักรยานในปัจจุบัน a retronym) มีจุดเด่นที่ตัวถังเป็นท่อเหล็ก ล้อที่เป็นซี่ลวดและยางตัน จักรยานรูปแบบนี้ขับขี่ยากเพราะว่าเบาะนั่งที่อยู่สูงและต้องอาศัยการทรงตัวอย่างมากเพราะว่าการกระจายน้ำหนักที่ยังไม่ดีเท่าที่ควร [41]



(ก) เพนนี่-ฟาร์ธิง



(ข) จักรยานในปัจจุบัน

รูปที่ 2.2 จักรยานในอดีตเปรียบเทียบกับปัจจุบัน [37]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ไขข้อบกพร่องบางส่วน โดยการลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อหน้าลง และตั้งค่าอานที่นั่งโดยการเลื่อนออกไปด้านหลังมากขึ้น ในที่สุดแล้วก็ต้องมีการใช้การทดเกียร์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อหลายอย่าง ในการออกแรงกดบันได การที่มีทั้งบันไดและการบังคับเลี้ยวผ่านล้อหน้ายังคงมีปัญหายู่ เจ เค สตาเลย์, เจ เอช ลอร์สัน และเซอร์โกลด์ได้แก้ปัญหานี้โดยเสนอให้ใช้การขับเคลื่อนผ่านโซ่ โดยการเชื่อมขาบันไดจวนหน้าและโครงรถเข้ากับล้อหลัง ซึ่งโครงสร้างแบบนี้รู้จักกันในชื่อ safety bicycles มีการลดความสูงของเบาะนั่งลง เพื่อการกระจายน้ำหนักที่ดีขึ้น

ในปี ค.ศ.1885 บริษัท Starley's Rover ก่อตั้งขึ้นในโคเวนทรี (Coventry) ได้แสดงรูปแบบของจักรยานสมัยใหม่ขึ้นเป็นครั้งแรก โดยมีการเพิ่มท่อตั้งเข้าไปกลางโครงรถ ทำให้เกิดโครงรถรูปแบบสามเหลี่ยมสองชั้นประกบกัน หรือที่เรียกว่า ไดมอนด์เฟรม

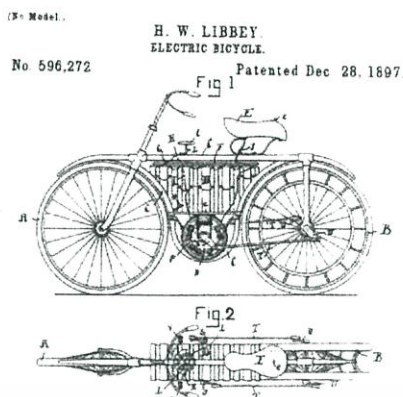
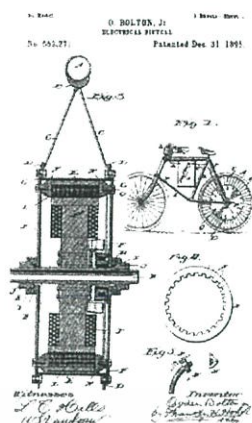
นวัตกรรมใหม่ที่เกิดขึ้นเพิ่มความสะดวกสบาย และเกิดความนิยมใช้จักรยาน ในปี ค.ศ.1890 ถือเป็นยุคทองของจักรยาน ในปี ค.ศ.1888, จอห์น บอยด์ ดันลอป ชาวสก็อตแลนด์ ได้เสนอการใช้ล้อที่มียางและมีลมข้างในขึ้นเป็นครั้งแรกและใช้งานอย่างกว้างขวาง ในช่วงเวลาต่อมาพรีล้อหลังได้ถูกนำมาใช้ ซึ่งทำให้ผู้ขับขี่ใช้งานง่ายขึ้น การประดิษฐ์นี้ทำให้เกิด “เบรกแบบโคสเตอร์” คือ การหมุนบันไดกลับหลังเพื่อเบรก ในช่วงทศวรรษที่ 1890 ตัวสับเกียร์, ตัวบังคับที่แฮนด์ และสายเคเบิลแบบมีปลอกเพื่อใช้ดึงเบรก ได้ถูกพัฒนาขึ้นในช่วงนั้นเช่นกัน แต่ยังคงไม่ได้นำมาใช้กับรถจักรยานทั่วไป ในช่วงทศวรรษนั้น กลุ่มนักปั่นจักรยานมีเพิ่มขึ้นอย่างมากทั้งสองฝั่งของทะเลแอตแลนติก ทั้งการใช้งานในรูปแบบการปั่นเพื่อท่องเที่ยวและปั่นเพื่อการแข่งขัน ซึ่งต่อมาได้รับความนิยมและขยายวงขึ้นอย่างกว้างขวาง

จักรยานและม้าเทียมรถ เป็นสองสิ่งหลักที่ใช้ในการคมนาคมขนส่งภาคเอกชน ก่อนที่จะมีรถยนต์เกิดขึ้นและก่อนการพัฒนาถนนให้ราบเรียบ ในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ได้มีกระแสเกิดขึ้นอย่างกว้างขวาง โดยการโฆษณาให้มีการผลิตและใช้อุปกรณ์เหล่านี้ [38]

2.2.3 จักรยานไฟฟ้า

ในปี ค.ศ.1890 จักรยานไฟฟ้าได้เริ่มเข้าจดสิทธิบัตรของประเทศอเมริกา เช่น วันที่ 31 ธันวาคม 1895 Ogden Bolton Jr ได้จดสิทธิบัตร U.S Patent 552,271 สำหรับจักรยานที่ขับเคลื่อนด้วยแบตเตอรี่ โดยใช้ชื่อว่า “ฮับมอเตอร์ไฟฟ้าดีซีแบบแปร่งถ่านหกอโพลและคอมมิวเตเตอร์ยัดที่ล้อหลัง” ไม่มีเกียร์และกินกระแส 100 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 10 โวลท์

สองปีต่อมา ในปี ค.ศ.1897 , Hosea W. Libbey จากบอสตันประดิษฐ์จักรยานไฟฟ้า (U.S. Patent 596,272) โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าสองตัว มอเตอร์ถูกออกแบบให้อยู่ในดุมแกนเพลลา รูปแบบนี้ได้ถูกดัดแปลงใหม่ในปี ค.ศ.1990 โดยจักรยานไฟฟ้า Giant Lafree



(ก) จักรยาน U.S Patent 552,271 (ข) จักรยานไฟฟ้าของ Hosea W. Libbey

รูปที่ 2.3 จักรยานไฟฟ้าในอดีต [39]

ในปี ค.ศ.1898 จักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนล้อหลัง ที่ขับเคลื่อนโดยใช้สายพานจากด้านข้างของล้อจุดสถิติบัตรโดย Mathew J. Steffens

ในช่วงหลังปี ค.ศ.1990 เซนเซอร์แรงบิดและควบคุมกำลังของมอเตอร์ได้ถูกพัฒนาขึ้น เช่น Takada Yutky จากประเทศญี่ปุ่น ได้จดสิทธิบัตรในปี ค.ศ.1997 เกี่ยวกับเครื่องมือดังกล่าว

ในปี ค.ศ.1992 บริษัท Vector Service Limited ได้จำหน่ายจักรยานไฟฟ้า Zike ซึ่งใช้แบตเตอรี่รีนิคเกิลแคดเมียม ผังเข้าไปในเฟรมจักรยาน และใช้มอเตอร์แม่เหล็กถาวรขนาด 850 กรัม นอกจากจักรยานของ Zike ก็ยากที่จะมีคู่แข่งจักรยานไฟฟ้าเชิงพาณิชย์อื่นในท้องตลาด

ในปี ค.ศ.1998 มีจักรยานไฟฟ้าอย่างน้อย 49 แบบและมีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ.1993 - 2004 ประมาณ 35% ในทางตรงข้ามตามข้อมูลจาก Gardner ในปี ค.ศ.1995 กำลังการผลิตจักรยานปกติลดลงจากจุดสูงสุดกว่า 107 ล้านคัน จักรยานไฟฟ้าราคาถูกใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด แต่จักรยานไฟฟ้าสมัยใหม่มักใช้แบตเตอรี่แบบลิเทียมไอออนโพลิเมอร์ ทำให้น้ำหนักเบาลง ขนาดเล็กลง แบตเตอรี่มีความหนาแน่นมากขึ้น ทำให้ระยะทางและความเร็วเพิ่มมากขึ้น

ในปี ค.ศ.2001 จักรยานไฟฟ้ามีการใช้ชุดถีบไฟฟ้า (pedelec) เป็นตัวช่วยกำลังและมีการใช้คำอธิบายนี้กับจักรยานไฟฟ้าอย่างแพร่หลาย ในช่วงนั้นคำว่าจักรยานไฟฟ้ามีความนิยมเพิ่มมากขึ้นจากในเว็บไซต์ google และคำนี้ก็ยังคงใช้กับจักรยานไฟฟ้าแบบมีคันเร่ง คำว่ามอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า หรือ E-motobike ใช้อธิบายถึงแบบที่วิ่งได้ความเร็วถึง 80 กม/ชม

ในขณะที่จักรยานที่พันธ์ผสมกับมอเตอร์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนนี้ ในปี ค.ศ.1897 ถูกประดิษฐ์โดย Hosea W. Libbey แรงคนถีบและมอเตอร์ให้แรงเชื่อมโยงทางกลผ่านดุมล้อด้านล่างของล้อหลังหรือล้อหน้า ชุดวงล้อกับมอเตอร์ (ในทางกล) จะผ่านเชื่อมโยงผ่านชุดเกียร์ดิฟเฟอเรนเชียล ชุดวงล้อกับมอเตอร์ (ในทางไฟฟ้า) จะเปลี่ยนแรงคนไปเป็นแรงไฟฟ้าจากแรงถีบจักรยาน ป้อนเข้าไปยังมอเตอร์เพื่อสร้างไฟฟ้าร่วมกับกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่อีกด้วย [40]

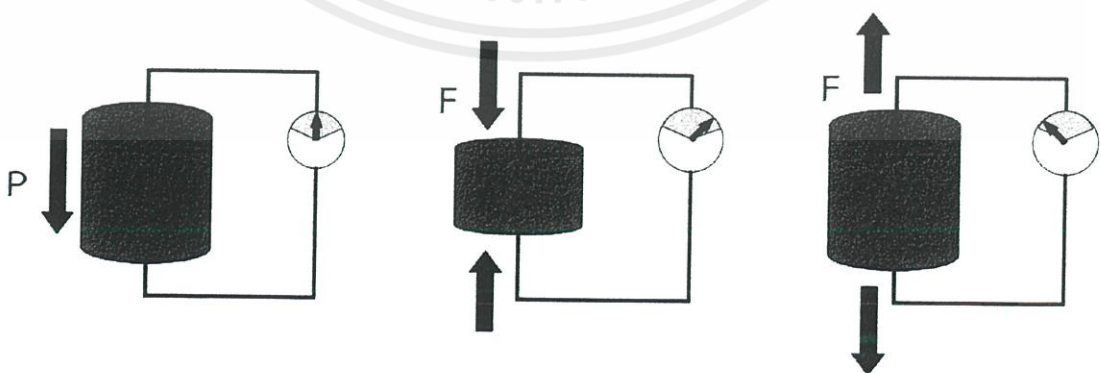
2.3 เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric)

2.3.1 ประวัติความเป็นมา

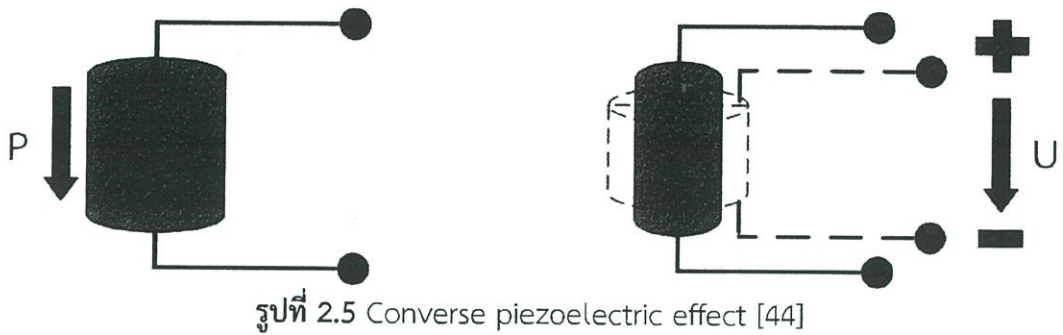
วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric material) คือ วัสดุเซรามิกที่เมื่อได้รับแรงกดหรือแรงดึงจะเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า เรียกว่า Direct effect ดังแสดงในรูปที่ 2.4 หรือเมื่อวัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้รับกระแสไฟฟ้าจะเกิดการยืดหดตัวเองได้ ขนาดของการยืดหดนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ได้รับ คือ เปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เรียกว่า Converse effect ดังแสดงในรูปที่ 2.5

เทคโนโลยีการผลิตวัสดุเพียโซอิเล็กทริกใช้หลักการเกี่ยวกับการสังเคราะห์เซรามิกทั่วไป คือ การเตรียมวัตถุดิบหลัก เช่น PbO , ZrO_2 , TiO_2 นำไปบดรวมให้เข้ากัน แล้วนำไปเผา (calcination) จากนั้นนำไปผสมกับตัวยึด (binder) แล้วนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดแบบทิศทางเดียวกัน (uni-axial press) ต่อด้วยการอัดแบบทุกทิศทาง (cold isostatic press) แล้วจึงนำไปเผาผืนิก (sinter) เพื่อให้อนุภาคมีการผนึกตัวกันและอุดรูพรุน เคลือบผิวด้วยโลหะ เช่น ทองเพื่อให้สามารถนำไฟฟ้า จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติความเป็น polarization แล้วจึงนำไปประกอบขึ้นรูปในอุปกรณ์ที่ต้องการ

ปัจจุบันวัสดุเพียโซอิเล็กทริกถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางโดยผู้ใช้อาจไม่ทราบว่าอุปกรณ์เหล่านั้นมีวัสดุเพียโซอิเล็กทริกอยู่ เช่น หัวฉีดน้ำมันในรถยนต์ รถจักรยานยนต์ ระบบการควบคุมถุงลมนิรภัย (air bag) ระบบเบรก ระบบป้องกันขโมย หัวฉีดหมึกพิมพ์ กล้องดิจิทัล การใช้ประโยชน์จากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกในการทำความสะดวก เช่น อุปกรณ์ล้างเครื่องมือแพทย์ ล้างผัก เครื่องล้างอัญมณี เนื่องจากเมื่อวัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้รับกระแสไฟฟ้าสลับที่ความถี่สูง เช่น 60 kHz จะเกิดการยืดหดตัวของวัสดุตามความถี่ที่ได้รับและส่งผ่านคลื่นความถี่ไปยังน้ำทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเครื่องมือ ผัก หรือ อัญมณีโดยไม่ทำให้อุปกรณ์เสียหาย หลักการเดียวกันนี้ยังถูกนำไปใช้ในเครื่องนวด ทำให้กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นด้วยคลื่นไฟฟ้าระดับอัลตราซาวด์ เมื่อกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นเป็นจังหวะทำให้ระบบเลือดไหลเวียนได้ดีขึ้น [45]



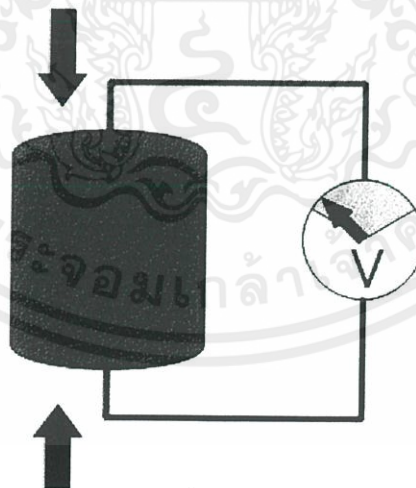
รูปที่ 2.4 Direct piezoelectric effect [43]



2.3.2 หลักการทำงานของเพียโซอิเล็กทริก

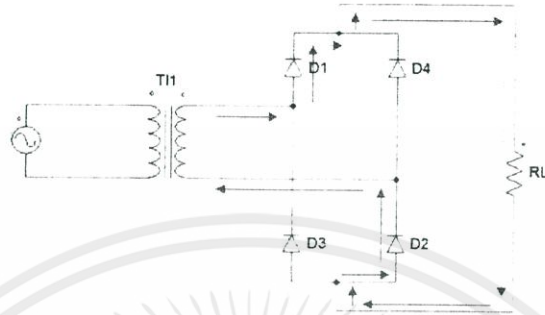
Piezoelectric (เพียโซอิเล็กทริก) คือ อุปกรณ์ตรวจวัดแรงกลต่างๆ เช่น แรงดัน ความเร่ง การสั่น แรงเครียด หรือแรงกระทำอื่นๆ โดยเปลี่ยนพลังงานกลต่างๆ เหล่านี้ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในทางกลับกันเมื่อให้พลังงานไฟฟ้าแก่วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นเพียโซอิเล็กทริก วัสดุนั้นก็จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้เช่นกัน

ในทางกลับกันเมื่อวัสดุได้รับแรงดันไฟฟ้าจะทำให้มีการเปลี่ยนรูปร่าง (deformation) เกิดแรงกลซึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์อินเวอร์สเพียโซอิเล็กทริก (inverse piezoelectric effect) การเปลี่ยนไปมาระหว่างพลังงานกลและพลังงานไฟฟ้า สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ สมบัติเพียโซอิเล็กทริก จะเกิดขึ้นในวัสดุที่มีสภาพเป็นฉนวนทางไฟฟ้าเท่านั้น วัสดุเพียโซอิเล็กทริกมีทั้งที่พบในธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ เช่น คริสตอล (gallium phosphate, quartz, tourmaline) เซรามิค โพลีเมอร์ เป็นต้น [46]

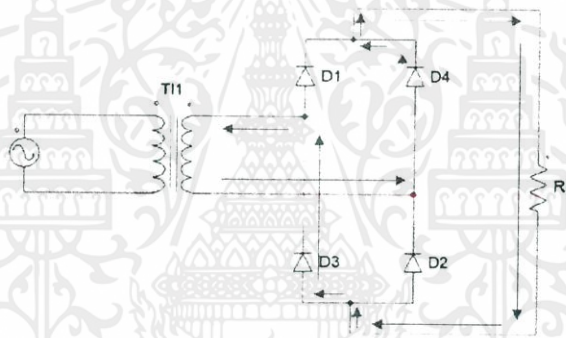


รูปที่ 2.6 เพียโซอิเล็กทริกเปลี่ยนแรงกดเป็นพลังงานไฟฟ้า [47]

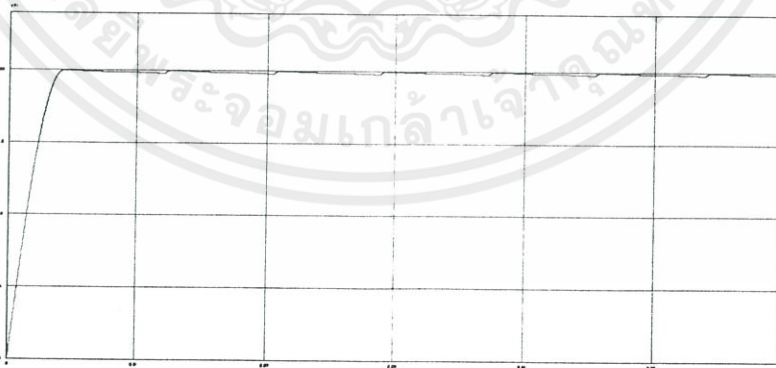
กลับแต่ไดโอด D3 และ D4 จะได้รับไบอัสตรง ทำให้มีกระแสไหลผ่านไดโอด D4 ผ่านโหลด RL และผ่านไดโอด D3 ครอบคลุมครึ่งรอบแรก มีแรงดันตกคร่อมโหลด RL ด้านบนเป็นบวก ด้านล่างเป็นลบ ได้แรงดันไฟช่วงบวกออกทางเอาต์พุต ทำให้ได้คลื่นไฟตรงรวมกันเต็มคลื่นดังรูป [49]



รูปที่ 2.8 ไดโอด D1 และ D2 ได้รับไบอัสตรงและรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด (V_{out})



รูปที่ 2.9 ไดโอด D3 และ D4 ได้รับไบอัสตรงและรูปคลื่นแรงดันตกคร่อมโหลด (V_{out})



รูปที่ 2.10 สัญญาณแรงดันเอาต์พุต (Output) จากวงจร Full-Bridge Rectifier

2.5 Wemos D1 R32 ESP32 Wi-Fi Bluetooth Uno บอร์ด ESP32 แบบ Arduino Uno



รูปที่ 2.11 Wemos D1 R32 ESP32 Wi-Fi Bluetooth Uno บอร์ด ESP32
แบบ Arduino Uno [50]

บอร์ด ESP32 ไวไฟและบลูทูธ ชิพ ESP32 ที่ออกแบบบอร์ดให้อยู่ในรูปแบบของการต่อแบบอาดูโน่ ยูโน่ เขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE ทำให้ใช้งานได้สะดวก และใช้ได้กับซิปต์ของอาดูโน่ ยูโน่ [31]

2.6 ESP32



รูปที่ 2.12 ESP32-WROOM-32D [52]

2.6.1 ประวัติความเป็นมาของ ESP32

ก่อน ESP32 ถือกำเนิดขึ้น ได้มีไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มี WiFi ในตัว และทำราคาได้ถูกในขณะนั้น (เพียง \$5 หรือประมาณ 200 บาท) ออกมาปฏิวัติโลกของระบบสมองกลฝังตัว นั่นคือไอซีเบอร์ ESP8266 ที่ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน ในช่วงเริ่มแรก ไอซี ESP8266 สามารถทำงานได้โดยใช้การสื่อสารผ่าน UART เท่านั้น และพูดคุยสั่งงานผ่าน AT command ไม่สามารถอัปเดตหรือแก้ไขเฟิร์มแวร์ด้านในได้ แต่ต่อมาไม่นานบริษัท Espressif ได้ออกไอซีเวอร์ชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหม่มา ในครั้งนี้สามารถที่จะอัปเดตเฟิร์มแวร์ได้ และผู้ใช้สามารถลงไปเขียนเฟิร์มแวร์เองได้ โดยในขณะนั้น การเขียนเฟิร์มแวร์จะใช้ภาษาซีเพียงภาษาเดียว และใช้ ESP8266 SDK เป็นชุดซอฟต์แวร์พัฒนา ด้วยความยากของการใช้งานภาษาซีทำให้ไม่ได้รับความนิยมเรื่องการพัฒนาเฟิร์มแวร์มากนัก

หลังจากนั้นประมาณ 1 ปี ผู้ผลิตบอร์ด โหนดเอ็มซียู (NodeMCU) ได้พอร์ตตัว Runtime ภาษา Lua มาลงใน ESP8266 ทำให้ตัว ESP8266 สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานตรงๆ ได้ง่ายขึ้น รวมทั้งเสถียรภาพเพิ่มขึ้น และในขณะนั้นเองบอร์ดโหนดเอ็มซียูเป็นบอร์ดพัฒนา ESP8266 สำเร็จรูปเพียงบอร์ดเดียวในตลาด ที่มาพร้อมกับ USB to UART ทำให้ให้สามารถอัปเดตเฟิร์มแวร์เข้า ESP8266 ได้ผ่านยูเอสบีโดยตรง นอกจากนี้ผู้พัฒนาบอร์ดโหนดเอ็มซียูได้คิดค้นวงจรการเข้าโหมดอัปเดตโปรแกรมอัตโนมัติ และตั้งชื่อว่า nodemcu ซึ่งภายหลังบอร์ดพัฒนาทุกรุ่น จะใช้วงจรแบบ nodemcu ในการเข้าโหมดอัปเดตโปรแกรมอัตโนมัติ และด้วยเหตุผลที่บอร์ดโหนดเอ็มซียูเป็นบอร์ดพัฒนา ESP8266 บอร์ดแรกในท้องตลาด ทำให้ได้รับความนิยมมาก และหลังจากบริษัทในจีนต่างๆ ได้คัดลอกวงจรและลายปริ้นของโหนดเอ็มซียูมาทำขายเองในราคาที่ถูกลงแล้วใช้ชื่อเดิมคือ โหนดเอ็มซียูจึงทำให้บอร์ดโหนดเอ็มซียูได้รับความนิยมมากจนถึงปัจจุบัน

ด้วยความสำเร็จอย่างถึงที่สุดของไอซี ESP8266 ทำให้บริษัท Espressif ออกไอซีรุ่นถัดไปมา ในช่วงแรกใช้ชื่อว่า ESP31B เปิดให้ร้านค้าใหญ่ๆ อย่าง Adafruit SparkFun และผู้สนใจบางส่วนได้ทดสอบ โดยในขณะนั้นได้มีการพัฒนาชุดซอฟต์แวร์ ESP32_RTOS_SDK ไปพร้อมกับการพัฒนาไอซี ESP31B ทำให้มีคนนำชุด ESP32_RTOS_SDK ไปพัฒนาลงโปรแกรมอาดูโน่ รอก่อนไอซีตัวจริงจะออกจำหน่าย ในชื่อ Arduino core for ESP31B WiFi chip แต่หลังจากนั้นไม่นานบริษัท Espressif ได้ยกเลิกการใช้ชุดซอฟต์แวร์พัฒนา ESP32_RTOS_SDK แล้วไปสร้างชุดพัฒนาใหม่ที่ชื่อ ESP-IDF แทน จากนั้นจึงออกไอซี ESP32 ออกมาเป็นครั้งแรก

ด้วยในอดีตที่ไอซี ESP8266 ได้ทำไว้ดีมาก จึงส่งผลให้ ESP32 ได้รับความสนใจอย่างมาก ทำให้ผลิตไม่ทันต่อความต้องการ โดยในช่วงแรกบริษัท Espressif ได้ให้ข่าวว่าจะผลิต ESP32 แบบโมดูลออกมาเพียงอย่างเดียว ในชื่อ ESP-WROOM-32 หลังจากนั้นไม่นาน บริษัท Ai-Thinker ได้ร่วมมือกับ Seeedstudio ผลิตโมดูล ESP3212 ขึ้นมา โดยมีสถานะเป็นพรีออเดอร์ แต่เมื่อถึงกำหนดส่งมอบ บริษัทได้เลื่อนการส่งมอบออกไป ด้วยปัญหาด้านการออกแบบลายวงจรของตัวเอง ทาง Ai-Thinker จึงได้ยกเลิกการผลิต ESP3212 แล้วหันไปผลิต ESP32S แทน โดยลายวงจรเหมือนกับ ESP-WROOM-32 ทุกประการ แล้วจึงเริ่มส่งมอบสินค้าได้

หลังจากสินค้า ESP32S ได้เริ่มส่งมอบ ทางทีมผู้พัฒนา Arduino core for ESP8266 WiFi chip ได้ถูกบริษัท Espressif ซื้อตัวมาทั้งหมด แล้วจ้างให้พัฒนาชุดไลบรารีและคอมไพล์เลอร์สำหรับอาดูโน่ในชื่อ Arduino core for ESP32 WiFi chip ทำให้การพัฒนาเป็นไปด้วยความรวดเร็วมากขึ้น ภายหลัง ผู้พัฒนา Arduino core for ESP31B WiFi chip ก็ถูกดึงตัวให้มาร่วมทีมพัฒนา Arduino core for ESP32 WiFi chip ด้วยเช่นเดียวกัน

การพัฒนา Arduino core for ESP32 WiFi chip จะทำไปควบคู่กับการพัฒนา ESP-IDF โดยที่ ESP-IDF จะเป็นแกนหลัก เมื่อมีการเพิ่มฟีเจอร์ใหม่ให้ ESP-IDF แล้ว จึงจะมีการเพิ่มใน Arduino core for ESP32 WiFi chip โดยที่ ESP-IDF รองรับการพัฒนาโปรแกรมแบบอาดูโน่เช่นเดียวกัน และรองรับทุกไลบรารีที่ใช้ได้สำหรับอาดูโน่เพียงแต่ ESP-IDF ไม่มีโปรแกรม Editor โดยเฉพาะเท่านั้นเอง

2.6.2 รายละเอียดของ ESP32

ESP32 เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน โดยตัวไอซี ESP32 มีรายละเอียดดังนี้

1. ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz
2. มีแรมในตัว 512KB
3. รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB
4. มาพร้อมกับ WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct
5. มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE
6. ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V
7. ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 125°C

นอกจากนี้ ESP32 ยังมีเซ็นเซอร์ต่างๆ มาในตัวด้วย ดังนี้

1. วงจรกรองสัญญาณรบกวนในวงจรขยายสัญญาณ
 2. เซ็นเซอร์แม่เหล็ก
 3. เซ็นเซอร์สัมผัส (Capacitive touch) รองรับ 10 ช่อง
 4. รองรับการเชื่อมต่อคลิสตอล 32.768kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลาโดยเฉพาะ
- การใช้งานต่างๆ ของ ESP32 รองรับการเชื่อมต่อบัสต่างๆ ดังนี้
1. มี GPIO จำนวน 32 ช่อง
 2. รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง
 3. รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง
 4. รองรับ I²C จำนวน 2 ช่อง
 5. รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง
 6. รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง
 7. รองรับ I²S จำนวน 2 ช่อง
 8. รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง
 9. รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card

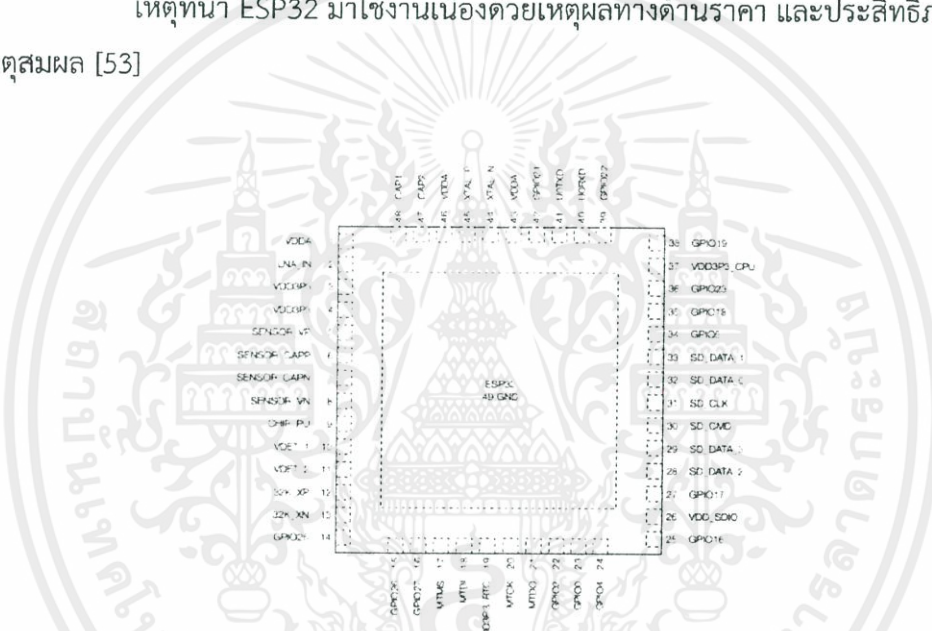
นอกจากนี้ ESP32 ยังรองรับฟังก์ชันเกี่ยวกับความปลอดภัยต่างๆ ดังนี้

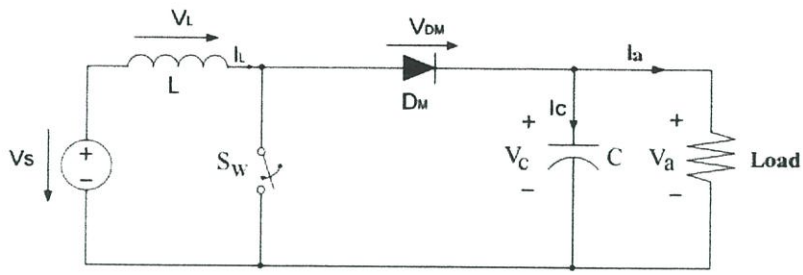
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รองรับการเข้ารหัส WiFi แบบ WEP และ WPA/WPA2 PSK/Enterprise
2. มีวงจรเข้ารหัส AES/SHA2/Elliptical Curve Cryptography/RSA-4096 ในตัว
3. ในด้านประสิทธิภาพการใช้งาน ตัว ESP32 สามารถทำงานได้ดี โดยรับ – ส่ง ข้อมูล ได้ความเร็วสูงสุดที่ 150Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT40 ได้ความเร็วสูงสุด 72Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT20 ได้ความเร็วสูงสุดที่ 54Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11g และได้ความเร็วสูงสุดที่ 11Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11b
4. เมื่อใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล UDP จะสามารถรับ – ส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 135Mbps
5. ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5uA

เหตุที่นำ ESP32 มาใช้งานเนื่องด้วยเหตุผลทางด้านราคา และประสิทธิภาพที่ได้นั้น

สมเหตุสมผล [53]

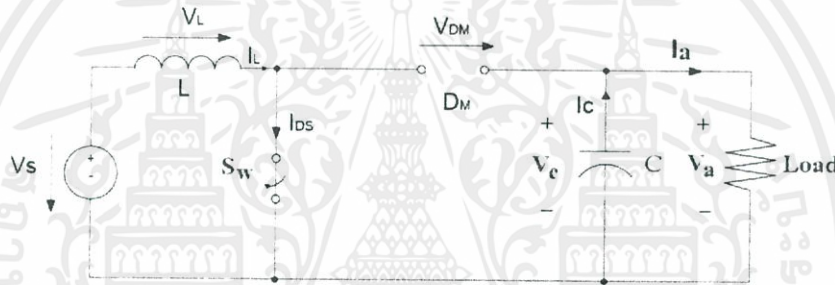




รูปที่ 2.14 วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 2.14 สามารถพิจารณาการทำงานของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter) ในแต่ละโหมดการทำงานตามการเปิด-ปิดของสวิตช์ได้ดังนี้

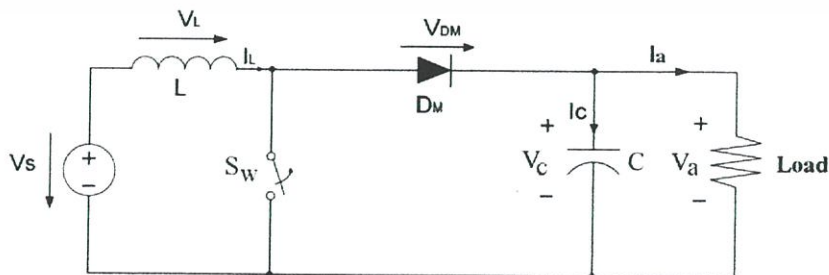
2.7.1 โหมด 1 เมื่อสวิตช์เปิด (Mode 1 Switch On)



รูปที่ 2.15 วงจรสมมูลของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์เปิด

จากรูปที่ 2.15 ได้นำเสนอวงจรการทำงานของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ในสภาวะสวิตช์เปิด (Switch On) พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V_s) จะจ่ายให้ไปสะสมอยู่ในตัวเหนี่ยวนำในระยะเวลาหนึ่งในช่วงเวลาที่สวิตช์เปิด (Switch On) อยู่โดยแรงดันไฟฟ้าที่ตัวเหนี่ยวนำจะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (V_s) ตามกฎแรงดันของเคอร์ชอฟ

2.7.2 โหมด 2 สวิตช์ปิด (Mode 2 Switch Off)



รูปที่ 2.16 วงจรสมมูลของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ขณะสวิตช์ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.16 พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย (V_s) และพลังงานไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวเหนี่ยวนำจะถูกส่งมาให้ยังโหลด โดยพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากตัวเหนี่ยวนำเกิดจากการคายพลังงานไฟฟ้าของตัวเหนี่ยวนำหลังจากที่ได้สะสมพลังงานไว้ในช่วงเวลาที่ทำงานในโหมดสวิตช์เปิด และจากการที่โหลดได้รับพลังงานไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายและการคายพลังงานของตัวเหนี่ยวนำนี้ ส่งผลต่อแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตมีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุต จากการทำงานของวงจรทั้ง 2 โหมดนี้ทำให้เห็นได้ชัดว่าวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ จะมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดอยู่ตลอดเวลาถึงแม้ว่าจะมีบางส่วนที่สวิตช์ไม่ทำงานก็ตาม และจากความสัมพันธ์ของการทำงานของวงจรบัสคอนเวอร์เตอร์ ทั้ง 2 โหมดนี้ เราสามารถหาค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกได้จากสมการ [49]

$$V_o = \frac{V_s}{1-D} \quad (2.1)$$

โดยที่ V_s คือ แรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง
 D คือ ดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle)
 V_o คือ แรงดันเอาต์พุต

2.8 ตัวเก็บประจุยิ่งยวด

อุปกรณ์กักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก คือ supercapacitor หรือเรียกอีกชื่อว่า ultracapacitor หรือ electrochemical capacitor และในภาษาไทยเรียกว่า ตัวเก็บประจุยิ่งยวด อุปกรณ์ชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษตรงที่มีค่าความจุไฟฟ้า (capacitance) สูงกว่าตัวเก็บประจูนอื่นๆ มากถึง 100 - 10,000 เท่า อีกทั้งยังสามารถอัดประจุให้เต็มได้ภายในเวลาอันรวดเร็วเพียง 1 - 10 วินาที เทียบกับแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนซึ่งต้องใช้เวลาโดยเฉลี่ย 10 - 60 นาที และการคายประจุก็สามารถทำได้ภายในเวลา 1 วินาทีเช่นกัน

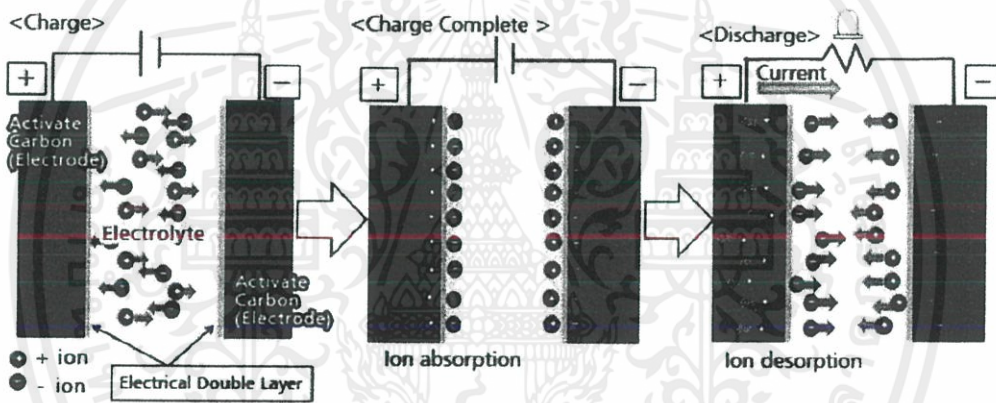
จุดเด่นอีกประการของตัวเก็บประจุยิ่งยวดคือสามารถอัดและคายประจุได้ กว่า 500,000 รอบ มากกว่าความสามารถของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนถึง 100 เท่า และมากกว่าแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด (lead-acid battery) 1,000 - 10,000 เท่า นอกจากนี้ตัวเก็บประจุยิ่งยวดมีราคาต่อกิโลวัตต์ที่ต่ำ (US\$25 - 50/kW) เมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (US\$75 - 150/kW) และยังทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ แรงกระแทก และการสั่นสะเทือนได้ดี

ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นเช่นนี้ งานวิจัยและพัฒนาคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ ยิ่งยวดที่กำลังก้าวไปอย่างรวดเร็ว จึงไม่แปลกที่อุปกรณ์กักเก็บพลังงานไฟฟ้าชนิดนี้จะได้รับความสนใจอย่างมาก

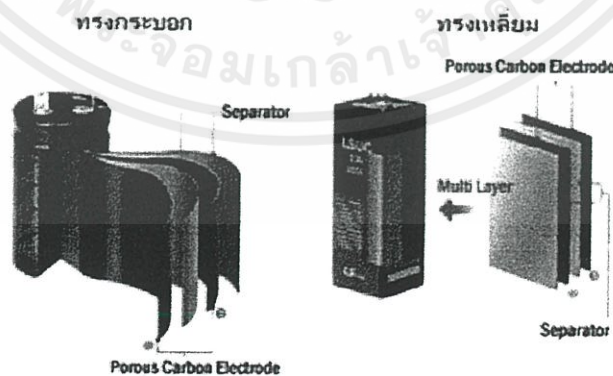
ตัวเก็บประจุยิ่งยวดมีส่วนประกอบหลัก คือ

1. ขั้วบวกและลบ มักทำด้วยคาร์บอนที่มีพื้นที่ผิวสูง มีรูพรุนจำนวนมาก เช่น activated carbon
2. แผ่นกั้นระหว่างขั้ว (separator) ซึ่งไอออนสามารถผ่านได้เช่นเดียวกับแบตเตอรี่

3. สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ซึ่งมักจะเป็น acetonitrile หรือ polycarbonate เมื่อให้ความต่างศักย์หรือกระแสไฟฟ้ากับขั้วไฟฟ้าทั้งสองข้าง เช่น เมื่อต่อตัวเก็บประจุยิ่งยวดเข้ากับแบตเตอรี่ ประจุที่เป็นบวกภายในสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะถูกดึงดูดเข้าหาขั้วลบของตัวเก็บประจุยิ่งยวด และประจุที่เป็นลบในสารละลายก็จะเข้าไปหาขั้วบวก การที่ใช้คาร์บอนที่มีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนสูงเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการกักเก็บประจุ เนื่องจากประจุของสารละลาย อิเล็กโทรไลต์สามารถที่จะแทรกตัวเข้าไปในรูพรุนได้ จึงมีจุดที่มีการดึงดูดกันระหว่างประจุบวกและลบเพิ่มขึ้น ตัวเก็บประจุยิ่งยวดจึงเสมือนกับการนำตัวเก็บประจุแบบธรรมดา (capacitor) ขนาดเล็กๆ มารวมด้วยกันจำนวนมาก รูปที่ 2.17 แสดงการกระจายตัวของประจุภายในตัวเก็บประจุยิ่งยวดขณะอัดประจุ เมื่ออัดประจุจนเต็มแล้ว และขณะคายประจุ [54]



รูปที่ 2.17 ลักษณะการกระจายตัวของประจุขณะกำลังอัดประจุ (ซ้าย) เมื่ออัดประจุจนเต็ม (กลาง) และเมื่อคายประจุ (ขวา) [55]



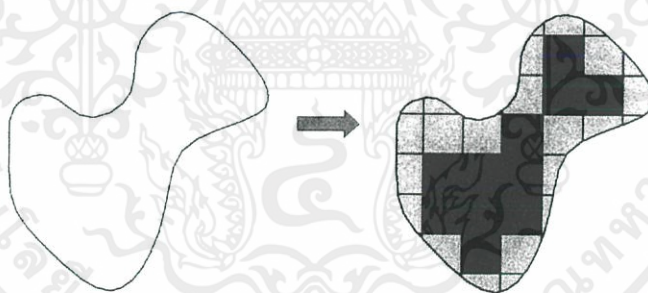
รูปที่ 2.18 ลักษณะภายในของตัวเก็บประจุทรงกระบอก (ซ้าย) และทรงเหลี่ยม (ขวา) [56]

2.9 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการวิเคราะห์ปัญหาใดปัญหาหนึ่งนั้น ปัญหานั้นมักประกอบด้วยสมการเชิงอนุพันธ์และเงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดให้ผลแม่นยำตรงที่ประดิษฐ์ขึ้นมาได้จะประกอบด้วยค่าของตัวแปรตามของตำแหน่งต่างๆกันบนรูปลักษณะของปัญหานั้น

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ยังบ่งชี้เป็นนัยว่าผลเฉลยของแต่ละเอลิเมนต์นั้นจำเป็นต้องสอดคล้อง (Satisfy) กับสมการเชิงอนุพันธ์และเงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดมาให้สำหรับปัญหานั้นๆ ซึ่งหมายความว่าวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะต้องเริ่มพิจารณาทีละเอลิเมนต์ โดยทำการสร้างสมการสำหรับแต่ละเอลิเมนต์ให้สอดคล้องสมการเชิงอนุพันธ์ของปัญหาที่พิจารณาอยู่นั้นจากนั้นจึงนำสมการของแต่ละเอลิเมนต์มาประกอบเข้าด้วยกันก่อให้เกิดระบบสมการรวม ซึ่งในความหมายทางกายภาพคล้ายกับการนำทุกเอลิเมนต์มาประกอบรวมเข้าด้วยกันก่อให้เกิดเป็นรูปร่างลักษณะทั้งหมดของปัญหาที่แท้จริง แล้วจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตที่กำหนดมาให้ลงไปในระบบสมการรวมนี้ก่อนทำการแก้ทั้งระบบสมการดังกล่าว เพื่อหาผลเฉลยโดยประมาณที่ต้องการตามตำแหน่งต่างๆ ของปัญหานั้น

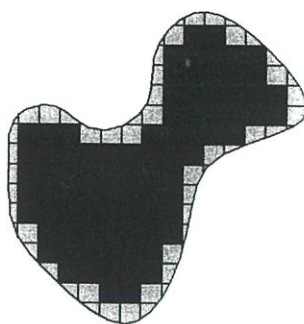
หลักการของ FEA คือการแบ่งชิ้นงานขนาดใหญ่ออกเป็นชิ้นงานขนาดเล็กๆ ที่มีรูปทรงเป็นเรขาคณิต เนื่องจากเครื่องมือหรือสูตรคำนวณที่มีอยู่สามารถคำนวณได้เพียงรูปทรงเรขาคณิต ดังยกตัวอย่างในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การแบ่งชิ้นงานขนาดใหญ่ออกเป็นชิ้นงานขนาดเล็กเป็นสี่เหลี่ยม [57]

หากต้องการหาพื้นที่ของรูปทรงใดๆ ดังรูปข้างต้น วิธีการคือการแบ่งชิ้นงานให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมเล็กๆ เพื่อให้เราใช้สูตรหาพื้นที่ได้ จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ของพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมเล็กๆ แต่ละรูปมาบวกกัน ก็จะหาพื้นที่ของรูปทรงใดๆ ได้

จากรูปข้างต้นจะเห็นว่าสี่เหลี่ยมสีแดงคือสี่เหลี่ยมที่เต็มรูป ส่วนสี่เหลี่ยมคือสี่เหลี่ยมที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นถ้าเราคำนวณพื้นที่สี่เหลี่ยมแล้วเอามารวมกันทั้งหมด ผลลัพธ์ที่ได้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนจากของจริงไปบ้าง วิธีแก้ปัญหานี้ทำให้ขนาดของสี่เหลี่ยมแต่ละก้อนเล็กลงดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การแบ่งชิ้นงานขนาดเล็กให้มีขนาดเล็กลง [58]

พื้นที่สี่เหลี่ยมหรือเรียกอีกอย่างว่า เป็นส่วนที่ทำให้การคำนวณคลาดเคลื่อนจะมีย่อยลง แต่จะยังทำให้ต้องคำนวณมากขึ้นเพราะมีจำนวนสี่เหลี่ยมที่ต้องคิดมากขึ้น

สรุปคือวิธีการ FEA คือการเปลี่ยนชิ้นงานรูปร่างใดๆ ให้กลายเป็นรูปทรงเรขาคณิต เพื่อให้เราสามารถใส่สูตรคำนวณที่มีอยู่ได้ ในการทำการจำลองเรียกการแบ่งชิ้นงานเป็นชิ้นเล็กๆ ว่าการแบ่ง Mesh [59]

2.9.1 การประยุกต์ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

เนื่องจากรูปแบบผลิตภัณฑ์งานทางวิศวกรรมทั่วไปมักมีรูปร่างซับซ้อน ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จึงมีบทบาทเป็นอย่างมากในการนำมาประยุกต์ใช้วิเคราะห์ปัญหาต่างๆ ในปัจจุบัน เช่น ปัญหาการถ่ายเทความร้อนในวัตถุและการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ควบคู่กับคอมพิวเตอร์ทำให้เราสามารถคำนวณหาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้โดยสะดวกและในขณะเดียวกันสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เคยใช้ในการทดลองจริง

การวิเคราะห์ปัญหาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในยุคแรกเริ่มจากงานทางด้านกลศาสตร์ของแข็ง (Solid mechanics) และโครงสร้างเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในงานทางด้านนี้สามารถทำความเข้าใจได้โดยไม่ยาก วัฒนาการระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์ในทางด้านของแข็งสามารถนำไปใช้ออกแบบชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ เช่น ก้านเบรคมือ เป็นต้น

เนื่องจากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถนำมาใช้แก้สมการเชิงอนุพันธ์สำหรับปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ขยายวงกว้างออกไปนอกเหนือจากทางวิศวกรรม เช่นการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับงานทางด้านการแพทย์ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 รูปแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับกะโหลกศีรษะ (จากหนังสือไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม, ปราโมทย์ เตชะอำไพ, 2555) [33]

แม้แต่การวิเคราะห์ยานพาหนะก็ยังใช้ระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์และมีส่วนสำคัญอย่างมากต่ออุตสาหกรรมรถยนต์ เพื่อให้รถยนต์มีประสิทธิภาพที่จะก่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด ในขณะเดียวกัน ยังลดภาระค่าใช้จ่ายในการทดลองด้วย เช่น การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของรถบัสนี้ถูกชนตรงด้านหน้าซ้ายของรถ การออกแบบด้วยการทดลองเพื่อให้ทราบถึงปรากฏการณ์จะสิ้นเปลืองอย่างมากทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์และออกแบบด้วยวิธีคำนวณจากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และที่สำคัญมันยังสามารถเปลี่ยนแปลงการออกแบบรูปทรงลักษณะที่ดีผ่านทางระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์ก่อนสร้างขึ้นจริง

ในปัจจุบัน การพัฒนาระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ยังคงรุดหน้าไปอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากระเบียบวิธีนี้สามารถนำไปวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ กันได้อย่างมีประสิทธิภาพระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ถูกนำไปใช้ประยุกต์กับงานในหลายๆ แขนง โดยเฉพาะทางด้านวิศวกรรม เช่น การเสียรูปไปจากเดิมของโพลีเมอร์ในเครื่อง Compression machine ที่จำเป็นต้องออกแบบในส่วนที่ถูกความร้อนมากกระทำมากๆ ให้เกิดอายุการใช้งานที่ยืนยาวและการเสียรูปให้น้อยที่สุดโดยผ่านระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ เป็นต้น [33]

2.10 แม่เหล็ก

แม่เหล็ก เป็นแร่หรือโลหะที่มีสมบัติดูดเหล็กได้ ในประวัติศาสตร์ พบว่า สาร Magnesian stone หรือ หินแมกแนเซียน เป็นวัตถุที่ดูดเหล็กได้ แม่เหล็กสามารถทำให้เกิดสนามแม่เหล็กได้ นั่นคือมันสามารถส่งแรงดูดหรือแรงผลักออกไปรอบๆ ตัวได้ แม้ว่าสนามแม่เหล็กจะเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้แต่มันเป็นเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติสำคัญของแม่เหล็กโดยตรง ได้แก่ คุณสมบัติการดูดและการผลักกันระหว่างแท่งแม่เหล็ก เราสามารถสร้างแม่เหล็กขึ้นมาได้ วิธีแรกคือนำเหล็กมาถูกับแม่เหล็ก วิธีที่สองคือ ป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดที่พันรอบเหล็ก แรงเหนี่ยวนำในขดลวดทำให้เหล็กนั้นกลายเป็นแม่เหล็กชั่วคราว และทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆ เหล็กนั้น เรียกแม่เหล็กแบบนี้ว่า แม่เหล็กไฟฟ้า ปัจจุบันมีสารอื่นที่ทำให้เป็นแม่เหล็กได้ เช่น นิเกิล โคบอล แมงกานีส

ในชิ้นงานนี้ได้นำแม่เหล็กมาประยุกต์ใช้ โดยให้ขั้วแม่เหล็กเดียวกัน หันเข้าหากัน เพื่อช่วยในการทำให้เพียโซอิเล็กทริกเกิดการสั่นและกำเนิดพลังงานไฟฟ้าออกมา



บทที่ 3

การออกแบบและสร้างจักรยานไฟฟ้า

ในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกในรูปแบบของจักรยานแม่บ้าน โดยนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้ผ่านวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน และเก็บอยู่ในรูปของแบตเตอรี่ เพื่อนำไปจ่ายให้กับเซนเซอร์วัดค่าต่างๆ ได้แก่ เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดระยะทาง รวมทั้งไฟล้อรถหน้าแอลอีดี (LED) ที่ติดอยู่บริเวณดุมล้อ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพจำลองจักรยาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

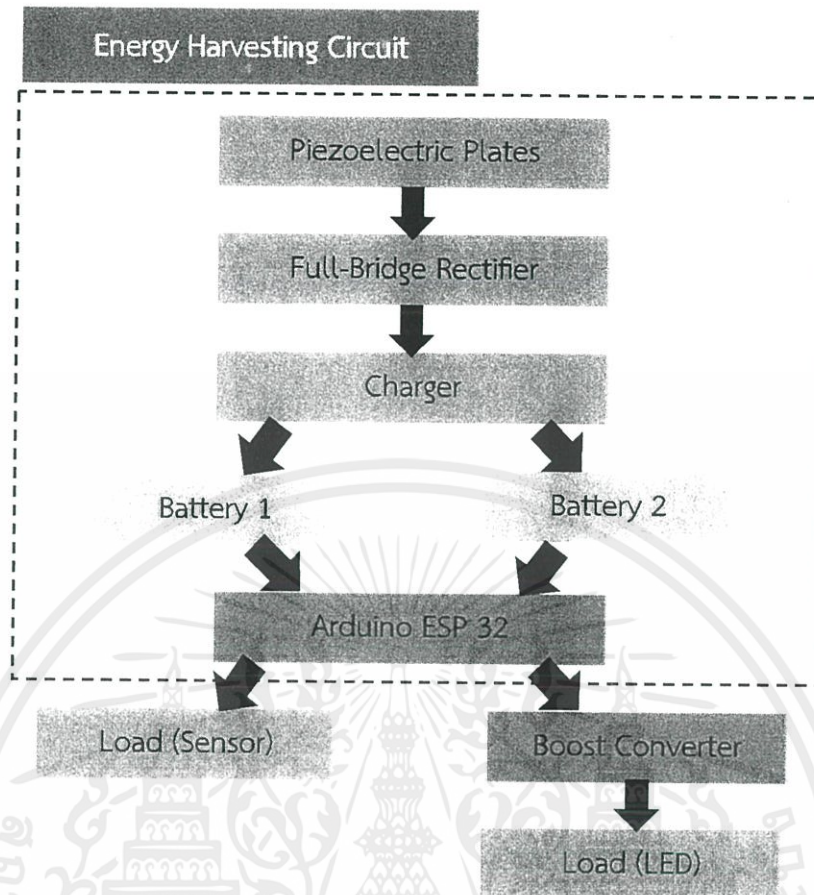
จากรูปที่ 3.1 (ก) เป็นแบบจำลองจักรยานทั้งหมดจากโปรแกรม SketchUp โดยติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกไว้ด้วยกันสองตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณคัมล้อหน้าของจักรยานและบริเวณบังโคลนของจักรยาน รวมถึงกล่องสำหรับควบคุมวงจรบริเวณตระกร้าใส่ของหน้ารถจักรยาน

จากรูปที่ 3.1 (ข) เป็นแบบจำลองส่วนขยายบริเวณของจักรยานที่มีการติดตั้งวงจรอยู่ในส่วนของตัววงจรทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกประกอบไปด้วย วงจรชาร์จเจอร์ (Charger), อาดูโน่รุ่น ESP 32, แบตเตอรี่จำนวนสองก้อนและวงจรทบแรงดัน (Boost Converter) เพื่อจ่ายให้กับโหลดแอลอีดีในส่วนของไฟบริเวณล้อรถจักรยาน

จากรูปที่ 3.1 (ค) ติดวัสดุเพียโซอิเล็กทริกไว้ที่คัมล้อหน้าของจักรยานจำนวน 8 แผ่น ลงบนแผ่นซีพอร์ทที่ได้มาจากการพิมพ์แบบสามมิติโดยใช้วัสดุพลาสติกชีวภาพ (PLA) รวมถึงบริเวณ ถัดเข้าไปจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเป็นแผ่นซีพอร์ทสำหรับแม่เหล็กจำนวน 7 ตัว ทั้งสองฝั่งของ จักรยาน

จากรูปที่ 3.1 (ง) ติดวัสดุเพียโซอิเล็กทริกไว้ที่บังโคลนของจักรยานล้อหลังจำนวน 7 แผ่นลงบนแผ่นซีพอร์ทที่ได้มาจากการพิมพ์แบบสามมิติโดยใช้วัสดุพลาสติกชีวภาพ (PLA) พร้อมกับติดแม่เหล็กตามบริเวณโครงล้อของจักรยานจำนวน 4 ตัว

จากแผนภาพดังแสดงในรูป 3.2 เป็นแผนภาพวงจรการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก ซึ่งเป็นการนำไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเชื่อมต่อกับวงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อแปลงค่าสัญญาณไฟฟ้าจากสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นนำสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ต่อเข้ากับตัวเก็บประจุ (Capacitor) เพื่อลดแรงดันไฟฟ้า กระเพื่อม (Ripple voltage) ให้กับแรงดันไฟฟ้าด้านออก ต่อวงจรดังกล่าวเข้าไปยังตัวชาร์จแบตเตอรี่ แล้วเก็บพลังงานลงแบตเตอรี่ 2 เซลล์ ทำหน้าที่เก็บพลังงานและจ่ายโหลดสลับกันโดยการควบคุมผ่านอาดูโน่รุ่น ESP 32 ซึ่งเป็นรุ่นที่ใช้ไวไฟในการควบคุมผ่านแอปพลิเคชันทางโทรศัพท์ ส่วนในด้านการนำไปใช้งานจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นเซนเซอร์วัดค่าจะถูกควบคุมโดยตรงผ่านอาดูโน่ ส่วนที่เป็นไฟแอลอีดีบริเวณล้อหน้าของจักรยานจะผ่านวงจรทบระดับแรงดัน (Boost Converter) เพื่อเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการจ่ายให้กับโหลดแอลอีดี

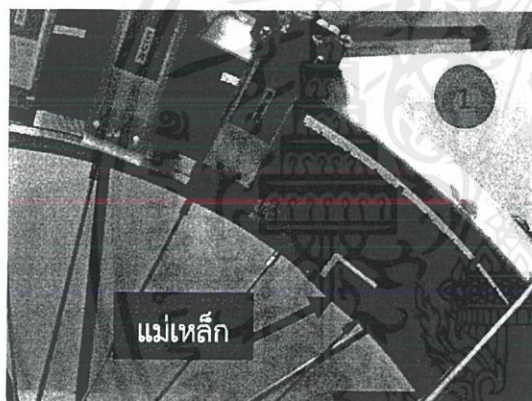


รูปที่ 3.2 แผนภาพวงจรการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก

3.1 การจำลองการเก็บสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

จากการติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกลงบนบริเวณบังโคลนจักรยานแล้วได้มีการทดสอบเพื่อเก็บค่าและสัญญาณแรงดันไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 โดยใช้แม่เหล็กในการช่วยให้เกิดการสั่น

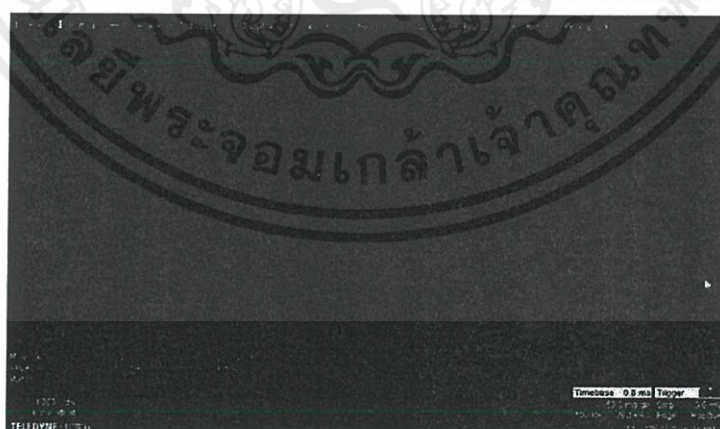
1. แม่เหล็กตำแหน่งที่ 1 เมื่อแม่เหล็กที่ติดอยู่บริเวณล้อจักรยานกำลังเคลื่อนที่ผ่านแม่เหล็กที่ติดอยู่บริเวณแผ่นเพียโซอิเล็กทริก ดังรูปที่ 3.3 (ก)
2. แม่เหล็กตำแหน่งที่ 2 เมื่อแม่เหล็กที่ติดอยู่บริเวณล้อจักรยานเคลื่อนที่ผ่านแม่เหล็กที่ติดอยู่บริเวณแผ่นเพียโซอิเล็กทริก ดังรูปที่ 3.3 (ข)
3. เมื่อแม่เหล็กมีการเคลื่อนที่ผ่านซึ่งกันและกันทำให้เกิดเป็นสัญญาณรูปไซน์ขึ้นมา ดังรูปที่ 3.3 (ค) โดยในตำแหน่งที่ 1 เมื่อแม่เหล็กยังไม่เคลื่อนที่ผ่าน ค่าแรงดันไฟฟ้าจะอยู่ที่ค่าต่ำและในตำแหน่งที่ 2 เมื่อแม่เหล็กมีการเคลื่อนที่ผ่านตรงกับแม่เหล็กอีกอันที่แผ่นเพียโซอิเล็กทริกทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด



(ก) ตำแหน่งแม่เหล็กที่ 1



(ข) ตำแหน่งแม่เหล็กที่ 2



(ค) สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อล้อมีการหมุนเกิดขึ้น

รูปที่ 3.3 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าของเพียโซอิเล็กทริกเมื่อมีการสั่นเกิดขึ้น

ต่อมาเป็นการจำลองการเก็บสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น แบบผ่านวงจรกรองกระแสเพื่อเปลี่ยนเป็นให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อเกิดการสั่นโดยการใช้มือ ดังรูปที่ 3.4 (ก)

เมื่อใช้แม่เหล็กเข้ามาเสริมในการช่วยให้เกิดการสั่นของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเพื่อให้กำเนิดไฟฟ้าออกมามีค่าสูงกว่าในรูปที่ 3.3 ดังแสดงในรูปที่ 3.4 (ข) และเนื่องจากสโคปที่ใช้วัดในการทดลองนี้มีค่า 10 เท่าค่าที่อ่านได้จริงจำเป็นต้องคูณ 10 เข้าไปด้วยจะได้ค่าประมาณ 10 โวลต์

เมื่อต่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจำนวน 6 แผ่นขนานกันจะได้แรงดันที่มีค่าเสริมกันทำให้ค่าที่ได้มีค่าประมาณใกล้เคียง 20 โวลต์ ดังรูปที่ 3.4 (ค)

เมื่อใส่วงจรกรองกระแสเพื่อเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง และใส่ตัวเก็บประจุเพื่อทำให้สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเรียบมากขึ้น ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ได้เป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 3.4 (ง)



(ก) กรณีเกิดการสั่นจากแรงกดโดยใช้มือ



(ข) กรณีเกิดการสั่นสะเทือนโดยใช้แม่เหล็ก



(ค) กรณีแผ่นเพียโซอิเล็กทริกต่อขนานกัน 6 แผ่น



(ง) กรณีใส่วงจรกรองกระแสเปรียบเทียบกับ

ก่อนใส่วงจรกรองกระแส

รูปที่ 3.4 สัญญาณแรงดันไฟฟ้า

3.2 การจำลองการเก็บสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่ตำแหน่งต่างๆ บนจักรยาน

เป็นการทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่ตำแหน่งต่างๆ บนจักรยานเพื่อหาตำแหน่งในการติดตั้งที่เหมาะสมและสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาใช้งานได้มากที่สุดและมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยจะทดลองติดที่จักรยานด้วยกันทั้งหมด 5 ตำแหน่งได้แก่ บริเวณดุมล้อของจักรยานล้อหน้า บริเวณใต้เบาะที่นั่ง บริเวณโครงรถของจักรยาน บริเวณคอจักรยาน และบริเวณตระกร้าใส่ของ ได้ผลการทดลองดังกราฟต่อไปนี้

หมายเหตุ รูปสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 3.5 – 3.9 (ข) เส้นสีชมพูแสดงถึงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเพียโซอิเล็กทริกก่อนใส่ตัวกรองกระแส และเส้นสีเหลืองแสดงถึงสัญญาณที่ได้จากเพียโซอิเล็กทริกเมื่อใส่ตัวกรองกระแส (ก่อนผ่านตัวเก็บประจุ)

3.2.1 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณดุมล้อของจักรยาน

การทดลองนี้ทดลองกับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่ต่อขนานกันจำนวน 6 แผ่น โดยใช้ ออสซิลโลสโคปต่อเข้ากับแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น



(ก) ตำแหน่งที่ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

(ข) สัญญาณแรงดันไฟฟ้า

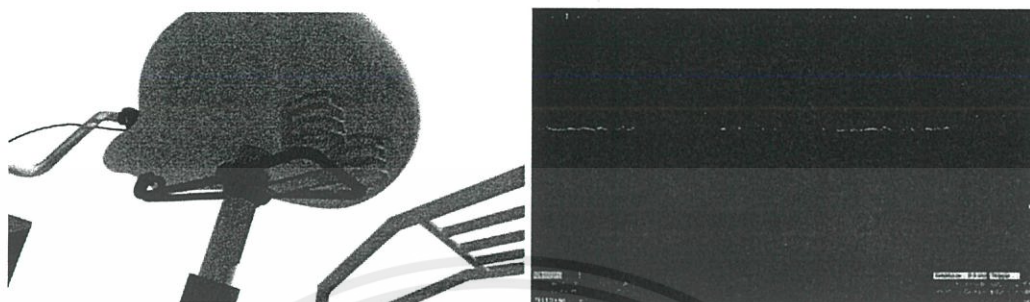


(ค) การวัดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

รูปที่ 3.5 การทดลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณดุมล้อของจักรยาน

3.2.2 การทดลองติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณใต้เบาะที่นั่งของจักรยาน

การทดลองนี้ทดลองกับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเพียง 1 แผ่น ติดกับโครงใต้เบาะที่นั่งของจักรยาน



(ก) ตำแหน่งที่ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

(ข) สัญญาณแรงดันไฟฟ้า



(ค) การวัดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

รูปที่ 3.6 การทดลองติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณใต้เบาะที่นั่งของจักรยาน

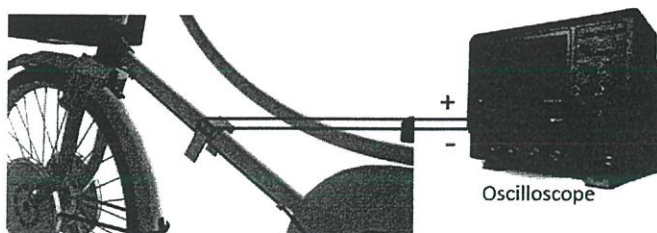
3.2.3 การทดลองติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณโครงรถของจักรยาน

การทดลองนี้ทดลองกับแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 2 แผ่น ติดกับตัวโครงของจักรยาน



(ก) ตำแหน่งที่ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

(ข) สัญญาณแรงดันไฟฟ้า

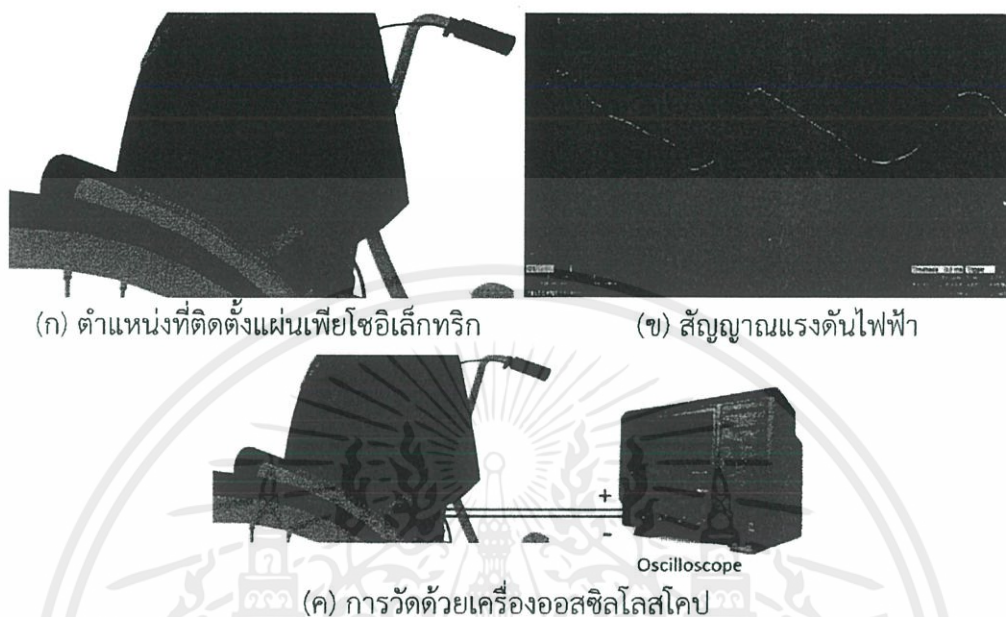


(ค) การวัดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป

รูปที่ 3.7 การทดลองติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณโครงรถของจักรยาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การทดลองติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณตะกร้าใส่ของด้านหน้าของจักรยาน การทดลองนี้ทดลองกับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเพียง 1 แผ่น ติดกับโครงใต้ตะกร้าใส่ของด้านหน้าของจักรยาน



รูปที่ 3.8 การทดลองติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณตะกร้าใส่ของด้านหน้าของจักรยาน

3.2.5 การทดลองติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณคอรถของจักรยาน การทดลองนี้ทดลองกับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเพียง 1 แผ่น ติดกับคอกของจักรยานโดยมีแม่เหล็กช่วยให้เกิดการสั่น 1 แห่ง มีระยะห่างประมาณ 2 เซนติเมตร



รูปที่ 3.9 การทดลองติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณคอรถของจักรยาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

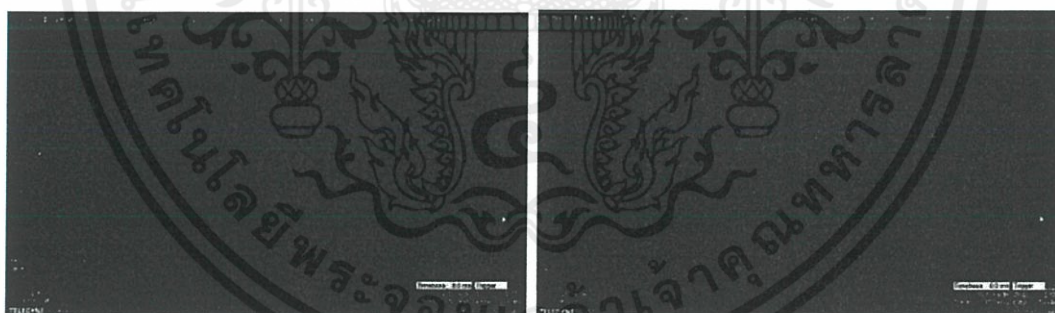
ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบแรงดันที่วัดได้จากการติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่ตำแหน่งต่างๆ

รูปแบบการติดตั้ง	จำนวนแผ่น (ที่ทำการทดลอง)	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	แรงดันสูงสุด (โวลต์)
บริเวณคุมล้อ	6 (ต่อแบบขนาน)	5.64	23.3
บริเวณใต้เบาะที่นั่ง	1	0.126	1.38
บริเวณโครงรถ	2 (ต่อแบบขนาน)	0.035	0.150
บริเวณตระกร้าใส่ของ	1	0.119	1.17
บริเวณคอรถ	2 (ต่อแบบขนาน)	1.28	4.3

จากตารางที่ 3.1 พบว่า แรงดันเฉลี่ยและแรงดันสูงสุดที่วัดได้จากการติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณคุมล้อของจักรยานมีค่ามากที่สุดจึงตัดสินใจติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่บริเวณนี้

3.3 การจำลองการเก็บสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่รูปแบบการต่อวงจรต่างกัน

การทดลองการต่อวงจรของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจำนวน 6 แผ่นในชุดทดลองที่รูปแบบแตกต่างกันสามรูปแบบคือ การต่อขนาน การต่ออนุกรม และการต่อขนานผสมอนุกรม เพื่อศึกษาว่าการต่อรูปแบบใดจะให้แรงดันไฟฟ้าสูงที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.10



(ก) สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อต่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริกแบบขนาน

(ข) สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อต่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริกแบบอนุกรม



(ค) สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อต่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริกแบบขนานผสมอนุกรม

รูปที่ 3.10 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าเมื่อต่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริกแบบต่างๆ

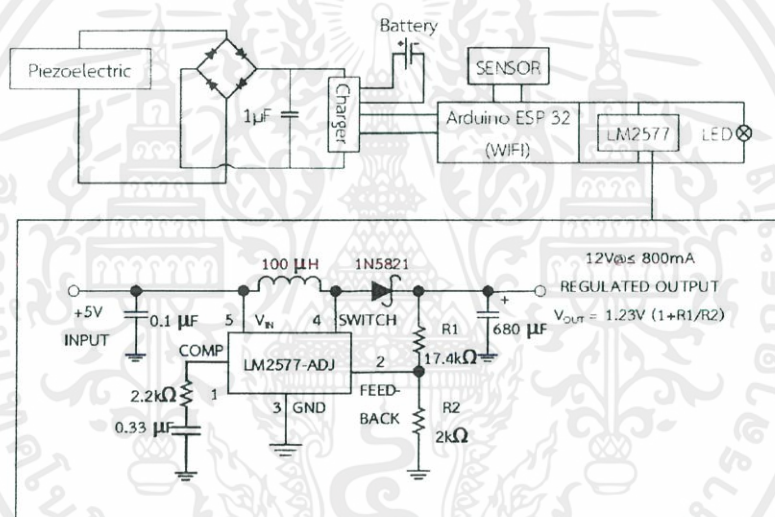
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบแรงดันที่วัดได้จากการติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่รูปแบบการต่อต่างๆ

รูปแบบการต่อ	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	แรงดันสูงสุด (โวลต์)
การต่อขนาน 6 แผ่น	2.391	2.530
การต่ออนุกรม 6 แผ่น	2.367	2.470
การต่อขนาน 3 แผ่นอนุกรมกัน 2 ชุด	2.362	2.930

จากตารางสามารถนำมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกวิธีการต่อวงจรของเพียโซอิเล็กทริกเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้านำไปใช้งานได้สูงสุด พบว่าแรงดันเฉลี่ยในการต่อวงจรแบบขนานมีค่ามากที่สุด จึงเลือกการต่อเพียโซอิเล็กทริกในส่วนของดุมล้อหน้าของรถจักรยานและบริเวณบังโคลนล้อรถหลัง

3.4 การออกแบบวงจรการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก



รูปที่ 3.11 รูปวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริก

การเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเริ่มจากการที่แผ่นเพียโซอิเล็กทริกเกิดการสั่นจากแรงของแม่เหล็ก ผ่านวงจรเรียงกระแส (Full-Bridge Rectifier) รุ่น W04M รองรับแรงดันได้สูงสุด 280 โวลต์ จากไฟฟ้ากระแสสลับออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงต่อเข้ากับตัวเก็บประจุขนาด 1µF ทำให้สามารถลดแรงดันกระเพื่อม (Ripple Voltage) ได้ จากนั้นเก็บพลังงานที่ได้เข้าตัวชาร์จเจอร์สำหรับแบตเตอรี่ชนิดลิเทียม รับไฟเข้าที่ 4.5 - 8 โวลต์ ซึ่งอยู่ในช่วงแรงดันเฉลี่ยที่เพียโซอิเล็กทริกสามารถผลิตได้และแปลงไฟขึ้นที่สามารถปรับค่าเอาต์พุตได้ 4.5 - 18 โวลต์เพื่อส่งไปเก็บพลังงานไว้ที่แบตเตอรี่ลิเทียมจำนวน 1 ก้อนขนาด 5 โวลต์ โดยแบตเตอรี่จะใช้เป็นตัวจ่ายไฟให้กับเซนเซอร์ต่างๆ ซึ่งถูกควบคุมโดยบอร์ดอาดูโน้รุ่น ESP32

ในส่วนของการควบคุมโหลดนั้น จะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่สามารถจ่ายโดยตรงได้เลยเนื่องจากเป็นเซนเซอร์ที่รับไฟ 5 โวลต์ และส่วนที่ต้องผ่านวงจรทบแรงดัน (Boost Converter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการออกแบบจุดติดตั้งเพียโซอิเล็กทริกตามจุดต่างๆของจักรยานสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของการใช้แม่เหล็กมาเป็นตัวช่วยในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเพียโซอิเล็กทริก และ กลุ่มที่ใช้การสั่นของตัวจักรยานเองมาผลิตพลังงานไฟฟ้า

ในส่วนการใช้แม่เหล็กจากกระดุมล้อหน้าและบังโคลนของล้อหลังนั้นสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้ามากพอในการจ่ายให้กับโหลด เมื่อเปรียบเทียบกับจุดที่ได้เบาที่นั่ง, โครงรถ, ตะกร้าใส่ของหน้ารถ และบริเวณคอรถซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งเปรียบเทียบโดยวัดค่าแรงดันเฉลี่ย จะได้ว่ามีค่าน้อยและไม่พอสำหรับจ่ายโหลด จึงได้มีการสรุปจุดในการติดตั้งเพียโซอิเล็กทริก 2 จุดดังนี้กระดุมล้อหน้า (P21 FRONT) และบังโคลนล้อหลัง (P22 BACK)

ในส่วนถัดมาการวัดการชาร์จจากเพียโซอิเล็กทริกโดยตรงนั้นไม่สามารถทำได้เนื่องจากที่ผลิตมานั้นเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ทำให้เกิดการสั่นทอนกำลังการผลิตทำให้เลือกวิธีแก้ไขโดยการต่อวงจรเรียงกระแส (Full-Bridge Rectifier) เพื่อให้แปลงพลังงานเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ต่อเข้ากับตัวเก็บประจุขนาด 1uF ทำให้สามารถลดแรงดันกระเพื่อม (Ripple Voltage) ก่อนต่อเข้าวงจรชาร์จ ต่อมาเกิดปัญหากระแสในการชาร์จน้อยทำให้เสียเวลาเพิ่มขึ้นในการชาร์จทำให้ทดสอบการต่อวงจรของเพียโซอิเล็กทริกในรูปแบบ อนุกรม ขนาน และผสม (อนุกรมแล้วขนาน) สรุปได้ว่าการต่อขนานทั้งหมดทำให้ได้กระแสเพิ่มขึ้นตามต้องการ

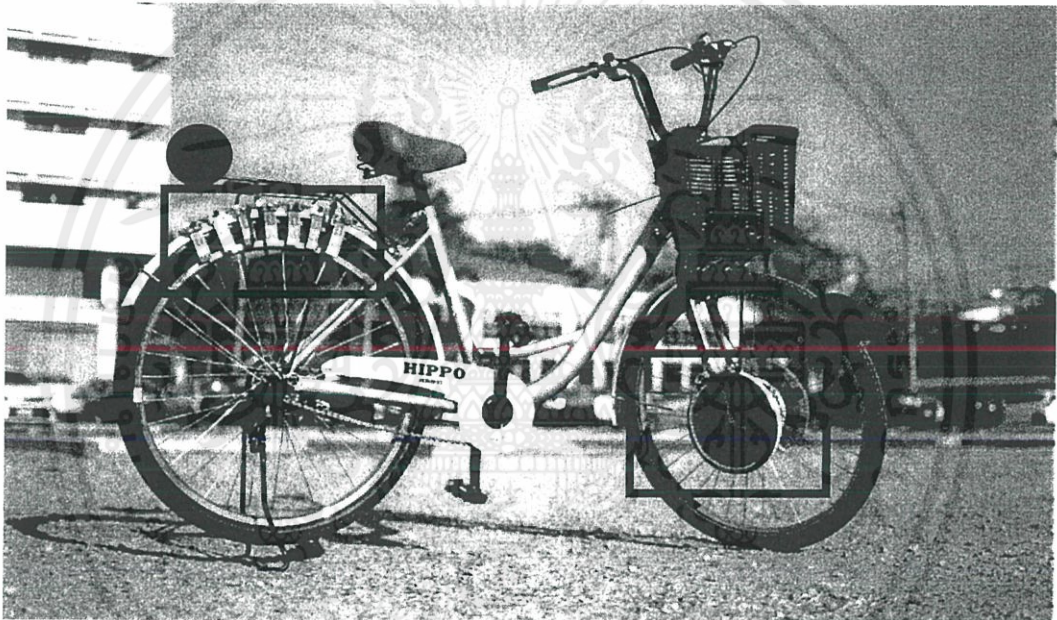
ต่อมาเป็นการต่อโหลดหลังวงจรการชาร์จคือหลอดแอลอีดี และวงจรประยุกต์ โดยในส่วนการจ่ายโหลดหลอดแอลอีดีมีค่าแรงดันที่จ่ายให้โหลดไม่เพียงพอ ทำให้ต้องต่ออุปกรณ์เพิ่มคือวงจรทบแรงดัน (Boost Converter) อีกส่วนวงจรประยุกต์สามารถจ่ายได้เลย โดยในส่วนวงจรประยุกต์นั้นจะเน้นเรื่องความปลอดภัยของตัวผู้ใช้งานตัวจักรยานได้แก่ เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ (DHT11 : Digital Temperature & Humidity Sensor Module) เซนเซอร์วัดระยะทาง (Ultrasonic SR04) และเซนเซอร์ตรวจจับปริมาณแก๊สพิษ (MQ-135 Air Quality Sensor Hazardous Harmful Gas Detection) โดยจะใช้วงจรทั้งที่กล่าวมาในการทดลองของบทที่ 4

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การเก็บเกี่ยวพลังงานลงแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน โดยผ่านวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานและวงจรชาร์จแบตเตอรี่

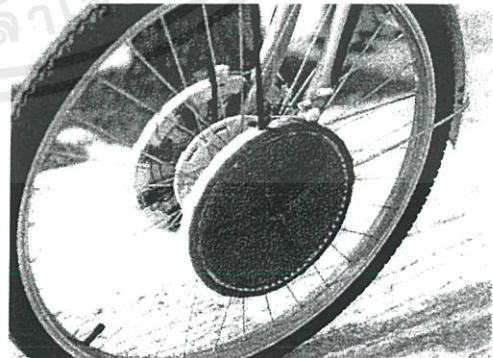
การออกแบบการเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริกโดยอาศัยแรงที่เกิดจากการสั่นเนื่องจากคุณสมบัติของแม่เหล็กที่ได้ทำการติดระหว่างแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกับโครงล้อในรูปของการปั่นจักรยาน โดยได้ทำการแบ่งการเก็บพลังงานเป็นสองส่วนคือ ส่วนหน้าของจักรยานและส่วนหลังของจักรยาน



(ก) ภาพรวมของจักรยาน



(ข) ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณล้อหลัง



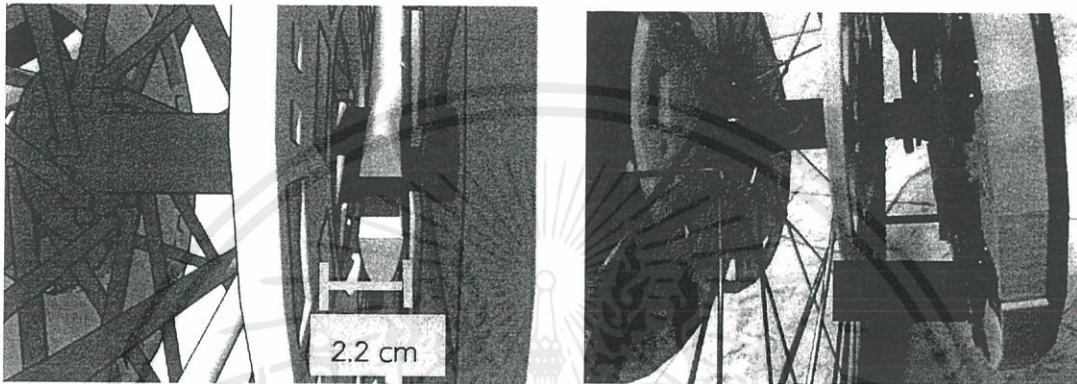
(ค) ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณล้อหน้า

รูปที่ 4.1 การติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบริเวณจักรยาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 (ก) เป็นรูปการออกแบบโดยรวมของจักรยาน โดยส่วนที่หนึ่ง เป็นส่วนหน้าของจักรยาน โดยแผ่นเพียโซอิเล็กทริกและแม่เหล็กจะติดอยู่บริเวณโมเดลที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้ง่ายต่อการประกอบเข้ากับจักรยานทั้งสองด้านของจักรยาน

ส่วนที่สองของจักรยาน อยู่บริเวณบังโคลนล้อหลังของจักรยาน โดยทำการประกอบแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเข้ากับโมเดลเพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้ง พร้อมทั้งแม่เหล็กที่ติดอยู่บริเวณโครงล้อของจักรยาน



(ก) รูปจากโปรแกรม Sketch up

(ข) รูปจากชิ้นงานจริง

รูปที่ 4.2 ตำแหน่งของการติดแม่เหล็กบริเวณดุมล้อหน้า

บริเวณดุมล้อหน้าของจักรยานออกแบบให้ติดแม่เหล็กลงบนแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่ระยะห่างระหว่างแม่เหล็ก 2.2 เซนติเมตร ใช้แม่เหล็กจำนวน 8 แท่งในการติดลงที่แผ่นเพียโซอิเล็กทริก รวมเป็น 16 แท่ง และใช้แม่เหล็กติดลงบริเวณอีกฝั่งหนึ่งในตัวโมเดลรองรับของแม่เหล็กตัวเดิมเพื่อให้เกิดการผลัดคู่กันของแม่เหล็กจำนวน 4 แท่งในแต่ละด้าน รวมเป็น 8 แท่ง บริเวณดุมล้อหน้าของจักรยานใช้แม่เหล็กรวม 24 แท่ง และใช้เพียโซอิเล็กทริกจำนวน 8 แผ่น ทั้งสองด้านของล้อจักรยานรวมเป็น 16 แผ่น



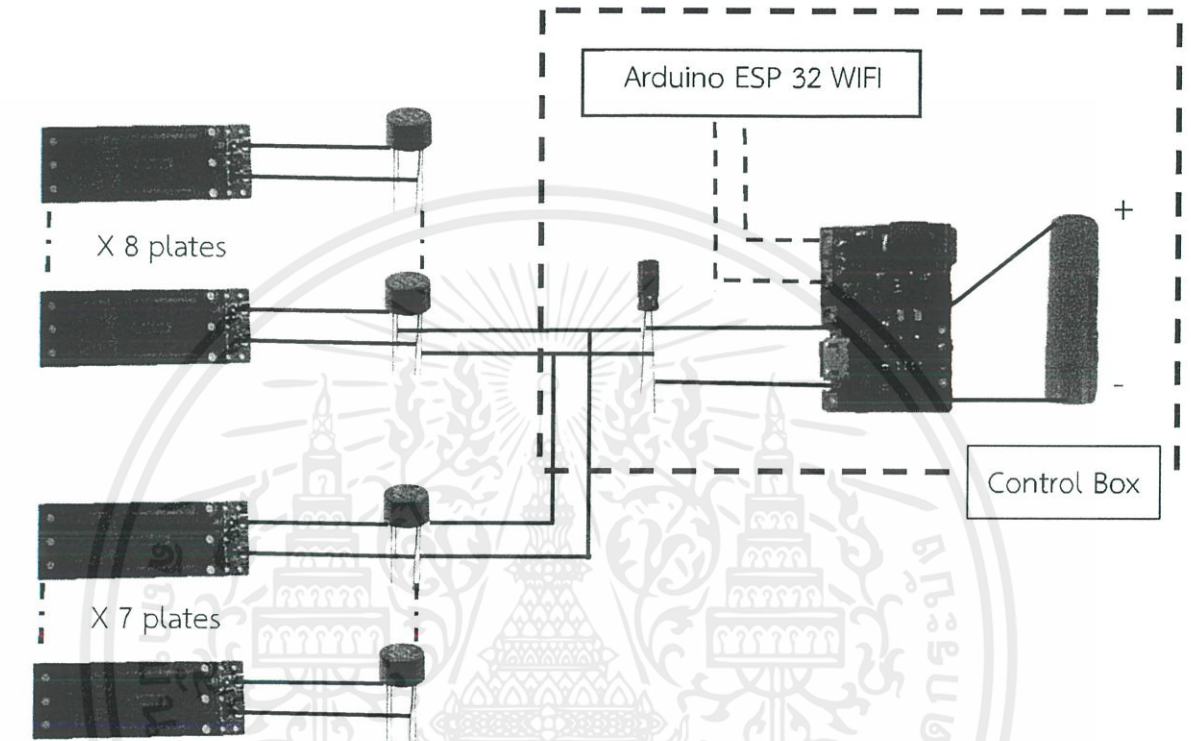
(ก) รูปจากโปรแกรม Sketch up

(ข) รูปจากชิ้นงานจริง

รูปที่ 4.3 ตำแหน่งของการติดแม่เหล็กบริเวณบังโคลนล้อหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณบังโคลนล้อหลังของจักรยานออกแบบให้ติดแม่เหล็กลงบนแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่ระยะห่างระหว่างแม่เหล็ก 1.3 เซนติเมตร ใช้แม่เหล็กติดลงที่แผ่นเพียโซอิเล็กทริกจำนวน 14 แห่ง และบริเวณโครงล้อเพื่อให้เกิดการผลัดคู่กันของแม่เหล็กจำนวน 4 แห่ง รวมแม่เหล็กที่ใช้บริเวณบังโคลนล้อหลังจำนวน 18 แห่ง และใช้เพียโซอิเล็กทริกจำนวน 14 แผ่น



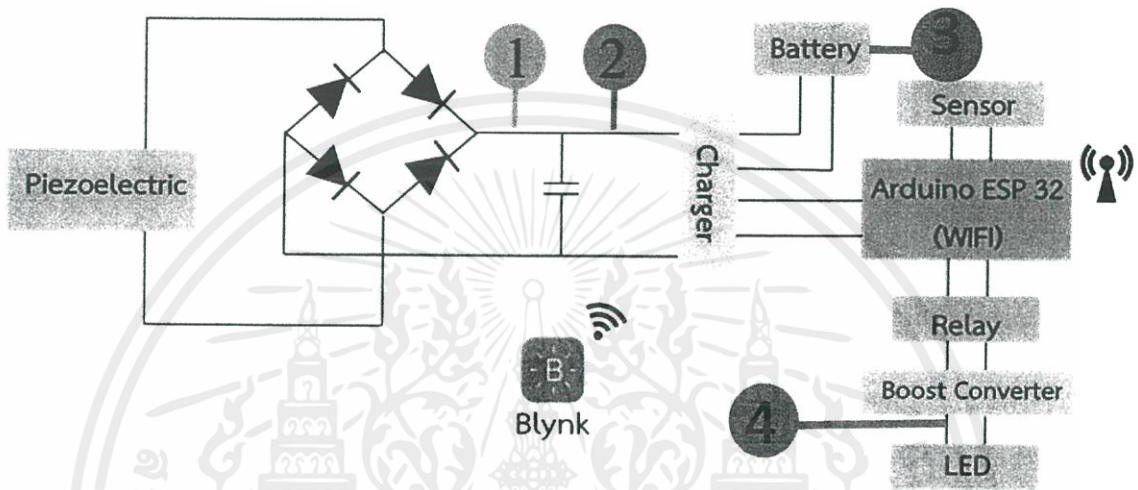
รูปที่ 4.4 วงจรการเก็บเกี่ยวพลังงาน

วงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก โดยการต่อวงจรเรียงกระแสเข้ากับแผ่นเพียโซ อิเล็กทริกแต่ละแผ่นแล้วจึงนำแผ่นเพียโซอิเล็กทริกมาขนานกัน สาเหตุที่ทำการต่อขนานได้กล่าวถึงในบทที่ 3

วงจรเก็บเกี่ยวพลังงานได้แบ่งออกเป็น 3 วงจรคือ บริเวณคุมล้อหน้าของจักรยาน 2 วงจร และบริเวณบังโคลนของล้อหลัง 1 วงจร โดยทั้งสามวงจรจะถูกรวมกันบริเวณกล่องควบคุมที่ติดตั้งอยู่บริเวณตระกร้าของจักรยาน ทั้งสามวงจรรวมกันก่อนต่อเข้าสู่ตัวเก็บประจุขนาด $1 \mu\text{F}$ แล้วต่อเข้ากับตัวชาร์จเจอร์สำหรับลิเทียมไอออน สำหรับควบคุมการเก็บพลังงานเข้ากับแบตเตอรี่ โดยต่อเข้ากับแบตเตอรี่โดยตรงจำนวน 1 ก้อน ส่วนอีกด้านหนึ่งของตัวชาร์จเจอร์ต่อเข้ากับตัวควบคุมที่สามารถควบคุมผ่านแอปพลิเคชันในมือถือได้โดยผ่านการเชื่อมต่อแบบไร้สาย

4.2 ผลการเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณีปั่นอยู่กับที่

การทดลองการเก็บค่าแรงดันไฟฟ้าเทียบเวลา โดยการปั่นจักรยานต่อเนื่องเป็นเวลา 3 นาทีและวัดแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ โดยกำหนดให้ระยะห่างระหว่างแม่เหล็กกับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่บริเวณดุมล้อหน้าเท่ากับ 2.2 เซนติเมตร และบริเวณบังโคลนล้อหลัง 1.3 เซนติเมตร โดยกำหนดความเร็วรอบในการปั่นที่ 30, 60 และ 90 รอบต่อนาที และมีการเก็บค่าแรงดันเฉลี่ย กระแสและกำลังไฟฟ้าที่บริเวณทั้ง 4 ตำแหน่งของการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ตำแหน่งการทดลองการวัดแรงดันไฟฟ้า

ตำแหน่งที่ 1 : แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้า

ตำแหน่งที่ 2 : แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังตัวเก็บประจุ

ตำแหน่งที่ 3 : แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังแบตเตอรี่

ตำแหน่งที่ 4 : แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังวงจรทบแรงดัน

4.2.1 ผลการทดลองบริเวณบังโคลนล้อหลัง

การทดลองเก็บค่าบริเวณบังโคลนล้อหลังเป็นการทดลองเพื่อเก็บค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสตรง ค่ากระแสและค่ากำลังที่ได้จากการปั่นจักรยานอยู่กับที่ โดยจะปั่นเพียงล้อหลังล้อเดียว ซึ่งจะเป็นการทดลองว่าวงจรเพียโซอิเล็กทริกที่ล้อหลังให้ค่ากำลังไฟฟ้ามาน้อยเพียงใด ทำการเก็บค่า ณ ความเร็วในการปั่นที่ 30, 60 และ 90 รอบต่อนาที แล้วนำมาเปรียบเทียบผลของแรงดันที่ได้ที่ ตำแหน่งต่างๆ 4 ตำแหน่ง

ดังแสดงในรูปที่ 4.6 เป็นการเก็บค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ค่ากระแสและค่ากำลัง ที่บริเวณบังโคลนล้อหลังของจักรยานในตำแหน่งที่ 1 ช่วงหลังวงจรเรียงกระแสเทียบกับตำแหน่งที่ 2 เมื่อมีการผ่านตัวเก็บประจุ การปั่นจักรยานที่ความเร็ว 30 รอบต่อนาทีในตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 มีค่าแรงดันอยู่ในช่วง 2.3 – 2.9 โวลต์และ 3.5 – 4.0 โวลต์ ตามลำดับ การปั่นจักรยานที่ความเร็ว

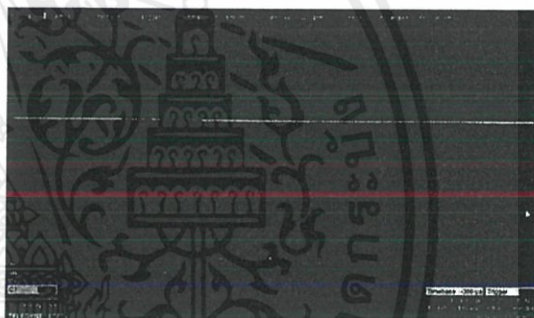
60 รอบต่อนาที มีค่าแรงดันอยู่ในช่วง 4.8 – 5.2 โวลต์และ 9.7 – 10.3 โวลต์ การปั่นจักรยาน ความเร็ว 90 รอบต่อนาที มีค่าแรงดันอยู่ในช่วง 5.0 – 5.4 โวลต์และ 8.0 – 8.7 โวลต์ ตามลำดับ

เมื่อวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ ช่วงที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงสุดในแต่ละความเร็ว เป็นผลมาจากแรงผลึกกันของแม่เหล็กและแรงดันไฟฟ้าค่อยๆ ลดลงจนกว่าแม่เหล็กตำแหน่งถัดไป เคลื่อนที่ผลึกกันอีกครั้ง จากกราฟจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่องโดยที่ค่า แต่ละช่วงจะไม่คงที่ อาจเป็นผลมาจากแรงปั่นจักรยานที่ไม่คงที่และช่วงการสัมผัสของแม่เหล็ก

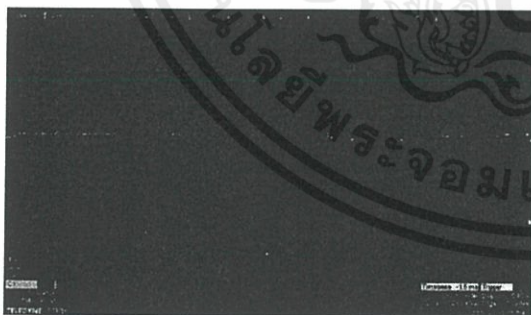
และเมื่อวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ ช่วงที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงสุดในแต่ละ ความเร็วเป็นผลมาจากแรงผลึกกันของแม่เหล็กและแรงดันไฟฟ้าค่อยๆ ลดลงจนกว่าแม่เหล็กตำแหน่ง ถัดไปเคลื่อนที่ผลึกกันอีกครั้ง จากกราฟเป็นการวัดในช่วงที่ต่อเข้าตัวเก็บประจุแล้ว ทำให้กราฟที่ได้ ออกมาเรียบมากขึ้นจากรูปที่ 4.6(ก), 4.6(ค), 4.6(จ) อันเนื่องมาจากตัวเก็บประจุมีหน้าที่ ลดแรงดัน ริบเปิล (ripple voltage) และสะสมแรงดันทำให้มีค่าเฉลี่ยมีค่ามากขึ้น แต่ก็ยังมีช่วงที่มีความไม่ เสถียรอาจเป็นผลมาจากแรงปั่นจักรยานที่ไม่คงที่และช่วงการสัมผัสของแม่เหล็ก



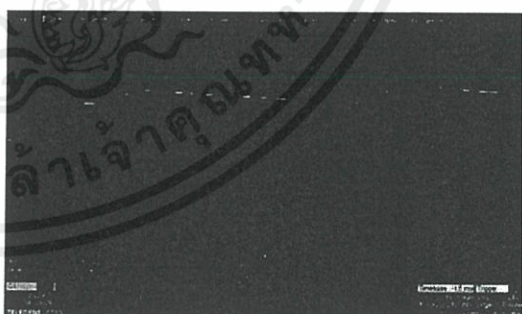
(ก) ตำแหน่งที่ 1 ณ ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที



(ข) ตำแหน่งที่ 2 ณ ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที



(ค) ตำแหน่งที่ 1 ณ ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที



(ง) ตำแหน่งที่ 2 ณ ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที



(จ)ตำแหน่งที่ 1 ณ ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที (ฉ)ตำแหน่งที่ 2 ณ ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ความเร็ว
รอบต่างๆ บริเวณบั้งโคลนล้อหลัง

ตารางที่ 4.1 ตารางเก็บค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่างๆ บริเวณล้อหลัง

ตำแหน่งการวัด		ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)		
		30	60	90
ตำแหน่งที่ 1	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	2.63	5.00	5.26
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.12	0.52	0.35
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	0.32	2.58	1.83
ตำแหน่งที่ 2	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	3.61	10.17	8.1
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.18	0.59	0.56
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	0.65	9.02	4.51
ตำแหน่งที่ 3	แรงดัน (โวลต์)	3.8	3.8	3.8
	กระแส (มิลลิแอมป์)	1.46	1.46	1.46
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	5.55	5.55	5.55
ตำแหน่งที่ 4	แรงดัน (โวลต์)	10	10	10
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.5	0.5	0.5
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	5	5	5

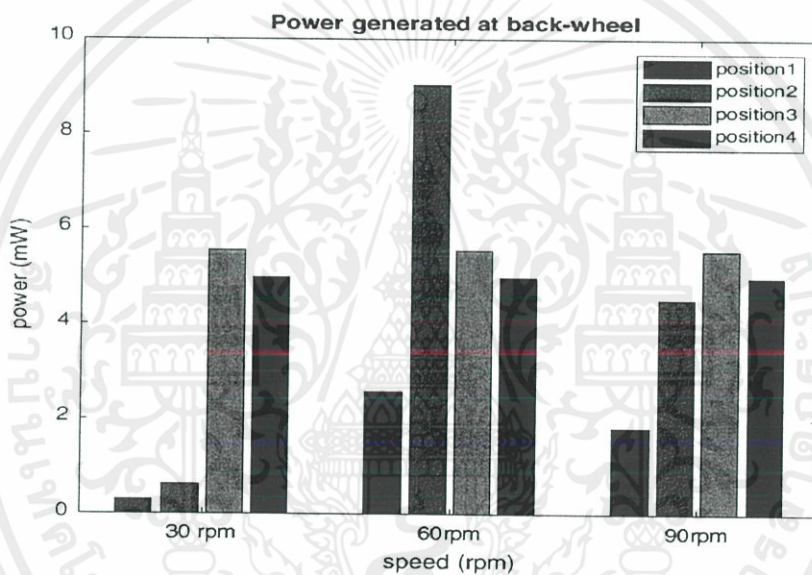
จากตารางที่ 4.1 ในบริเวณบั้งโคลนของจักรยานที่ได้ทำการติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริก
ลงไปและติดแม่เหล็กบริเวณโครงของล้อ ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะรับแรงสั่นได้ดี หากมีการปั่นจักรยาน
เกิดขึ้นจะทำให้แม่เหล็กที่ขั้วเดียวกันหันเข้าหากันเกิดการผลักกันขึ้น จะเห็นว่าแรงดันในช่วงความเร็ว
60 รอบต่อนาทีให้กำลังไฟฟ้ามามากที่สุดทั้งตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 รองลงมาคือที่ความเร็ว 90
รอบต่อนาทีและ 30 รอบต่อนาทีตามลำดับ ทั้งนี้ การปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบสูงจะก่อให้เกิด
การเคลื่อนผ่านของแม่เหล็กที่ตามจำนวนรอบที่หมุน ยิ่งความเร็วรอบสูงยิ่งผลิตกำลังไฟฟ้าได้มาก แต่
ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านความถี่ วัสดุเพียโซอิเล็กทริก วัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดอยู่ที่ 150 - 200 เฮิร์ตทำให้การสั่นโดยใช้แรงแม่เหล็กเป็นตัวกระทำ ณ ความเร็วที่ 30 และ 90 รอบต่อนาทีไม่อยู่ในขอบเขตของเพียโซอิเล็กทริก จึงจำเป็นต้องเว้นระยะเวลาให้วัสดุเพียโซอิเล็กทริก สั่นด้วยความถี่ดังกล่าวช่วงเวลาหนึ่ง ทำให้ในช่วง 90 รอบต่อนาทีที่มีการผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อย เนื่องจากแรงแม่เหล็กออกแรงผลึกวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเร็วเกินที่จะทำให้วัสดุผลิตกำลังไฟฟ้าออกมา ในช่วงความถี่ที่เหมาะสม ส่วนในช่วง 30 รอบต่อนาที มีการผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อยเนื่องจากเกิดการ สั่นน้อย ไม่ถึงในช่วงความถี่ที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาได้มาก

ส่วนในตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 4 เป็นช่วงที่มีการต่อเข้าแบตเตอรี่และวงจรทบท แรงดัน จึงทำให้ค่าที่ได้ออกมานั้นมีค่าคงที่ทุกความเร็วรอบ

ทั้ง 4 ตำแหน่งที่ทำการเก็บค่าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบกำลังที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็วบริเวณล้อหลัง

4.2.2 ผลการทดลองบริเวณดุมล้อหน้าของจักรยาน

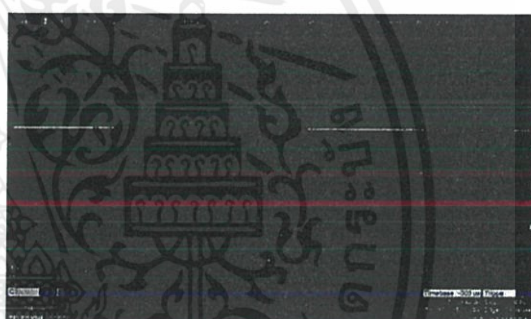
การทดลองเก็บค่าบริเวณดุมล้อหน้าของจักรยานเป็นการทดลองเพื่อเก็บค่า แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ค่ากระแสและค่ากำลังที่ได้จากการปั่นจักรยานอยู่กับที่ โดยจะปั่นเพียงล้อ หน้าล้อเดียว ซึ่งจะเป็นการทดลองว่าวงจรเพียโซอิเล็กทริกที่ล้อหน้าให้ค่ากำลังไฟฟ้ามากน้อยเพียงใด ทำการเก็บค่า ณ ความเร็วในการปั่นที่ 30, 60 และ 90 รอบต่อนาที แล้วนำมาเปรียบเทียบผลของ แรงดันที่ได้ที่ตำแหน่งต่างๆ 4 ตำแหน่ง

ดังแสดงในรูปที่ 4.8 เป็นการเก็บค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ค่ากระแสและค่ากำลัง ที่บริเวณบังโคลนล้อหน้าของจักรยานในตำแหน่งที่ 1 ช่วงหลังวงจรเรียงกระแสเทียบกับตำแหน่งที่ 2 เมื่อมีการผ่านตัวเก็บประจุ การปั่นจักรยานที่ความเร็ว 30 รอบต่อนาทีในตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 มีค่าแรงดันอยู่ในช่วง 1.5 - 2.0 โวลต์และ 2.5 - 3.0 โวลต์ ตามลำดับ การปั่นจักรยานที่ความเร็ว

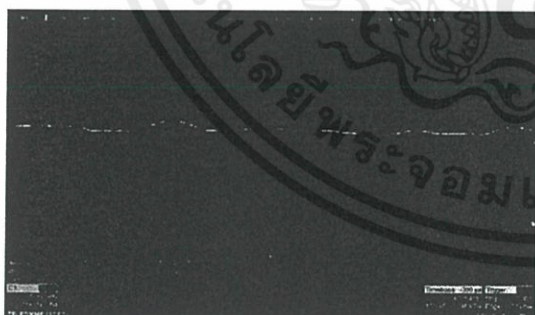
60 รอบต่อนาที มีค่าแรงดันอยู่ในช่วง 2.0 – 2.2 โวลต์และ 7.3 – 7.9 โวลต์ การปั่นจักรยานความเร็ว 90 รอบต่อนาที มีค่าแรงดันอยู่ในช่วง 1.2 – 1.3 โวลต์และ 2.2 – 2.5 โวลต์ ตามลำดับ

เมื่อวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ ช่วงที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงสุดในแต่ละความเร็ว เป็นผลมาจากแรงผลึกกันของแม่เหล็กและแรงดันไฟฟ้าค่อยๆ ลดลงจนกว่าแม่เหล็กตำแหน่งถัดไป เคลื่อนที่ผลึกกันอีกครั้ง จากกราฟจะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างต่อเนื่องโดยที่ค่า แต่ละช่วงจะไม่คงที่ อาจเป็นผลมาจากแรงปั่นจักรยานที่ไม่คงที่และช่วงการสัมผัสของแม่เหล็ก

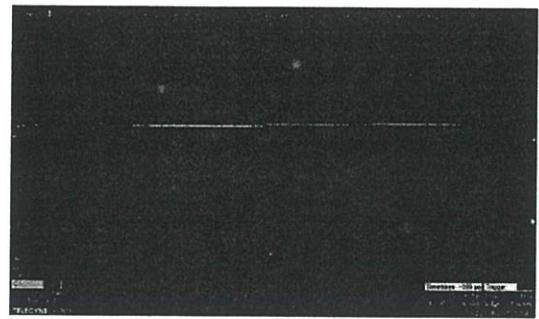
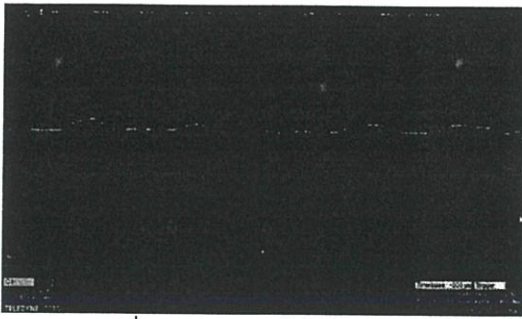
และเมื่อวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ ช่วงที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงสุดในแต่ละ ความเร็วเป็นผลมาจากแรงผลึกกันของแม่เหล็กและแรงดันไฟฟ้าค่อยๆ ลดลงจนกว่าแม่เหล็กตำแหน่ง ถัดไปเคลื่อนที่ผลึกกันอีกครั้ง จากกราฟเป็นการวัดในช่วงที่ต่อเข้าตัวเก็บประจุแล้ว ทำให้กราฟที่ได้ ออกมาเรียบมากขึ้นจากรูปที่ 4.8(ก), 4.8(ค), 4.8(จ) อันเนื่องมาจากตัวเก็บประจุมีหน้าที่ลดแรงดันริบ เปิล (ripple voltage) และสะสมแรงดันทำให้ค่าเฉลี่ยมีค่ามากขึ้น แต่ก็ยังมีช่วงที่มีความไม่เสถียร อาจเป็นผลมาจากแรงปั่นจักรยานที่ไม่คงที่และช่วงการสัมผัสของแม่เหล็ก



(ก) ตำแหน่งที่ 1 ณ ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที (ข) ตำแหน่งที่ 2 ณ ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที



(ค) ตำแหน่งที่ 1 ณ ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที (ง) ตำแหน่งที่ 2 ณ ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที



(จ)ตำแหน่งที่ 1 ณ ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที (ข)ตำแหน่งที่ 2 ณ ความเร็วรอบ 90 รอบต่อนาที
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 ที่ความเร็ว
รอบต่างๆ บริเวณคัมล้อหน้า

ตารางที่ 4.2 ตารางเก็บค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่างๆ บริเวณล้อหน้า

ตำแหน่งการวัด		ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)		
		30	60	90
ตำแหน่งที่ 1	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	1.93	2.07	1.27
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.07	0.16	0.05
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	0.13	0.34	0.07
ตำแหน่งที่ 2	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	2.81	7.59	2.32
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.15	0.89	0.45
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	0.42	9.02	1.05
ตำแหน่งที่ 3	แรงดัน (โวลต์)	3.8	3.8	3.8
	กระแส (มิลลิแอมป์)	1.46	1.46	1.46
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	5.55	5.55	5.55
ตำแหน่งที่ 4	แรงดัน (โวลต์)	10	10	10
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.5	0.5	0.5
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	5	5	5

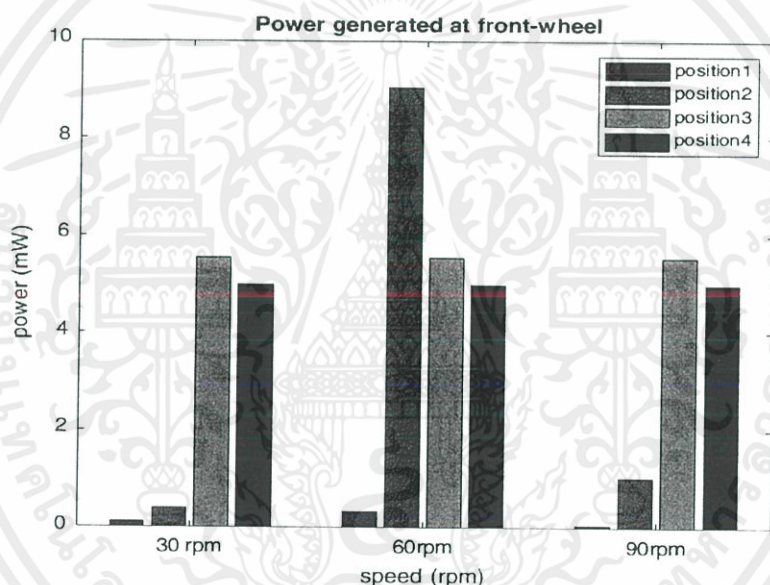
จากตารางที่ 4.2 ในบริเวณคัมล้อหน้าของจักรยานที่ได้ทำการติดตั้ง เพียโซอิเล็กทริกลงไปและติดแม่เหล็กบริเวณโมเดลที่ทำงานตรงบริเวณซี่ล้อ ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะรับ กระแสทางกลได้ดีกว่าแรงสั่นเนื่องจากโครงสร้างของจักรยานและบริเวณที่ติดตั้ง หากมีการปั่น จักรยานเกิดขึ้นจะทำให้แม่เหล็กที่ขั้วเดียวกันหันเข้าหากันเกิดการผลักกันขึ้น จะเห็นว่าแรงดันในช่วง ความเร็ว 60 รอบต่อนาทีให้กำลังไฟฟ้ามามากที่สุดทั้งตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 รองลงมาคือที่ ความเร็ว 90 รอบต่อนาทีและ 30 รอบต่อนาทีตามลำดับ ทั้งนี้ การปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบสูง จะก่อให้เกิดการเคลื่อนผ่านของแม่เหล็กที่ตามจำนวนรอบที่เหมาะสม ยิ่งความเร็วรอบสูงยิ่งผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังไฟฟ้าได้มาก แต่ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านความถี่ วัสดุเพียโซอิเล็กทริก วัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 150 - 200 เฮิร์ตทำให้การสั่นโดยใช้แรงแม่เหล็กเป็นตัวกระทำ ความเร็วที่ 30 และ 90 รอบต่อนาทีไม่อยู่ในขอบเขตของเพียโซอิเล็กทริก จึงจำเป็นต้องเว้นระยะเวลาให้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกสั่นด้วยความถี่ดังกล่าวช่วงเวลาหนึ่ง ทำให้ในช่วง 90 รอบต่อนาทีมีการผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อยเนื่องจากแรงแม่เหล็กออกแรงผลักวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเร็วเกินที่จะทำให้วัสดุผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาในช่วงความถี่ที่เหมาะสม ส่วนในช่วง 30 รอบต่อนาที มีการผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อยเนื่องจากเกิดการสั่นน้อย ไม่ถึงในช่วงความถี่ที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาได้มาก

ส่วนในตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 4 เป็นช่วงที่มีการต่อเข้าแบตเตอรี่และวงจรทบทวนแรงดัน จึงทำให้ค่าที่ได้ออกมานั้นมีค่าคงที่ทุกความเร็วรอบ

ทั้ง 4 ตำแหน่งที่ทำการเก็บค่าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบกำลังที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็วบริเวณล้อหน้า

เมื่อเปรียบเทียบทั้งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า จากทั้งสองบริเวณที่ได้ทำการติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกับแม่เหล็กลงไป บริเวณดุมล้อหน้าของจักรยานมีค่าน้อยกว่าบริเวณที่แผ่นเพียโซอิเล็กทริกติดตั้งอยู่บริเวณบังโคลน ด้วยสองปัจจัยคือ

1. ระยะห่างระหว่างแม่เหล็กกับแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เนื่องด้วยโครงสร้างของจักรยานที่บริเวณดุมล้อ ในการทำโมเดลสามมิติเพื่อใช้ในการประกอบแม่เหล็กเข้าไปด้วยกันนั้น พื้นที่ที่สามารถประกอบได้มีจำกัด และการที่จะทำให้แม่เหล็กเกิดประสิทธิภาพสูงสุดจะต้องไม่ติดตั้งใกล้ชิดเกินไป

2. บริเวณดังกล่าวจะได้ค่าสูงสุดก็ต่อเมื่อมีการกระแทกของจักรยานไม่ว่าจะเป็นการขี่ขึ้นเนิน ลูกระนาด หรือการขี่ในบริเวณผิวถนนขรุขระ จะเป็นการช่วยให้เก็บพลังงานได้มาก เนื่องจากข้อจำกัดด้านพื้นที่และรูปแบบในการติด

ในส่วนของ การเก็บค่าบริเวณตำแหน่งที่ 3 คือบริเวณหลังเบตเตอร์ และตำแหน่งที่ 4 บริเวณหลังวงจรถบแรงดันพบว่าค่าทั้ง 2 ตำแหน่งมีค่าเท่ากันและมีค่าคงที่เนื่องจากการเก็บเข้าเบตเตอร์แล้วทำการปรับแรงดันผ่านวงจรถบแรงดันให้มีค่าคงที่

4.3 ผลการเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณีรวมวงจรถบหน้าและถบหลัง

การทดลองเก็บค่ากรณีรวมวงจรถบเพียโซอิเล็กทริกทั้งถบหน้าและถบหลังเข้าด้วยกัน โดยการปั่นจักรยานเคลื่อนที่ เป็นการทดลองเพื่อเก็บค่า แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ค่ากระแสและค่ากำลังที่ได้จากการปั่นจักรยานจะเป็นการทดลองว่าวงจรถบเพียโซอิเล็กทริกที่รวมวงจรถบทั้งสองถบเข้าด้วยกันแล้วให้ค่ากำลังไฟฟ้ามากน้อยเพียงใด ทำการเก็บค่า ณ ความเร็วในการปั่นที่ 30, 60 และ 90 รอบต่อนาที แล้วนำมาเปรียบเทียบผลของแรงดันที่ได้ที่ตำแหน่งต่างๆ 4 ตำแหน่งที่พื้นผิวถนนการปั่นแบบเรียบ น้ำหนักโหลด(ผู้ปั่นจักรยาน) 70 กิโลกรัม



รูปที่ 4.10 การปั่นจักรยานที่รวมวงจรถบหน้าและถบหลังด้วยกัน

ตารางที่ 4.3 ตารางเก็บค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่างๆ

ตำแหน่งการวัด		ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)		
		30	60	90
ตำแหน่งที่ 1	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	4.48	7.83	6.21
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.64	1.01	0.70
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	2.89	8.49	4.33
ตำแหน่งที่ 2	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	8.54	11.49	9.73
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.88	1.18	0.95
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	7.53	13.59	9.20
ตำแหน่งที่ 3	แรงดัน (โวลต์)	3.8	3.8	3.8
	กระแส (มิลลิแอมป์)	1.46	1.46	1.46
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	5.55	5.55	5.55
ตำแหน่งที่ 4	แรงดัน (โวลต์)	10	10	10
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.5	0.5	0.5
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	5	5	5

จากตารางที่ 4.3 เป็นการทดลองกรณีปั่นจักรยาน ณ ความเร็วรอบของทั้งล้อหน้า และล้อหลัง 30, 60 และ 90 รอบต่อนาทีแล้วทำการเก็บค่าด้วยมัลติมิเตอร์ ค่าที่ได้จากตารางเป็นค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ในส่วนของกระแสวัดจากการต่อผ่านโหลด ซึ่งโหลดในที่นี้คือ ตัวต้านทานขนาด 1,000 โอห์ม หากมีการปั่นจักรยานเกิดขึ้นจะทำให้แม่เหล็กที่ขั้วเดียวกันหันเข้าหากันเกิดการผลักกันขึ้น จะเห็นว่าแรงดันในช่วงความเร็ว 60 รอบต่อนาทีให้กำลังไฟฟ้ามามากที่สุดทั้งตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 สามารถวัดค่าได้ 8.49 และ 13.59 มิลลิวัตต์ตามลำดับ รองลงมาคือที่ความเร็ว 90 รอบต่อนาที สามารถวัดค่าได้ 4.33 และ 9.20 มิลลิวัตต์ และ 30 รอบต่อนาที สามารถวัดค่าได้ 2.89 และ 7.53 ตามลำดับ

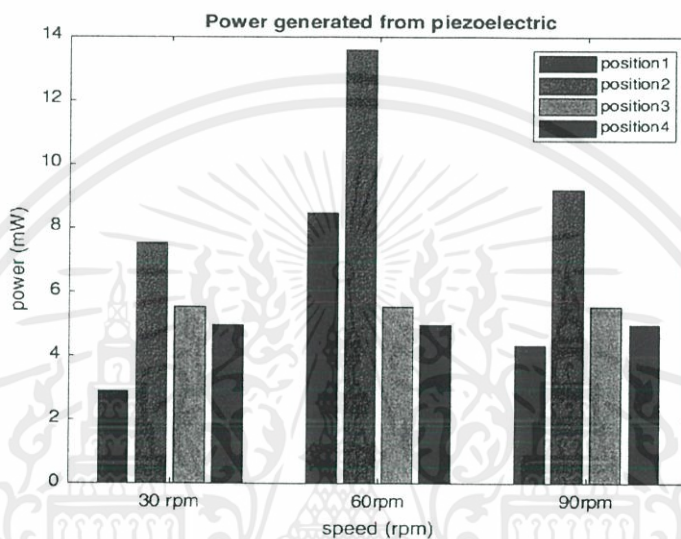
จะสังเกตได้ว่าตำแหน่งที่ 2 จะสามารถผลิตกำลังได้มากกว่าตำแหน่งที่ 1 เนื่องจากมีการเก็บสะสมเข้าตัวเก็บประจุทำให้ได้กำลังออกมามากกว่า

ทั้งนี้การปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบสูงจะก่อให้เกิดการเคลื่อนผ่านของแม่เหล็กดีตามจำนวนรอบที่หมุน ยิ่งความเร็วรอบสูงยิ่งผลิตกำลังไฟฟ้าได้มาก แต่ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านความถี่วัสดุเพียโซอิเล็กทริก วัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 150 - 200 เฮิร์ตทำให้การสั่นโดยใช้แรงแม่เหล็กเป็นตัวกระทำ ณ ความเร็วที่ 30 และ 90 รอบต่อนาทีไม่อยู่ในขอบเขตของเพียโซอิเล็กทริก จึงจำเป็นต้องเว้นระยะเวลาให้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกสั่นด้วยความถี่ดังกล่าวช่วงเวลาหนึ่ง ทำให้ในช่วง 90 รอบต่อนาทีมีการผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อยเนื่องจากแรงแม่เหล็กออกแรง

ผลึกวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเร็วเกินที่จะทำให้วัสดุผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาในช่วงความถี่ที่เหมาะสม ส่วนในช่วง 30 รอบต่อนาที มีการผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อยเนื่องจากเกิดการสั่นน้อย ไม่ถึงในช่วงความถี่ที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาได้มาก

ส่วนในตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 4 เป็นช่วงที่มีการต่อเข้าแบตเตอรี่และวงจรทบทวนแรงดัน จึงทำให้ค่าที่ได้ออกมานั้นมีค่าคงที่ทุกความเร็วรอบ

ทั้ง 4 ตำแหน่งที่ทำการเก็บค่าสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบกำลังที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็ว

4.4 ผลการเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณีเปรียบเทียบพื้นถนน

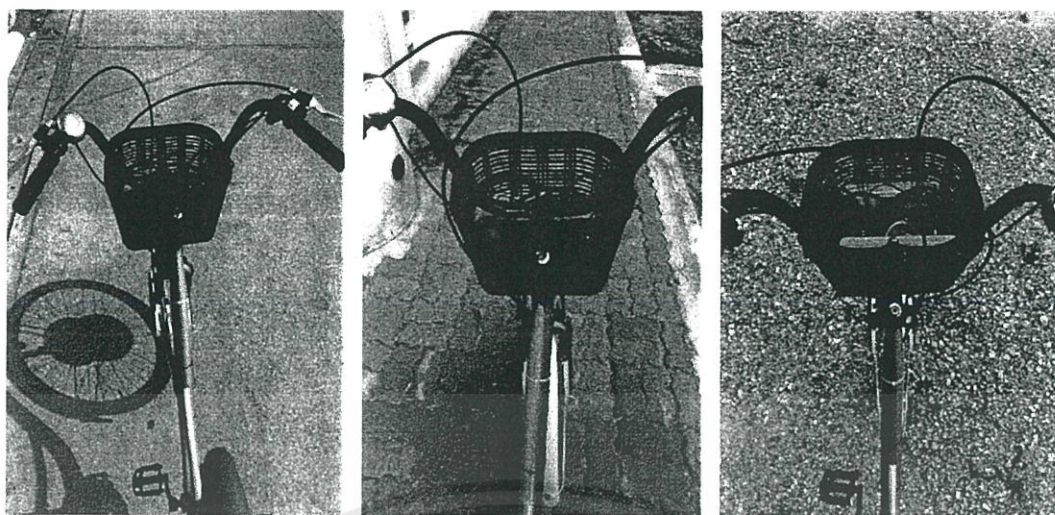
การทดลองเก็บค่ากรณีรวมวงจรเพียโซอิเล็กทริกทั้งล่อหน้าและล่อหลังเข้าด้วยกัน โดยการปั่นจักรยานที่บริเวณพื้นผิวถนนต่างๆ สามพื้นผิว เป็นการทดลองเพื่อเก็บค่า แรงดันไฟฟ้า กระแสตรง ค่ากระแสและค่ากำลังที่ได้จากการปั่นจักรยาน เพื่อดูผลของความแตกต่างระหว่างพื้นถนนมีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มากน้อยเพียงใด ทำการเก็บค่า ณ ความเร็วในการปั่นที่ 30, 60 และ 90 รอบต่อนาทีโดยวัดค่าที่ตำแหน่งที่ 2 ในรูปที่ 4.5 แล้วนำมาเปรียบเทียบผลของแรงดันที่ได้จากพื้นผิวถนนต่างๆ 3 รูปแบบ โดยใช้น้ำหนักโหลต(ผู้ปั่นจักรยาน) 70 กิโลกรัม

การทดลองนี้จะเปรียบเทียบการขี่จักรยานที่พื้นผิวถนนต่างกันสามรูปแบบ ดังนี้

ผิวถนนแบบที่ 1 : พื้นเรียบ ถนนทั่วไป

ผิวถนนแบบที่ 2 : ผิวขรุขระเล็กน้อยบริเวณลานจอดรถมีกรวดปนเล็กน้อย

ผิวถนนแบบที่ 3 : ผิวขรุขระอย่างมากบริเวณหินและกรวด



(ก) พื้นผิวถนนเรียบ

(ข) พื้นผิวถนนขรุขระเล็กน้อย

(ค) พื้นผิวถนนขรุขระมาก

รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบพื้นผิวถนน

ตารางที่ 4.4 ตารางเก็บค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามสภาพผิวถนน

ตำแหน่งการวัด		ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)		
		30	60	90
พื้นผิวถนน เรียบ	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	8.54	11.44	9.73
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.88	1.15	0.95
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	7.53	13.11	9.20
พื้นผิวถนน ขรุขระ เล็กน้อย	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	10.69	11.49	11.49
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.86	1.18	0.98
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	9.21	13.59	11.21
พื้นผิวถนน ขรุขระมาก	แรงดัน (โวลต์)	10.46	12.92	10.74
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.92	1.17	1.25
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	9.67	15.08	13.38

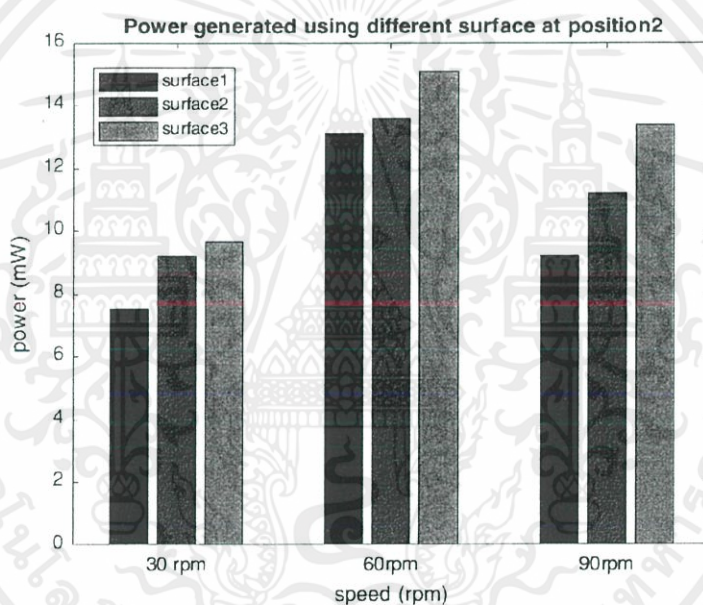
จากตารางที่ 4.4 เป็นการทดลองกรณีเปรียบเทียบผลของพื้นผิวถนน ณ ความเร็วรอบของทั้งล้อหน้าและล้อหลัง 30, 60 และ 90 รอบต่อนาทีแล้วทำการเก็บค่าด้วยมัลติมิเตอร์ค่าที่ได้จากตารางเป็นค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ในส่วนของกระแสวัดจากการต่อผ่านโหลดซึ่งโหลดในที่นี้คือ ตัวต้านทานขนาด 1,000 โอห์ม ค่ากำลังไฟฟ้าสามารถผลิตได้นั้นจะสามารถผลิตได้จากความเร็วรอบที่ 60 รอบต่อนาทีมากที่สุดรองลงมาคือ 90 รอบต่อนาทีและ 30 รอบต่อนาที โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากผิวถนนเรียบ หลังผ่านตัวเก็บประจุมีค่า 13.11, 9.20 และ 7.53 มิลลิวัตต์ ตามลำดับ ผิวถนนขรุขระเล็กน้อย ในช่วงหลังผ่านตัวเก็บประจุมีค่า 13.59, 11.21 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.21 มิลลิวัตต์ ตามลำดับ ผิวฉนวนขรุขระมาก ในช่วงหลังผ่านตัวเก็บประจุมีค่า 15.08, 13.38 และ 9.67 มิลลิวัตต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลองในตารางดังกล่าวพบว่า กรณีการปั่นจักรยานในบริเวณที่ผิวฉนวนขรุขระอย่างมาก มีหินและกรวดปะปน จะสามารถทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุด เป็นผลมาจากแรงสั่นจากแม่เหล็กที่บริเวณล้อหน้าและบังโคลนล้อหลัง ซึ่งบริเวณล้อหน้าเหมาะแก่การเก็บพลังงานในช่วงที่เกิดการกระแทกหรือพื้นผิวขรุขระ ทำให้สามารถเก็บพลังงานได้มากกว่าปกติพอสมควร ส่วนผิวฉนวนแบบขรุขระเล็กน้อย ให้ค่ากำลังไฟฟารองลงมาและใกล้เคียงกับผิวฉนวนแบบขรุขระมาก ส่วนเหตุผลในเรื่องความเร็วรอบในการปั่นเหมือนข้อ 4.2 และ 4.3

การเปรียบเทียบกำลังที่ได้ในแต่ละพื้นผิวฉนวนและความเร็วสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบกำลังที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็วเมื่อเปรียบเทียบพื้นผิวฉนวนที่ทำการทดลอง

4.5 ผลการเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณีเปรียบเทียบน้ำหนักของโหลด

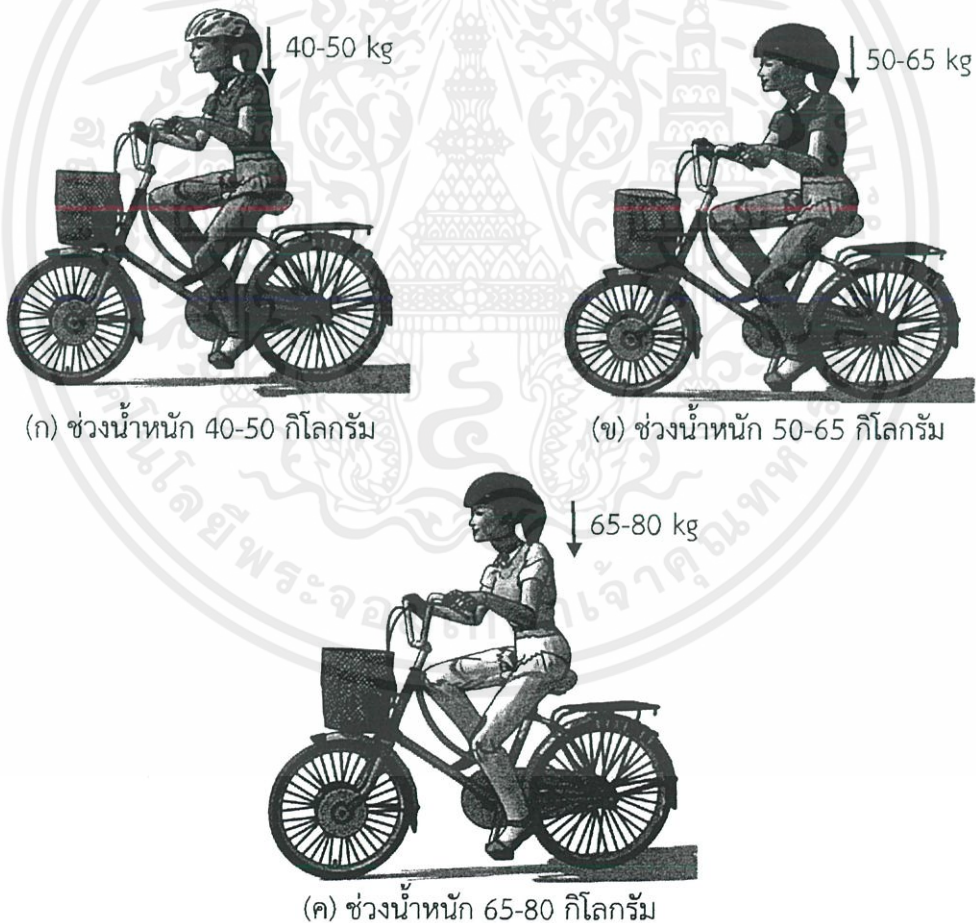
การทดลองเก็บค่ากรณีรวมวงจรเพียโซอิเล็กทริกทั้งล้อหน้าและล้อหลังเข้าด้วยกัน การปั่นจักรยานโดยใช้น้ำหนักของโหลด(ผู้ขี่จักรยาน) แตกต่างกัน 3 ช่วงเพื่อดูผลของน้ำหนักโหลดต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีความแตกต่างกันน้อยเพียงใด เป็นการทดลองเพื่อเก็บค่า แรงดันไฟฟ้า กระแสตรง ค่ากระแสและค่ากำลังที่ได้จากการปั่นจักรยาน ทำการเก็บค่า ณ ความเร็วในการปั่นที่ 30, 60 และ 90 รอบต่อนาทีโดยวัดค่าที่ตำแหน่งที่ 2 ในรูปที่ 4.5 แล้วนำมาเปรียบเทียบผลของแรงดันที่ได้จากน้ำหนักของโหลด 3 ช่วงโดยวัดจากการปั่นจักรยานบนพื้นผิวเรียบในรูปที่ 4.12(ก)

การทดลองนี้จะใช้น้ำหนักของผู้ปั่นจักรยานสามช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 : น้ำหนัก 40 - 50 กิโลกรัม

ช่วงที่ 2 : น้ำหนัก 50 - 65 กิโลกรัม

ช่วงที่ 3 : น้ำหนัก 65 - 80 กิโลกรัม



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบน้ำหนักของโหลดในการปั่นจักรยาน

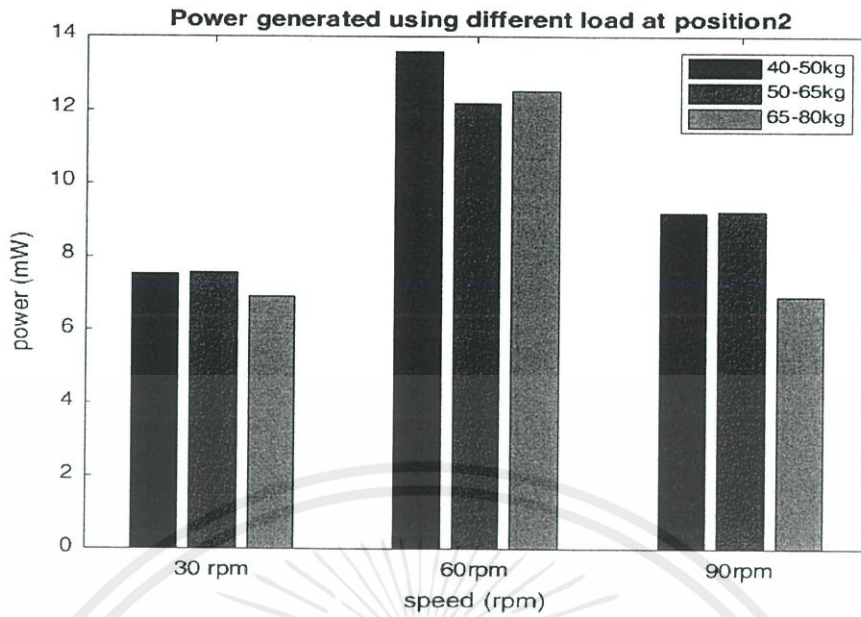
ตารางที่ 4.5 ตารางเก็บค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามโหนด

ตำแหน่งการวัด		ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)		
		30	60	90
น้ำหนัก 40 - 50 กิโลกรัม	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	8.54	11.49	9.73
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.88	1.18	0.95
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	7.53	13.59	9.20
น้ำหนัก 50 - 65 กิโลกรัม	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	8.21	12.09	9.62
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.92	1.01	0.96
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	7.57	12.19	9.24
น้ำหนัก 65 - 80 กิโลกรัม	แรงดัน (โวลต์)	8.79	11.79	9.39
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.79	1.06	0.73
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	6.91	12.51	6.92

จากตารางที่ 4.5 เป็นการทดลองกรณีเปรียบเทียบผลของน้ำหนักโหนด ณ ความเร็วรอบของทั้งล้อหน้าและล้อหลัง 30, 60 และ 90 รอบต่อนาทีแล้วทำการเก็บค่าด้วยมัลติมิเตอร์ ค่าที่ได้จากตารางเป็นค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ในส่วนของกระแสวัดจากการต่อผ่านโหนด ซึ่งโหนดในที่นี้คือ ตัวต้านทานขนาด 1,000 โอห์ม ค่ากำลังไฟฟ้าสามารถผลิตได้นั้นจะสามารถผลิตได้จากความเร็วรอบที่ 60 รอบต่อนาทีมากที่สุดรองลงมาคือ 90 รอบต่อนาทีและ 30 รอบต่อนาที โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากช่วงน้ำหนักโหนดที่ 65 - 80 กิโลกรัม หลังผ่านตัวเก็บประจุมีค่า 13.59, 9.20 และ 7.53 มิลลิวัตต์ ตามลำดับ ช่วงน้ำหนัก 50 - 65 กิโลกรัม ในช่วงหลังผ่านตัวเก็บประจุมีค่า 12.19, 9.24 และ 7.57 มิลลิวัตต์ ตามลำดับ ช่วงน้ำหนัก 40 - 50 กิโลกรัม ในช่วงหลังผ่านตัวเก็บประจุมีค่า 12.51, 6.92 และ 6.91 มิลลิวัตต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลองในตารางดังกล่าวพบว่า กรณีทั้ง 3 น้ำหนักของโหนด ที่ความเร็วรอบเดียวกัน กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละช่วงของน้ำหนักโหนดมีค่าใกล้เคียงกันมาก จึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำหนักของโหนดมีผลน้อยมากกับกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ ค่าที่ได้แตกต่างกันเล็กน้อยนั้น อาจเกิดจากการที่ปั่นด้วยความเร็วรอบที่ไม่เท่ากัน อาจมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย และช่วงความเร็วรอบที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากที่สุดคือ 60 รอบต่อนาทีเช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 4.2 - 4.4 ส่วนเหตุผลในเรื่องความเร็วรอบในการปั่นเหมือนข้อ 4.2 และ 4.3

การเปรียบเทียบกำลังที่ได้ในแต่ละพื้นผิวถนนและความเร็วสามารถอธิบายได้
ดังรูปที่ 4.15

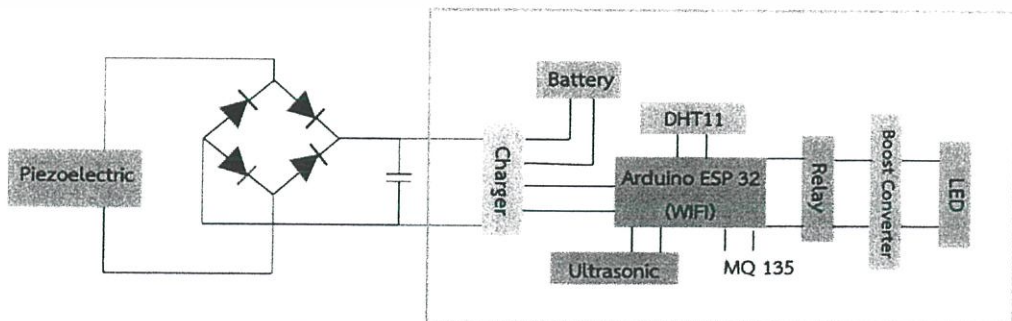


รูปที่ 4.15 กราฟเปรียบเทียบกำลังที่ผลิตได้ในแต่ละความเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักของโหลด

4.6 การออกแบบวงจรประยุกต์ใช้พลังงานที่ได้จากเพียโซอิเล็กทริก

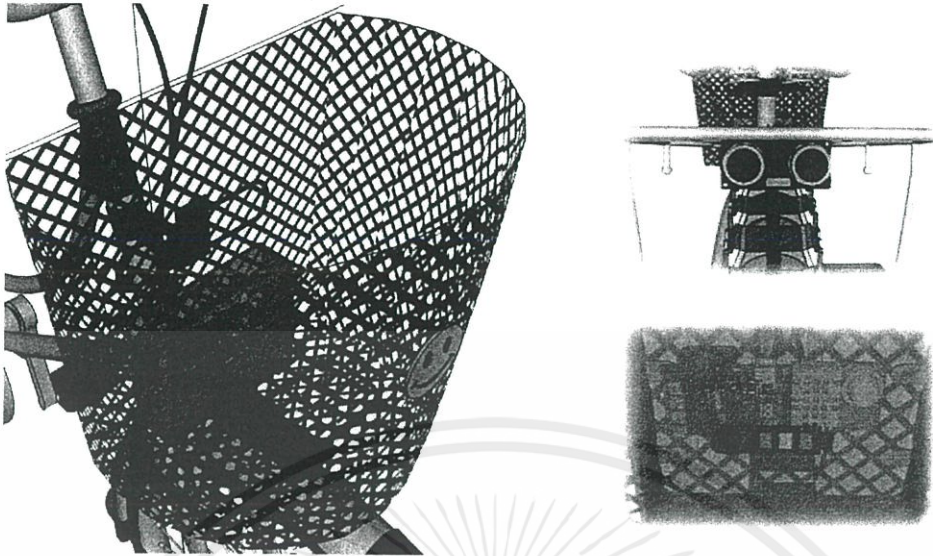
ในการออกแบบวงจรประยุกต์ใช้พลังงานที่ได้จากเพียโซอิเล็กทริกโดยให้สอดคล้องกับแนวคิดเมื่ออัจฉริยะและยุคแห่งอินเทอร์เน็ตทุกสิ่ง (IoT) ทางคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้การควบคุมอุปกรณ์ผ่านอาดูโน่ D1 R32 ESP 32 Wi-fi Module ซึ่งสามารถควบคุมผ่านไวไฟโดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk บนมือถือได้ และได้ทำการนำอาดูโน่ดังกล่าวไปใช้ควบคุมอุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆที่ใช้ในการวัดค่าที่จำเป็น โดยเซนเซอร์ที่ทำการเลือกนั้นมีประโยชน์ต่อผู้ใช้จักรยาน คือ

1. เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิรุ่น DHT 11
2. เซนเซอร์ตรวจจับแก๊สพิษ (MQ 135)
3. เซนเซอร์วัดระยะทาง (Ultrasonic) เพื่อแจ้งเตือนให้ทราบหากมีรถหรือวัตถุใดที่อยู่ในระยะตัวผู้ใช้จักรยาน โดยทำงานร่วมกับไฟบริเวณล้อของจักรยาน
4. รีเลย์เพื่อใช้ควบคุมการเปิดปิดไฟบริเวณล้อของจักรยาน เพื่อให้เกิดความสว่างและปลอดภัยต่อผู้ขับขี่



รูปที่ 4.16 การออกแบบวงจรประยุกต์ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 รูปภาพจำลองการต่อวงจรจากโปรแกรม Sketch up



รูปที่ 4.18 การต่อวงจรใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แอปพลิเคชัน Blynk บนโทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 4.20 การนำข้อมูลส่งออกโปรแกรม Microsoft Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการออกแบบวงจรการเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับจักรยานแม่บ้าน และนำพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้นั้นเก็บเข้าแบตเตอรี่เพื่อใช้จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับเซนเซอร์วัดค่าต่างๆที่ติดอยู่ในจักรยาน โดยพลังงานที่ผลิตได้มากแรงทางกลที่เกิดจากการสั่นของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก อาศัยคุณสมบัติของแม่เหล็กเมื่อเกิดการปั่นจักรยานจะทำให้แม่เหล็กที่ติดอยู่บริเวณโครงล้อของจักรยานและแม่เหล็กที่ติดอยู่บริเวณแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเกิดการเคลื่อนที่ผ่านกันทำให้เกิดการสั้นขึ้นมาจึงเกิดการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า

ในด้านการออกแบบโมเดลสำหรับการติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกและแม่เหล็กลงบนจักรยาน ใช้เครื่องพิมพ์ชนิดสามมิติในด้านการผลิตโมเดล โดยการประยุกต์ใช้ความรู้และเทคโนโลยีเกี่ยวกับเครื่องพิมพ์สามมิติเข้าด้วยกัน ทำให้ได้ชิ้นงานออกมาที่สมบูรณ์แบบ และเป็นชิ้นงานที่ออกแบบตามความเหมาะสม สามารถปรับแต่งได้ตามความเหมาะสมกับโครงสร้างของจักรยาน

ในการทดลองเก็บค่ากำลังที่สามารถผลิตได้จะทำการวัดค่า 4 ช่วงด้วยกันคือ ตำแหน่งที่ 1 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้า ตำแหน่งที่ 2 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังตัวเก็บประจุ ตำแหน่งที่ 3 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังแบตเตอรี่ และตำแหน่งที่ 4 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังวงจรทบแรงดัน โดยให้ระยะห่างระหว่างแม่เหล็กที่ติดอยู่กับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกับแม่เหล็กที่ติดอยู่บริเวณโครงล้อ ที่บริเวณดุมล้อหน้าเท่ากับ 2.2 เซนติเมตร และบริเวณบังโคลนล้อหลังเท่ากับ 1.3 เซนติเมตร

จากตารางผลการทดลองที่ 4.1-4.5 พบว่าการปั่นจักรยานช่วงความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาทีหรือคิดเป็น 7.45 กิโลเมตรต่อชั่วโมงสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด ทั้งนี้การปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบสูงจะก่อให้เกิดการเคลื่อนผ่านของแม่เหล็กที่ตามจำนวนรอบที่หมุน ยิ่งความเร็วรอบสูงยิ่งผลิตกำลังไฟฟ้าได้มาก แต่ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านความถี่ วัสดุเพียโซอิเล็กทริก วัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 150 - 200 เฮิร์ตทำให้การสั้นโดยใช้แรงแม่เหล็กเป็นตัวกระทำ ณ ความเร็วที่ 30 และ 90 รอบต่อนาทีไม่อยู่ในขอบเขตของเพียโซอิเล็กทริก จึงจำเป็นต้องเว้นระยะเวลาให้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกสั้นด้วยความถี่ดังกล่าวช่วงเวลาหนึ่ง ทำให้ในช่วง 90 รอบต่อนาทีมีการผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อยเนื่องจากแรงแม่เหล็กออกแรงผลักวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเร็วเกินที่จะทำให้วัสดุผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาในช่วงความถี่ที่เหมาะสม ส่วนในช่วง 30 รอบต่อนาที มีการผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อยเนื่องจากเกิดการสั้นน้อย ไม่ถึงในช่วงความถี่ที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาได้มาก

เมื่อทดลอง ผลของพื้นผิวถนนต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าพบว่า ยิ่งผิวขรุขระมากยิ่งขึ้นสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาได้มาก ทั้งนี้เพราะเกิดการสั้นของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกมาก และที่ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาทีที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด

เมื่อทดลอง ผลของน้ำหนักผู้ปั่นจักรยานต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าพบว่าไม่ส่งผลต่อการผลิตกำลังไฟฟ้า เนื่องจากการทดลองที่วัดได้แต่ละช่วงของน้ำหนักที่ความเร็วเดียวกันให้ผลต่างกันเพียงเล็กน้อย

ส่วนในตำแหน่งที่ 3 และตำแหน่งที่ 4 เป็นช่วงที่มีการต่อเข้าแบตเตอรี่และวงจรทบทวนแรงดัน จึงทำให้ค่าที่ได้ออกมานั้นมีค่าคงที่ทุกความเร็วรอบ

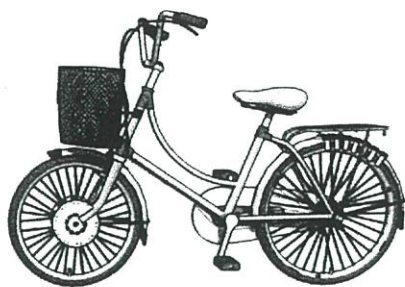
กำลังที่สามารถผลิตได้จากการปั่นจะถูกเก็บเข้าแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขนาด 3200 mAh ซึ่งใช้เวลาในการชาร์จ 785.14 ชั่วโมง แต่จุดประสงค์ในการออกแบบวงจรดังกล่าวเพื่อเป็นตัวเติมกำลังแบตเตอรี่กรณีที่เกิดการใช้งาน ทำให้กำลังในแบตเตอรี่ลดลง จึงใช้เพียโซเข้ามาเกี่ยวข้องในการเก็บพลังงาน

พลังงานที่สามารถเก็บเกี่ยวได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกขึ้นอยู่กับปัจจัยในหลายด้าน ได้แก่

1. แรงแทงกล
2. ความเร็วรอบในการปั่นจักรยาน
3. ระยะห่างของแม่เหล็ก
4. ความต่อเนื่องในการปั่นจักรยาน
5. ประสิทธิภาพและคุณสมบัติของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก
6. ชนิดของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก
7. ประสิทธิภาพของวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน

จึงได้ทำการพัฒนาวงจรเก็บพลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถนำพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกมาใช้งานได้มากที่สุด รวมทั้งเลือกการออกแบบที่เหมาะสมกับความเร็วรอบทั่วไปที่ใช้ในการปั่นจักรยาน

แนวคิดในด้านการประยุกต์ใช้กับจักรยานคือ การใช้แบตเตอรี่เป็นตัวส่งกำลังให้กับเซนเซอร์ที่ติดอยู่บนจักรยานได้แก่ เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดระยะทาง เซนเซอร์วัดปริมาณแก๊สพิษและวงจรแปรผันแรงดันเพื่อใช้ในการควบคุมการเปิดปิดไฟแอลอีดีบริเวณล้อหน้าจักรยาน พร้อมทั้งเลือกใช้บอร์ดอาดูโนชนิดที่รองรับการเชื่อมต่อแบบไร้สายเพื่อใช้ความคุมและกำหนดการวัดค่าของเซนเซอร์ทุกตัว ผ่านทางโปรแกรมและแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ เพื่อความสะดวกในการควบคุมรวมถึงสามารถบันทึกค่าเก็บไว้ได้

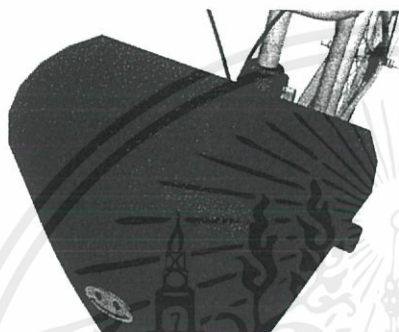


(ก) จักรยานจำลอง

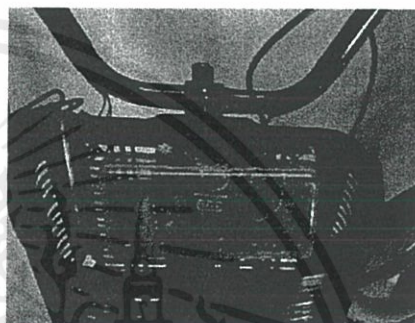


(ข) จักรยานชิ้นงานจริง

รูปที่ 5.1 การออกแบบจักรยาน



(ก) ก่องควบคุมจำลอง

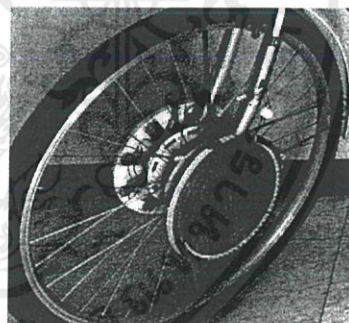


(ข) ก่องควบคุมชิ้นงานจริง

รูปที่ 5.2 การออกแบบก่องควบคุม

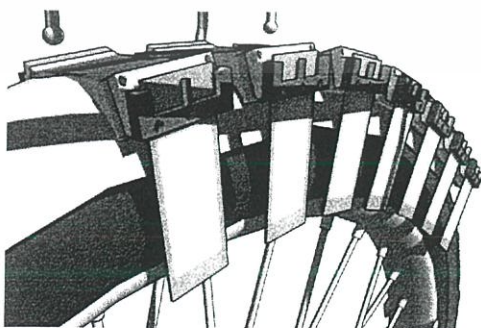


(ก) การจำลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกคลุมล้อหน้า

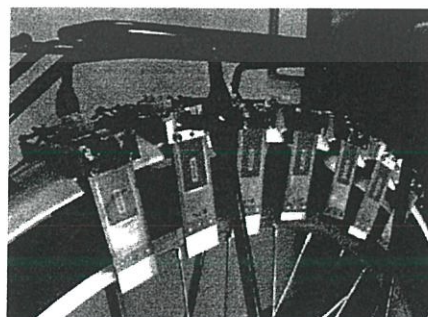


(ข) ชิ้นงานจริง

รูปที่ 5.3 การออกแบบบริเวณคลุมล้อหน้าของจักรยาน



(ก) การจำลองติดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกบังโคลนล้อหลัง



(ข) ชิ้นงานจริง

รูปที่ 5.4 การออกแบบบริเวณบังโคลนล้อหลังของจักรยาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1. หากต้องการกำลัการผลิตจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกมากขึ้นและเก็บสะสมลงแบตเตอรี่ได้มาก ใช้ระยะเวลาในการเก็บน้อยลง ควรเพิ่มแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเพิ่มขึ้นหรือเพิ่มระยะแม่เหล็กกับโครงสร้างจักรยานให้ใกล้กันมากขึ้นในระยะที่เหมาะสม
2. การพัฒนาในด้านการประยุกต์เข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT) ในระบบที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีความเสถียรมากขึ้นและสามารถรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไร้สายได้ทุกที่
3. การพัฒนาฟังก์ชันการใช้งานภายในจักรยาน มีการติดตามเซอร์วิคค่าต่างๆ ที่มีความแม่นยำในการวัดมากขึ้นและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้จักรยาน
4. การพัฒนาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกร่วมกับจักรยานไฟฟ้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น ในขณะเดียวกัน ดึงคุณสมบัติพิเศษที่มีอยู่ของเพียโซอิเล็กทริกให้ได้ประโยชน์สูงสุด
5. ในยุคเมืองอัจฉริยะ การเชื่อมต่อแบบไร้สายจะเข้ามามีบทบาทมากขึ้น การพัฒนาในด้านการประยุกต์ใช้พลังงานกับเทคโนโลยีขยายกว้างมากขึ้น มีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาเชื่อมโยงข้อมูลและมีการจัดเก็บข้อมูลระดับใหญ่ (big data)



เอกสารอ้างอิง

- [1] เสมอ นิ่มเงิน, “เมืองอัจฉริยะ (Smart City) คืออะไร และจะเกิดขึ้นได้อย่างไร,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.prd.go.th/ewt_dl_link.php?nid=210471&filename=expert
- [2] โครงการสนับสนุนการออกแบบเมืองอัจฉริยะ Smart-Cities Clean Energy Project, “วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (Smart City),” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://thailandsmartcities.blogspot.com/2016/>
- [3] Karoonporn Chetpayark, “6 Smart Cities น่าอิจฉา ตัวอย่างเมืองดีๆ ที่เทคโนโลยีช่วยพัฒนา,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://thematter.co/pulse/smart-city/32385>
- [4] wait, “มาทำความรู้จักกับ Smart Mobility กันเถอะ,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://smartcity.kmitl.io/smart-mobility-overview/>
- [5] รูปที่ 1.2 Smart Mobility. wait, “มาทำความรู้จักกับ Smart Mobility กันเถอะ,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://smartcity.kmitl.io/smart-mobility-overview/>
- [6] รูปที่ 1.3 เครื่องหมายการค้าของโมไบค์. wait, “มาทำความรู้จักกับ Smart Mobility กันเถอะ,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://smartcity.kmitl.io/smart-mobility-overview/>
- [7] บริษัท ไทยทิกเก็ตเมเจอร์ จำกัด, “OBIKE จักรยานสาธารณะไร้สถานี สัญชาติสิงคโปร์ เปิดให้บริการในไทยแล้ว!!,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaiticketmajor.com/variety/travel/6384/>
- [8] รูปที่ 1.4 จักรยานสาธารณะไร้สถานี. บริษัท ไทยทิกเก็ตเมเจอร์ จำกัด, “OBIKE จักรยานสาธารณะไร้สถานี สัญชาติสิงคโปร์ เปิดให้บริการในไทยแล้ว!!,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaiticketmajor.com/variety/travel/6384/>
- [9] รูปที่ 1.5 oBike Application. บริษัท ไทยทิกเก็ตเมเจอร์ จำกัด, “OBIKE จักรยานสาธารณะไร้สถานี สัญชาติสิงคโปร์ เปิดให้บริการในไทยแล้ว!!,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaiticketmajor.com/variety/travel/6384/>
- [10] กิตติศักดิ์ หมึกแดง และ อติศักดิ์ ความพินิจ, “รถจักรยานไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วย Brushless DC Motor 2 ตัว,” ปริญญาานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต, ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553.
- [11] Double A, “โครงการรถจักรยานไฟฟ้า,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=1489&read=true&count=true
- [12] กิตติศัพท์ จิระวัฒนผลิน, รัตนพล หอยสังข์, วชิรศักดิ์ ภัคตีมาก, และ วณิชชา วรพงษ์, “การพัฒนาจักรยานออกกำลังกายเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า,” ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2557

- [13] เอกชัย ปรีชากรรม, ไอยศุรย์ แสนแสง, และ วสันต์ เชื้อพัฒนา, “จักษยานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์,” *ปริญญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยศรีปทุม*, 2555.
- [14] กองชัย จันทดิกรรัตน์ และ เก่งกล้า กุณรักษ์, “การสร้างรถจักษยานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์,” *การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 3 และระดับนานาชาติครั้งที่ 1, วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม*, 2560, หน้า OIN-41
- [15] จันทกานต์ พุทประเสริฐ, จักรภัทร นามานุภาพ, บุญสิน อินชู, และ ขวัญคม ไตรปาน, “Piezoelectric Transducers,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://lcatransducers.blogspot.com/2016/09/piezoelectric.html>
- [16] รูปที่ 1.7 ตัวรับสัญญาณของเครื่องอัลตราซาวด์. BME FM, “เซนเซอร์เพียโซ (Piezoelectric sensor) ในทางการแพทย์,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://bme-fm.blogspot.com/2011/07/piezoelectric-sensor.html>
- [17] BME FM, “เซนเซอร์เพียโซ (Piezoelectric sensor) ในทางการแพทย์,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://bme-fm.blogspot.com/2011/07/piezoelectric-sensor.html>
- [18] รูปที่ 1.8 Blood pressure sensors. ณัฐพงศ์ บุญทองขาว, “เซนเซอร์เพียโซ (Piezoelectric sensor) ในทางการแพทย์,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://jackkanbin22.blogspot.com/2014/09/piezoelectric-sensor.html>
- [19] ณัฐพงศ์ บุญทองขาว, “เซนเซอร์เพียโซ (Piezoelectric sensor) ในทางการแพทย์,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://jackkanbin22.blogspot.com/2014/09/piezoelectric-sensor.html>
- [20] รูปที่ 1.9 เครื่องวัดความดันลูกตา. ณัฐพงศ์ บุญทองขาว, “เซนเซอร์เพียโซ (Piezoelectric sensor) ในทางการแพทย์,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://jackkanbin22.blogspot.com/2014/09/piezoelectric-sensor.html>
- [21] รูปที่ 1.10 กางเกงไฮเทค. ณัฐพงศ์ บุญทองขาว, “เซนเซอร์เพียโซ (Piezoelectric sensor) ในทางการแพทย์,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://jackkanbin22.blogspot.com/2014/09/piezoelectric-sensor.html>
- [22] พิสิทธ์ราชมงคล, “หนุ่มน้อยชาวฟิลิปปินส์วัย 15 คิดค้นรองเท้าอัจฉริยะ ผลิตพลังงานจากการเดิน,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://nuclear.rmutphysics.com/blog-sci5/?p=6656>

- [23] รูปที่ 1.11 การประยุกต์ใช้งานเพียโซอิเล็กทริกกับรองเท้า. พิสิภัสราชมงคล, “หนุ่มน้อยชาวฟิลิปปินส์วัย 15 คิดค้นรองเท้าอัจฉริยะ ผลิตพลังงานจากการเดิน,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://nuclear.rmutphysics.com/blog-sci5/?p=6656>
- [24] นิธิวัฒน์ ตรงฤทธิชัยการ, สุภัค ธรรมจรัสแสง และ สุรภกิจ พันธุ์ไพศาล, “การเปลี่ยนรูปพลังงานที่สูญเสียไป (แรงดัน การสั่น แรงเครียด..) เป็นพลังงานไฟฟ้า!! ด้วยแผ่นเพียโซอิเล็กทริก,” *ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*, 2560.
- [25] Malata Thailand, “การนำ Piezo มาประยุกต์ใช้ในสมาร์ตโฟน ตอนที่ 2 by malata ไม่ธรรมดา,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.facebook.com/pg/MalataThailand/photos/?tab=album&album_id=751666991620320
- [26] JOBBKK, “ชาร์จอุปกรณ์มือถือด้วยเสียง,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.jobbkk.com/variety/detail/339>
- [27] รูปที่ 1.12 ตำแหน่งไฟติดเวลากลางคืน. นิธิวัฒน์ ตรงฤทธิชัยการ, สุภัค ธรรมจรัสแสง และ สุรภกิจ พันธุ์ไพศาล, “การเปลี่ยนรูปพลังงานที่สูญเสียไป (แรงดัน การสั่น แรงเครียด..) เป็นพลังงานไฟฟ้า!! ด้วยแผ่นเพียโซอิเล็กทริก,” *ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*, 2560.
- [28] รูปที่ 1.13 มือถือระบบ Piezo Receiver Malata Thailand, “การนำ Piezo มาประยุกต์ใช้ในสมาร์ตโฟน ตอนที่ 2 by malata ไม่ธรรมดา,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.facebook.com/pg/MalataThailand/photos/?tab=album&album_id=751666991620320
- [29] ENSOL Energy & Environment solutions, “เทคโนโลยีการพัฒนายานพาหนะไฟฟ้า,” *รายงานฉบับสมบูรณ์ (ฉบับปรับปรุง) บทสรุปสำหรับผู้บริหาร โครงการศึกษาการเตรียมความพร้อมรองรับการใช้ยานพาหนะไฟฟ้าในอนาคตสำหรับประเทศไทย*, 2558, หน้า 2-3
- [30] รูปที่ 1.14 ที่รับสัญญาณการเคาะโดยใช้เพียโซอิเล็กทริก. JOBBKK, “ชาร์จอุปกรณ์มือถือด้วยเสียง,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.jobbkk.com/variety/detail/339>
- [31] ฝ่ายสถานีวิจัยและส่วนงานพัฒนาธุรกิจ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน), “วัสดุเก็บเกี่ยวพลังงานไม่มีวันหมด (Energy harvesting material),” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.thailandtechshow.com/view_techno.php?id=347
- [32] Ponlawat Pripaisankij, “FEA (Finite Element Analysis) คืออะไร,” เข้าถึงได้จาก: <http://thai-solidworks-simulation.blogspot.com/2014/10/fea-finite-element-analysis.html>

- [33] ธนคม ศิริวัฒนนานนท์ และ บุญเพชร ปรีชารัตนวงศ์, “การวิเคราะห์และออกแบบโพลดเซลล์โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์,” *ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยบูรพา*, 2556.
- [34] บ้านจอมยุทธ, “การขนส่งทางบก (Land Transportation),” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.baanjomyut.com/library_2/extension-2/the_origin_and_development_of_transportation/04.html
- [35] พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2554, “ความหมายของจักรยาน,” [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.royin.go.th/dictionary/>
- [36] รูปที่ 2.1 จักรยานในอดีต. วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี, “จักรยาน,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%99>
- [37] รูปที่ 2.2 จักรยานในอดีตเปรียบเทียบกับปัจจุบัน. วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี, “เพนนี-ฟาร์อิง,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/เพนนี-ฟาร์อิง>
- [38] วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี, “จักรยาน,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%99>
- [39] รูปที่ 2.3 จักรยานไฟฟ้าในอดีต. วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี, “จักรยาน,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%99>
- [40] ebikr.com, “ประวัติจักรยานไฟฟ้า,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://blog.ebikr.com/posts/147>
- [41] วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี, “เพนนี-ฟาร์อิง,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/เพนนี-ฟาร์อิง>
- [42] ศันสนีย์ รักไทยเจริญชีพ, “วัสดุเพียโซอิเล็กทริก,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.dss.go.th/images/st-article/ct-10-2555-pieso.pdf>
- [43] รูปที่ 2.4 Direct piezoelectric effect. วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี, “เพนนี-ฟาร์อิง,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/เพนนี-ฟาร์อิง>
- [44] รูปที่ 2.5 Converse piezoelectric effect. วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี, “เพนนี-ฟาร์อิง,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://th.wikipedia.org/wiki/เพนนี-ฟาร์อิง>
- [45] Navapadol, “หลักการของ piezoelectric sensor,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://navapadol.files.wordpress.com/2016/01/chapter-02-02.pdf>
- [46] วีระเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ธาราธิ์เรศษุ์, *อิเล็กทรอนิกส์กำลัง Power Electronics*, พิมพ์ครั้งที่ 14, กรุงเทพมหานคร, ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พรินติ้ง, 2557.

- [47] รูปที่ 2.6 เพียโซอิเล็กทริกเปลี่ยนแรงกดเป็นพลังงานไฟฟ้า. Navapadol, “หลักการของ piezoelectric sensor,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<https://navapadol.files.wordpress.com/2016/01/chapter-02-02.pdf>
- [48] รูปที่ 2.7 เซนเซอร์เพียโซ. Navapadol, “หลักการของ piezoelectric sensor,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://navapadol.files.wordpress.com/2016/01/chapter-02-02.pdf>
- [49] Auduinoall, “Wemos D1 R32 ESP32 Wi-Fi Bluetooth Uno บอร์ด ESP32 แบบ Arduino Uno,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<https://www.arduinoall.com/product/2011/wemos-d1-r32-esp32-wi-fi-bluetooth-uno-%E0%B8%9A%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%94-esp-32-%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A-arduino-uno>
- [50] รูปที่ 2.11 Wemos D1 R32 ESP32 Wi-Fi Bluetooth Uno บอร์ด ESP32 แบบ Arduino Uno. Auduinoall, “Wemos D1 R32 ESP32 Wi-Fi Bluetooth Uno บอร์ด ESP32 แบบ Arduino Uno,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<https://www.arduinoall.com/product/2011/wemos-d1-r32-esp32-wi-fi-bluetooth-uno-%E0%B8%9A%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%94-esp-32-%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A-arduino-uno>
- [51] IOXhop, “ESP32 เบื้องต้น บทที่ 1 แนะนำ ESP32,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<https://www.ioxhop.com/article/62/esp32-%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B9%89%E0%B8%99-%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-1-%E0%B9%81%E0%B8%99%E0%B8%B0%E0%B8%99%E0%B8%B3-esp32>
- [52] รูปที่ 2.12 ESP32-WROOM-32D. Auduinoall, “Wemos D1 R32 ESP32 Wi-Fi Bluetooth Uno บอร์ด ESP32 แบบ Arduino Uno,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<https://www.arduinoall.com/product/2011/wemos-d1-r32-esp32-wi-fi-bluetooth-uno-%E0%B8%9A%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%94-esp-32-%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A-arduino-uno>
- [53] วรวิศ กอปรสิริพัฒน์, “ตัวเก็บประจุยิ่งยวด (Supercapacitors): อุปกรณ์กักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่กำลังมาแรง,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://www.temcathai.com/download/magazine/volume_21_issue_2/75.pdf
- [54] ปณชัย อารีเพิ่มพร, “สำรวจตลาด Bike Sharing ในประเทศไทย เมื่อบริการให้เช่าจักรยานสาธารณะจากจีนกำลังคึกคัก,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://thestandard.co/thailand-bike-sharing/>

- [55] รูปที่ 2.17 ลักษณะการกระจายตัวของประจุขณะกำลังอัดประจุ (ซ้าย) เมื่ออัดประจุจนเต็ม (กลาง) และเมื่อคายประจุ (ขวา). วรวิศ กอปรสิริพัฒน์, “ตัวเก็บประจุยิ่งยวด (Supercapacitors): อุปกรณ์กักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่กำลังมาแรง,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.temcathai.com/download/magazine/volume_21_issue_2/75.pdf
- [56] รูปที่ 2.18 ลักษณะภายในของตัวเก็บประจุทรงกระบอก (ซ้าย) และทรงเหลี่ยม (ขวา). วรวิศ กอปรสิริพัฒน์, “ตัวเก็บประจุยิ่งยวด (Supercapacitors): อุปกรณ์กักเก็บพลังงานไฟฟ้าที่กำลังมาแรง,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.temcathai.com/download/magazine/volume_21_issue_2/75.pdf
- [57] รูปที่ 2.19 การแบ่งชิ้นงานขนาดใหญ่ออกเป็นชิ้นงานขนาดเล็กเป็นสี่เหลี่ยม. Ponlawat Pripaisankij, “FEA (Finite Element Analysis) คืออะไร,” เข้าถึงได้จาก: <http://thai-solidworks-simulation.blogspot.com/2014/10/fea-finite-element-analysis.html>
- [58] รูปที่ 2.20 การแบ่งชิ้นงานขนาดเล็กให้มีขนาดเล็กลง. Ponlawat Pripaisankij, “FEA (Finite Element Analysis) คืออะไร,” เข้าถึงได้จาก: <http://thai-solidworks-simulation.blogspot.com/2014/10/fea-finite-element-analysis.html>
- [59] Brand Buffet – Team, “ofo มาแล้ว! ปักหมุดปั่นเมืองไทยเป็นผู้นำเทรนด์ Bike Sharing ในอาเซียน จับมือพันธมิตร – พร้อมสนับสนุนภาครัฐขับเคลื่อนนโยบาย Smart City [PR],” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.brandbuffet.in.th/2017/09/ofo-bike-sharing/>
- [60] ปณชัย อารีเพิ่มพร, “สำรวจตลาด Bike Sharing ในประเทศไทย เมื่อบริการให้เช่าจักรยานสาธารณะจากจีนกำลังคึกคัก,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://thestandard.co/thailand-bike-sharing/>
- [61] Brand Buffet – Team, “ofo มาแล้ว! ปักหมุดปั่นเมืองไทยเป็นผู้นำเทรนด์ Bike Sharing ในอาเซียน จับมือพันธมิตร – พร้อมสนับสนุนภาครัฐขับเคลื่อนนโยบาย Smart City [PR],” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.brandbuffet.in.th/2017/09/ofo-bike-sharing/>
- [62] ปณชัย อารีเพิ่มพร, “สำรวจตลาด Bike Sharing ในประเทศไทย เมื่อบริการให้เช่าจักรยานสาธารณะจากจีนกำลังคึกคัก,” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://thestandard.co/thailand-bike-sharing/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาจักรยานสาธารณะโดยอาศัยการเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อการสัญจรในเมือง

THE DEVELOPMENT OF PUBLIC BICYCLE-SHARING BASED ON ENERGY HARVESTING FOR URBAN MOBILITY

นางสาวกชกร โจสม, นายเจือ วงษ์เนตร, นางสาวชนชญาณ์ ยุทธณรงค์, นายชยณัฐ โสคติยาภักย์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925

บทคัดย่อ

ปริญญาโทฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและการประยุกต์ใช้งานจากเพียโซอิเล็กทริกให้สอดคล้องกับยุคเมืองอัจฉริยะและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยพลังงานที่ผลิตได้ผ่านการสั่นของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกอาศัยคุณสมบัติของแม่เหล็กจากการปั่นจักรยาน การนำจักรยานแม่บ้านที่ไม่ได้ใช้งานมาปรับปรุงและพัฒนาให้เป็นจักรยานที่สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานได้ในส่วนของกรอบประกอบไปด้วยวงจรเพียโซอิเล็กทริกที่ติดอยู่บริเวณคานหน้าของจักรยานสองฝั่งและบริเวณบังโคลนล้อหลังของจักรยาน เช่นเซอร์วัดค่า ค่าคงควบคุมวงจรติดตั้งอยู่บริเวณตระกร้าของจักรยาน ในการควบคุมวงจรการเก็บเกี่ยวพลังงาน จะถูกสั่งการโดยบอร์ดอาตุไน์รุ่นรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบไร้สาย และสามารถควบคุมผ่านทางแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ พลังงานที่เก็บเกี่ยวได้จากเพียโซอิเล็กทริกจะถูกเก็บลงแบตเตอรี่ความจุ 3,200 มิลลิแอมป์ต่อหนึ่งชั่วโมงขนาด 5 โวลต์จำนวนหนึ่งก้อน เพื่อส่งกำลังไฟฟ้าให้แก่เซนเซอร์บนจักรยาน เช่นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดระยะทาง เซนเซอร์วัดปริมาณแก๊สพิษและรีเลย์สำหรับวงจรแปรผันแรงดันเพื่อใช้ในการควบคุมการเปิดปิดไฟแอลอีดีขนาด 12 โวลต์บริเวณคานหน้าของจักรยาน ซึ่งการทดลองพบว่าจักรยานที่ความเร็วพิกัดให้กำลังไฟฟ้า 136 มิลลิวัตต์ ค่าแรงดันและกระแส 11.5 โวลต์และ 1.2 มิลลิแอมป์ตามลำดับวงจรดังกล่าวถูกออกแบบให้ง่ายต่อการประกอบและการใช้งาน

คำสำคัญ เพียโซอิเล็กทริก, การเก็บเกี่ยวพลังงาน

Abstract

This project presents designing and applying in harvesting energy from piezoelectric which conform to smart city and internet of things (IOT). Energy harvested from the vibration in piezoelectric used magnetic force while cycling as mechanical stress to generate AC. The remodeled bicycle has been modified and developed to harvest energy. The designed part consists of piezoelectric circuit which is on the front wheel hub and the back-wheel mudguard, magnet model from 3D printer, detection sensors and control box in the bicycle basket. Harvesting circuit was commanded by Arduino ESP 32 Wi-Fi

module and controlled via mobile application. This energy is stored in 3200 mAh, 5V battery in order to supply power to sensors on bicycle included humidity and temperature sensor, Ultrasonic sensor, hazardous gas detection and relay for boost converter to control LED 12 volt at the front-wheel hub. At rated cycling can generate power at 136 mW with voltage and current are 11.5 V and 1.2 mA, respectively. This model has been designed for easy usage and assembling.

Keyword Piezoelectric, Harvesting Energy

1. บทนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาความเป็นอยู่ของมนุษย์ในเมืองเป็นสิ่งสำคัญ มนุษย์เริ่มคิดค้นและพัฒนาการนำเทคโนโลยีมาใช้งานมากขึ้นให้สอดคล้องกับยุคไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งการพัฒนานั้นมุ่งเน้นก้าวสู่การเป็นเมืองอัจฉริยะ (Smart City) เพื่อมุ่งหวังยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนให้มีความรู้เท่าทันและสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เตรียมการพัฒนาสู่เมืองที่ยั่งยืน

เมืองอัจฉริยะที่ได้กล่าวถึงนั้น เป็นรูปแบบการประยุกต์เทคโนโลยีดิจิทัล หรือข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสารในการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของบริการชุมชน เพื่อช่วยในการลดต้นทุน และลดการบริโภคของประชากร โดยยังคงเพิ่มประสิทธิภาพให้ประชาชนสามารถอยู่อาศัยได้ในคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น โดยการเอาเทคโนโลยีมาผสานกับการใช้ชีวิตของประชาชน ไม่ว่าจะเป็นทั้งด้านการขนส่ง การใช้พลังงาน หรือโครงสร้างพื้นฐานที่จะทำให้เมืองที่สะดวกสบายเกิดขึ้นได้จริง ทั้งยังทำให้ประชาชนอยู่ดีมีสุขกันด้วย แนวคิดเมืองอัจฉริยะเกิดขึ้นพร้อมๆ กับการพัฒนาอย่างก้าวกระโดดของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things (IoT)) ซึ่งเป็นรากฐานในการเชื่อมโยงอุปกรณ์หรือสิ่งของรอบๆ ตัวเข้ากับโครงข่ายการสื่อสารแบบอินเทอร์เน็ต รวมไปถึงการวางผังเมืองที่ชาญฉลาด รองรับการใช้ชีวิตที่สะดวกสบายรูปแบบการบริหารจัดการเมืองแบบเมืองอัจฉริยะเป็นการสร้างเมืองที่จะมีการเติบโตอย่างยั่งยืน เน้นการจัดสมดุลของสิ่งแวดล้อม ช่วยลดปัญหาและส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่ดี คุณภาพอากาศที่ดี เพิ่มพื้นที่สีเขียว และลดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat Island Effect)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัสดุเพียโซอิเล็กทริกพบว่าเพียโซอิเล็กทริกเป็น วัสดุเซรามิกที่เมื่อได้รับแรงกดหรือแรงดึงจะเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า จึงถือเป็นอีกหนึ่งพลังงานทางเลือกที่เป็นการนำพลังงานที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์กลับมาใช้ใหม่อีกครั้งหนึ่ง และยังเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์พลังงาน ในทางกลับกัน เมื่อวัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้รับกระแสไฟฟ้จะเกิดการยืดหดตัวเองได้ ขนาดของการยืดหดขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ได้รับ คือการเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล

ปัจจุบันวัสดุเพียโซอิเล็กทริกถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์ได้หลากหลายชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เช่น การประยุกต์ใช้งานในด้านวิศวกรรมชีวการแพทย์ โดยการนำเซนเซอร์เพียโซอิเล็กทริกไปใช้กับตัววัดคลื่นเสียงของหัวใจ (ไมโครโฟน), ตัวรับสัญญาณของเครื่องอัลตราซาวด์ Quartz crystal microbalance (QCM) ที่มีการประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดสารชีวโมเลกุลจำนวนมาก, ตัวตรวจวัดแรง, เครื่องวัดความดันโลหิต (IOP), ทำกาางงงโยเทคแจ้งเตือนการทกล้ม (Knock Screen), หรือตามห้างสรรพสินค้า ไร่ รุมต่างๆ ร้านค้าร้านอาหาร และอื่นๆ แล้วแต่ว่าจะไปประยุกต์ เป็นต้น

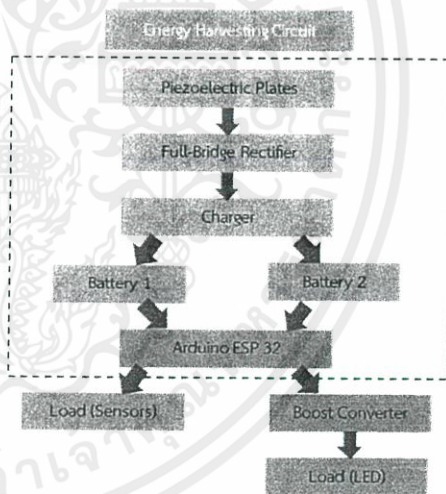
ปริญญาวิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก เนื่องจากเป็นวัสดุที่ผลิตไฟฟ้าได้หลากหลายการใช้งาน และยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก จึงได้นำมาศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะ และหลักการทำงานเพื่อที่จะนำมาใช้ประโยชน์ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด ประกอบกับในปัจจุบันการออกก้าลังกายและการรักษาสุขภาพกำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในสภาพสังคมทุกวัย จักรยานเป็นหนึ่งในทางเลือกของการออกก้าลังกาย จึงได้มีแนวคิดนำเพียโซอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้เริ่มจากการดัดแปลงจักรยานแม่บ้าน ซึ่งเป็นจักรยานเปล่าที่มีเพียงตัวจักรยาน โดยนำพลังงานที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์จากการปั่นจักรยานมาแปลงให้อยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า ใช้ร่วมกับวงจรที่ออกแบบไว้ พลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเป็นไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งไม่สามารถเก็บเข้าแบตเตอรี่หรือใช้งานกับโหลดได้โดยตรง จึงต้องอาศัยวงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และวงจรแปรผันก้าลังทางไฟฟ้า (Regulator) เพื่อช่วยให้แรงดันที่ได้มีความเรียบมากขึ้น แล้วจึงนำบางส่วนมาใช้ในการเป็นวงจรไฟเลี้ยงอุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆ ในรถจักรยานไฟฟ้าและหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ล้รอก ซึ่งช่วยในการมองเห็นตอนกลางคืน จากเดิมที่จักรยานแม่บ้านไม่มีไฟและนำบางส่วนมาเก็บลงในแบตเตอรี่เพื่อใช้จ่ายโหลดอื่นๆ ในยามฉุกเฉินได้

2. การออกแบบจักรยานเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริก

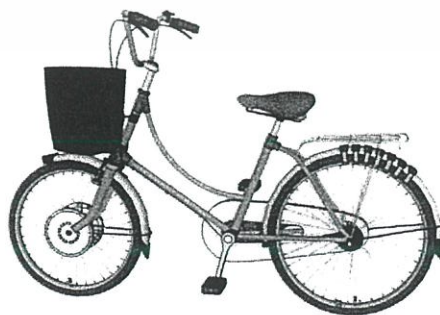
คณะผู้จัดทำได้ออกแบบให้เพียโซอิเล็กทริกผลิตพลังงานผ่านการสั่นโดยใช้แม่เหล็กเป็นตัวช่วย และได้ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกไว้ด้วยกันสองตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณดุมล้อหน้าของจักรยาน 2 ข้าง ข้างละ 8 แผ่นและบริเวณบังโคลนของจักรยานจำนวน 14 แผ่น ส่วนโมเดลสำหรับติดแม่เหล็กและเพียโซอิเล็กทริกได้มาจากการพิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์สามมิติ

ในส่วนของกล่องควบคุมบริเวณตะกร้าหน้ารถของจักรยาน ได้ทำการติดตั้งวงจรทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกประกอบไปด้วย วงจรชาร์จเจอร์ (Charger), อาคูโนรุ่น ESP 32, แบตเตอรี่จำนวน 2 ก้อนและวงจรทบแรงดัน (Boost Converter) เพื่อจ่ายให้กับโหลดแอลอีดีในส่วนของไฟบริเวณล้อรถจักรยาน

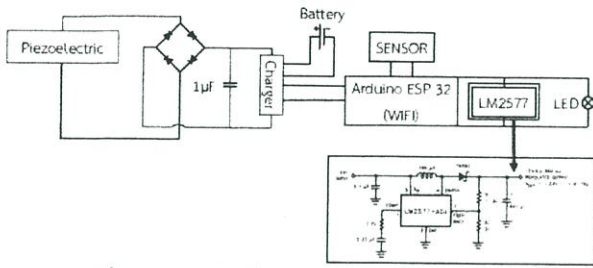
แผนภาพดังแสดงในรูปที่ 1 เป็นแผนภาพวงจรการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก ซึ่งเป็นการนำไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเชื่อมต่อกับวงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อแปลงค่าสัญญาณไฟฟ้าจากสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นนำสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ต่อเข้ากับตัวเก็บประจุ (Capacitor) เพื่อลดแรงดันไฟฟ้ากระแสเพือม (Ripple voltage) ให้กับแรงดันไฟฟ้าด้านออก ต่อวงจรดังกล่าวเข้าไปยังตัวชาร์จแบตเตอรี่แล้วเก็บพลังงานลงแบตเตอรี่ 2 เซลล์ ทำหน้าที่เก็บพลังงานและจ่ายโหลดสลับกันโดยการควบคุมผ่านอาคูโนรุ่น ESP 32 ซึ่งเป็นรุ่นที่ใช้ไว้ใน การควบคุมผ่านแอปพลิเคชันทางโทรศัพท์ ส่วนในด้านการนำไปใช้งานจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นเซนเซอร์วัดค่าจะถูกควบคุมโดยตรงผ่านอาคูโน ส่วนที่เป็นไฟแอลอีดีบริเวณล้อหน้าของจักรยานจะผ่านวงจรทบระดับแรงดัน (Boost Converter) เพื่อเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการจ่ายให้กับโหลดแอลอีดี



รูปที่ 1 แผนภาพวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก



รูปที่ 2 แบบจำลองจักรยาน



รูปที่ 3 รูปวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริก

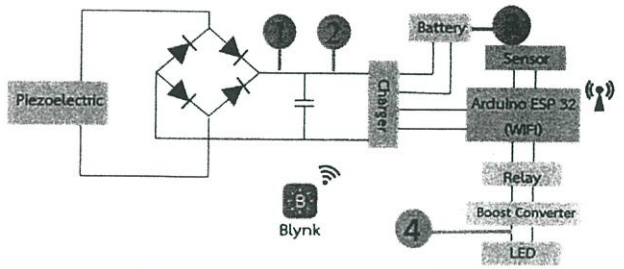
การเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเริ่มจากการที่แผ่นเพียโซอิเล็กทริกเกิดการสั่นจากแรงของแม่เหล็ก ผ่านวงจรเรียงกระแส (Full-Bridge Rectifier) รุ่น W04M รองรับแรงดันได้สูงสุด 280 โวลต์ จากไฟฟ้ากระแสสลับออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงต่อเข้ากับตัวเก็บประจุขนาด 1µF ทำให้สามารถลดแรงดันกระเพื่อม (Ripple Voltage) ได้ จากนั้นเก็บพลังงานที่ได้เข้าตัวชาร์จเจอร์สำหรับแบตเตอรี่ชนิดลิเทียม รับไฟเข้าที่ 4.5 ถึง 8 โวลต์ ซึ่งอยู่ในช่วงแรงดันเฉลี่ยที่เพียโซอิเล็กทริกสามารถผลิตได้และแปลงไฟขึ้นที่สามารถปรับค่าเอาต์พุตได้ 4.5 ถึง 18 โวลต์เพื่อส่งไปเก็บพลังงานไว้ที่แบตเตอรี่ลิเทียมจำนวน 1 ก้อนขนาด 5 โวลต์ โดยแบตเตอรี่จะใช้เป็นตัวจ่ายไฟให้กับเซนเซอร์ต่างๆ ซึ่งถูกควบคุมโดยบอร์ดอาคูโมรุ่น ESP32

ในส่วนของการควบคุมโหลดนั้น จะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่สามารถจ่ายโดยตรงได้เลยเนื่องจากเป็นเซนเซอร์ที่รับไฟ 5 โวลต์ และส่วนที่ต้องผ่านวงจรทบทแรงดัน (Boost Converter) รุ่น LM2577 สามารถยกระดับแรงดันจาก 3.5 - 30 โวลต์ไปเป็น 4-30 โวลต์ สามารถปรับค่าแรงดันด้านเอาต์พุตออกได้ตามต้องการโดยการปรับค่าตัวต้านทานและสามารถรับกระแสได้สูงสุด 3 แอมป์ สำหรับวงจรที่ออกแบบให้ด้านเอาต์พุตออกมาเพื่อรองรับสำหรับการจ่ายไฟแอลอีดี 12 โวลต์

ในการใช้แบตเตอรี่เพื่อจ่ายโหลด ได้ทำการออกแบบใช้แบตเตอรี่เพียงตัวเดียว เพื่อลดความยุ่งยากและซับซ้อนในวงจร ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดการทำงานของแบตเตอรี่ได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ ในกรณีใช้แบตเตอรี่ตัวเดียวจะได้เปรียบในเรื่องของการใช้งานง่ายขึ้น

3. การทดลอง

ในการทดลองเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกโดยจะเก็บค่าแรงดันไฟฟ้าเทียบเวลา โดยการปั่นจักรยานต่อเนื่องเป็นเวลา 3 นาทีและวัดแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ โดยกำหนดให้ระยะห่างระหว่างแม่เหล็กกับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่บริเวณคัมล้อหน้าเท่ากับ 2.2 เซนติเมตร และบริเวณบังโคลนล้อหลัง 1.3 เซนติเมตร โดยกำหนดความเร็วรอบในการปั่นที่ 30, 60 และ 90 รอบต่อนาที และมีการเก็บค่าแรงดันเฉลี่ยกระแสและกำลังไฟฟ้าที่บริเวณทั้ง 4 ตำแหน่งของการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตำแหน่งการทดลองการวัดแรงดันไฟฟ้า

- ตำแหน่งที่ 1 : แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้า
- ตำแหน่งที่ 2 : แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังตัวเก็บประจุ
- ตำแหน่งที่ 3 : แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังแบตเตอรี่
- ตำแหน่งที่ 4 : แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหลังวงจรทบทแรงดัน

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

3.1 การทดลองเพื่อหาจุดติดตั้งเพียโซอิเล็กทริก

เป็นการทดลองตามตำแหน่งต่างๆ ว่าตำแหน่งใดสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีและเหมาะสมมากที่สุด มีทั้ง 6 ตำแหน่งคือ คุมล้อ, เบาะนั่ง, โครมรด, ตะกร้าน้ำรด, คอรด, และบังโคลน



รูปที่ 5 ตำแหน่งในการติดตั้งเพียโซอิเล็กทริก

3.2 การทดลองเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณีรวมวงจรล้อหน้าและล้อหลัง

เป็นการทดลองเก็บค่ากรณีรวมวงจรเพียโซอิเล็กทริกทั้งล้อหน้าและล้อหลังเข้าด้วยกันโดยการปั่นจักรยานเคลื่อนที่ เป็นการทดลองเพื่อเก็บค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ค่ากระแสและค่ากำลังที่ได้จากการปั่นจักรยานจะเป็นการทดลองว่าวงจรเพียโซอิเล็กทริกที่รวมวงจรทั้งสองล้อเข้าด้วยกันแล้วให้ค่ากำลังไฟฟ้าน้อยเพียงใด ทำการเก็บค่า ณ ความเร็วในการปั่นที่ 30, 60 และ 90 รอบต่อนาที แล้วนำมาเปรียบเทียบผลของแรงดันที่ได้ที่ตำแหน่งต่างๆ 4 ตำแหน่งที่พื้นผิวนการปั่นแบบเรียบ และน้ำหนักผู้ปั่นจักรยาน 70 กิโลกรัม

3.2.1 การเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณีเปรียบเทียบพื้นถนน

การทดลองเก็บค่ากรณีรวมวงจรเพียโซอิเล็กทริกทั้งล้อหน้าและล้อหลังเข้าด้วยกันโดยการปั่นจักรยานที่บริเวณพื้นผิวนถนนต่างๆ 3 พื้นผิว เป็นการทดลองเพื่อเก็บค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ค่ากระแสและค่ากำลังที่ได้จากการปั่นจักรยาน เพื่อดูผลของความแตกต่างระหว่าง

พื้นถนนมีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มากน้อยเพียงใด ทำการเก็บค่า
ณ ความเร็วในการปั่นที่ 30, 60 และ 90 รอบต่อนาทีโดยวัดค่าที่ตำแหน่งที่
2 ในรูปที่ 4 แล้วนำมาเปรียบเทียบผลของแรงดันที่ได้จากพื้นผิวถนนต่างๆ
3 รูปแบบ โดยใช้น้ำหนักผู้ปั่นจักรยาน 70 กิโลกรัม

การทดลองนี้จะเปรียบเทียบการขี่จักรยานที่พื้นผิวถนนต่างกัน
สามรูปแบบ ดังนี้

ผิวถนนแบบที่ 1 : พื้นเรียบ ถนนทั่วไป

ผิวถนนแบบที่ 2 : ผิวขรุขระเล็กน้อยบริเวณลานจอดรถมีกรวด
ปนเล็กน้อย

ผิวถนนแบบที่ 3 : ผิวขรุขระอย่างมากบริเวณหินและกรวด

3.2.2 การเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณี เปรียบเทียบน้ำหนักของโหลด

การทดลองเก็บค่ากรณีรวมวงจรรวมเพียโซอิเล็กทริกทั้งสี่หน้าและ
สี่หลังเข้าด้วยกันการปั่นจักรยานโดยใช้น้ำหนักของโหลด (ผู้ขี่จักรยาน)
แตกต่างกัน 3 ช่วงเพื่อดูผลของน้ำหนักโหลดต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีความ
แตกต่างกันน้อยเพียงใด เป็นการทดลองเพื่อเก็บค่าแรงดันไฟฟ้า
กระแสตรง ค่ากระแสและค่ากำลังที่ได้จากการปั่นจักรยาน ทำการเก็บค่า
ณ ความเร็วในการปั่นที่ 30, 60 และ 90 รอบต่อนาทีโดยวัดค่าที่ตำแหน่งที่
2 ในรูปที่ 4 แล้วนำมาเปรียบเทียบผลของแรงดันที่ได้จากน้ำหนักของโหลด
3 ช่วงโดยวัดจากการปั่นจักรยานบนพื้นผิวเรียบ

การทดลองนี้จะใช้น้ำหนักของผู้ปั่นจักรยานสามช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 : น้ำหนัก 40 - 50 กิโลกรัม

ช่วงที่ 2 : น้ำหนัก 50 - 65 กิโลกรัม

ช่วงที่ 3 : น้ำหนัก 65 - 80 กิโลกรัม

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองวัดค่าทางไฟฟ้าในกรณีติดเพียโซอิเล็กทริกบริเวณ ต่างๆ บนจักรยาน กรณีปั่นอยู่กับที่

ตารางที่ 1 แรงดันที่วัดได้ ณ ตำแหน่งต่างๆ

ตำแหน่ง	จำนวนเพียโซ อิเล็กทริก	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	แรงดันสูงสุด (โวลต์)
คุมล้อ	6 แผ่น (ขนาน)	5.64	23.3
เบาะนั่ง	1 แผ่น	0.126	1.38
โครงรถ	2 แผ่น (ขนาน)	0.035	0.150
ตะกร้า หน้ารถ	1 แผ่น	0.119	1.17
คอรถ	2 แผ่น (ขนาน)	1.28	4.3
บังโคลน	14 แผ่น (ขนาน)	7.83	10.21

จากการทดลองพบว่า บริเวณคุมล้อและบริเวณบังโคลนคือ
ตำแหน่งในการติดตั้งเพียโซอิเล็กทริกที่เหมาะสมที่สุด เพราะสามารถติดตั้ง
ได้เป็นจำนวนมากและให้แรงดันมาก

4.2 ผลการเก็บเกี่ยวพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกรณีรวม วงจรรวมสี่หน้าและสี่หลัง

ตารางที่ 2 ค่าทางไฟฟ้าที่ได้จากการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่างๆ

ตำแหน่งการวัด		ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)		
		30	60	90
1	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	4.48	7.83	6.21
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.64	1.01	0.70
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	2.89	8.49	4.33
2	แรงดันเฉลี่ย (โวลต์)	8.54	11.49	9.73
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.88	1.18	0.95
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	7.53	13.59	9.20
3	แรงดัน (โวลต์)	3.8	3.8	3.8
	กระแส (มิลลิแอมป์)	1.46	1.46	1.46
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	5.55	5.55	5.55
4	แรงดัน (โวลต์)	10	10	10
	กระแส (มิลลิแอมป์)	0.5	0.5	0.5
	กำลังไฟฟ้า (มิลลิวัตต์)	5	5	5

จากตารางที่ 2 เป็นการทดลองกรณีที่ปั่นจักรยาน ณ ความเร็ว
รอบของทั้งสี่หน้าและสี่หลัง 30, 60 และ 90 รอบต่อนาทีแล้วทำการ
เก็บค่าด้วยมัลติมิเตอร์ ค่าที่ได้จากตารางเป็นค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า
กระแสตรง ในส่วนของกระแสวัดจากการต่อผ่านโหลด (ในที่นี้คือ
ตัวต้านทานขนาด 1,000 โอห์ม) หากมีการปั่นจักรยานจะทำให้แม่เหล็ก
ขั้วเดียวกันหันเข้าหากันเกิดการผลักกันขึ้น จะเห็นว่าแรงดันในช่วง
ความเร็ว 60 รอบต่อนาทีให้กำลังไฟฟ้ามากที่สุดทั้งตำแหน่งที่ 1 และ 2
(สังเกตได้ว่าตำแหน่งที่ 2 จะสามารถผลิตกำลังได้มากกว่าตำแหน่งที่ 1
เนื่องจากการเก็บสะสมเข้าตัวเก็บประจุทำให้ได้กำลังออกมามากกว่า)

ทั้งนี้การปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบสูงจะก่อให้เกิดการเคลื่อน
ผ่านของแม่เหล็กที่ตามจำนวนรอบที่หมุน ยิ่งความเร็วรอบสูงยิ่งผลิต
กำลังไฟฟ้าได้มาก แต่ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านความถี่ วัสดุเพียโซอิเล็กทริก
วัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 150 - 200
เฮิร์ตซ์ทำให้การสั่นโดยใช้แรงแม่เหล็กเป็นตัวกระทำ ณ ความเร็วที่ 30 และ
90 รอบต่อนาทีไม่อยู่ในขอบเขตของเพียโซอิเล็กทริก จึงจำเป็นต้องเว้น
ระยะเวลาให้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกสั่นด้วยความถี่ดังกล่าวช่วงเวลาหนึ่ง ทำ
ให้ในช่วง 90 รอบต่อนาทีมีการผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อยเนื่องจากแรง
แม่เหล็กออกแรงผลักวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเร็วเกินที่จะทำให้วัสดุผลิต
กำลังไฟฟ้าออกมาในช่วงความถี่ที่เหมาะสม ส่วนในช่วง 30 รอบต่อนาที
มีการผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อยเนื่องจากเกิดการสั่นน้อย ไม่ถึงในช่วงความถี่ที่
สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าออกมาได้มาก

ส่วนในตำแหน่งที่ 3 และ 4 เป็นช่วงที่มีการต่อเข้าแบตเตอรี่และ
วงจรรวมสี่หน้า จึงทำให้ค่าที่ได้ออกมานั้นมีค่าคงที่ทุกความเร็วรอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ต่างๆ ภายในรถจักรยาน

ในที่นี้จะแสดงการเขียนโปรแกรมเพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในรถจักรยาน ซึ่งจะสามารถเปิด-ปิดทั้งตัวบอร์ดอาดูโน่และหลอดไฟแอลอีดี รวมทั้งเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่ติดไว้ที่ตัวรถจักรยานทั้งหมด โดยเซ็นเซอร์ที่ทำการเลือกนั้นมีประโยชน์ต่อผู้ใช้จักรยาน คือ เซ็นเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิรุ่น DHT 11, เซ็นเซอร์ตรวจจับแก๊สพิษ (MQ 135), เซ็นเซอร์วัดระยะทาง (Ultrasonic) และรีเลย์เพื่อใช้ควบคุมการเปิดปิดไฟบริเวณล้อของจักรยาน

โปรแกรมในบอร์ดอาดูโน่ ESP32

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <SimpleDHT.h>
```

ประกาศ library

```
char auth[] = "8329778578de4c0da6098972fa386b41";
char ssid[] = "Project2019";
char pass[] = "";
```

ตั้งค่าการเชื่อมต่อแบบไร้สาย

```
int LEDPIN = 4;
int DHTSENSOR = 14;
int Relay1 = 2;
int LEDDPin = 12;
int Relay5 = 34;
int sensorValue;
```

```
bool isFirstConnect = true;
```

ตั้งค่าอินพุตและประกาศตัวแปร

```
#define Trig_PIN 17 // Pin connect to Trig pin
#define Echo_PIN 16 // Pin connect to Echo pin
#define Widget_Ultrasonicstatus V4
#define Widget_RelayButton V6
WidgetLED LEDSensor(Widget_Ultrasonicstatus);
SimpleDHT11 dht11(DHTSENSOR);
BlynkTimer timer;
```

```

void sendSensor()
{
  byte temperature = 0; //กำหนดตัวแปรเก็บค่าอุณหภูมิ
  byte humidity = 0; //กำหนดตัวแปรเก็บค่าความชื้นสัมพัทธ์
  dht11.read(DHTSENSOR, &temperature, &humidity, NULL);
  while (temperature == 0) {
    dht11.read(DHTSENSOR, &temperature, &humidity, NULL);
    Serial.println("DHT11 get failed");
    delay(1500);
  }
  Blynk.virtualWrite(V1, humidity); //ส่งค่า humidity V1 ไปยัง blynk server
  Blynk.virtualWrite(V2, temperature); //ส่งค่า temp V2 ไปยัง blynk server
  Serial.print("Humidity: ");
  Serial.print(humidity);
  Serial.print("% | ");
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(temperature);
  Serial.println("C");
}

```

ฟังก์ชันการวัดความชื้น
และอุณหภูมิ

```

void Ultrasonic()
{
  digitalWrite(Trig_PIN, LOW);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(Trig_PIN, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(Trig_PIN, LOW);
  unsigned int PulseWidth = pulseIn(Echo_PIN, HIGH);
  unsigned int distance = PulseWidth * 0.0173681;

  if (distance <= 100)
  {
    digitalWrite(LEDDEPin, HIGH);
    LEDSensor.on();
  }
}

```

ฟังก์ชันการวัดระยะทางและการแจ้ง
เตือนไปยังไฟรถล้อหน้า

```

else
{
digitalWrite(LEDDPin, LOW);
LEDSensor.off();
}

Blynk.virtualWrite(V3, distance);
Serial.print("Distance is ");
Serial.print(distance);
Serial.println(" cm.");
delay(100);
}

```

ฟังก์ชันการวัดระยะทางและการแจ้ง
เตือนไปยังไฟรล้อหน้า (ต่อ)

```

BLYNK_CONNECTED() {
if (isFirstConnect) {
//ให้ซิงค์ข้อมูลทั้งหมดล่าสุดจาก Blynk Server
Blynk.syncAll();
//ให้ซิงค์สถานะของขา Virtual V6
Blynk.syncVirtual(V6);
isFirstConnect = false;
}
}
BLYNK_WRITE(V6)
{
if (param.asInt() == 1 )
{
Serial.println("State = doRelayA");
digitalWrite(Relay1, HIGH);

Serial.println("on Relay1 and Relay2 :");

delay(1000);
}
}

```

ฟังก์ชันการเปิดปิดวงจรทั้งหมด

```

else
{
  Serial.println("State = doRelayB");
  digitalWrite(Relay1, LOW);
  delay(1000);

  Serial.println("on Relay3 and Relay4 :");
}
}

```

ฟังก์ชันการเปิดปิดวงจรทั้งหมด(ต่อ)

```

void PPM()
{
  sensorValue = analogRead(39);
  Serial.print("AIR CO2 = ");
  Serial.print (sensorValue, DEC);
  Serial.println ("PPM");
  Blynk.virtualWrite(V7, sensorValue);
  delay (1000);
}

```

ฟังก์ชันวัดค่าปริมาณแก๊สพิษ

```

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass, "blynk.honey.co.th", 8080);
  while(Blynk.connected() == false) {
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("Blynk connect");
  pinMode(Trig_PIN, OUTPUT);
  pinMode(Echo_PIN, INPUT);
  pinMode(LEDDPin, OUTPUT);
  pinMode(Relay1, OUTPUT);
  pinMode(Relay5, OUTPUT);
  digitalWrite(Relay5, LOW);
  timer.setInterval(5000L, sendSensor);
  timer.setInterval(5000L, Ultrasonic);
  timer.setInterval(5000L, PPM);
}

```

ฟังก์ชันการตั้งค่าโปรแกรม

```
}  
void loop() {  
  Blynk.run();  
  timer.run();  
}
```

ฟังก์ชันหลัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวชกร ใจสม

วัน เดือน ปี เกิด 15 พฤศจิกายน 2539

ที่อยู่ 198/17 หมู่ที่ 1 ตำบล ศาลายา

อำเภอ พุทธมณฑล นครปฐม 73170

ติดต่อ 062-339-0090, koacha@windowslive.com



ชื่อ-นามสกุล นายเจือ วงษ์เนตร

วัน เดือน ปี เกิด 11 ตุลาคม 2539

ที่อยู่ 219/18 หมู่ที่ 3 หมู่บ้าน สิริยญา ชัมเมอร์ ฮิลล์

ตำบล ถนนใหญ่ อำเภอ เมืองลพบุรี ลพบุรี 15000

ติดต่อ 086-128-9414, juer_14@hotmail.com



ชื่อ-นามสกุล นางสาวชนชญาณ์ ยุทธณรงค์

วัน เดือน ปี เกิด 4 เมษายน 2540

ที่อยู่ 94/126 ซอย สุวินทวงศ์ 38 แขวงลำผักชี

เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

ติดต่อ 086-392-2504, cyuthanarong@gmail.com



ชื่อ-นามสกุล นายชยณัฐ โสติดิยาภัย

วัน เดือน ปี เกิด 13 มกราคม 2540

ที่อยู่ 48/753 ซอย นิมิตรใหม่ 40 แขวงสามวาตะวันออก

เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ 10510

ติดต่อ 0937353838, Chayanut_Sottiyaphai@hotmail.com