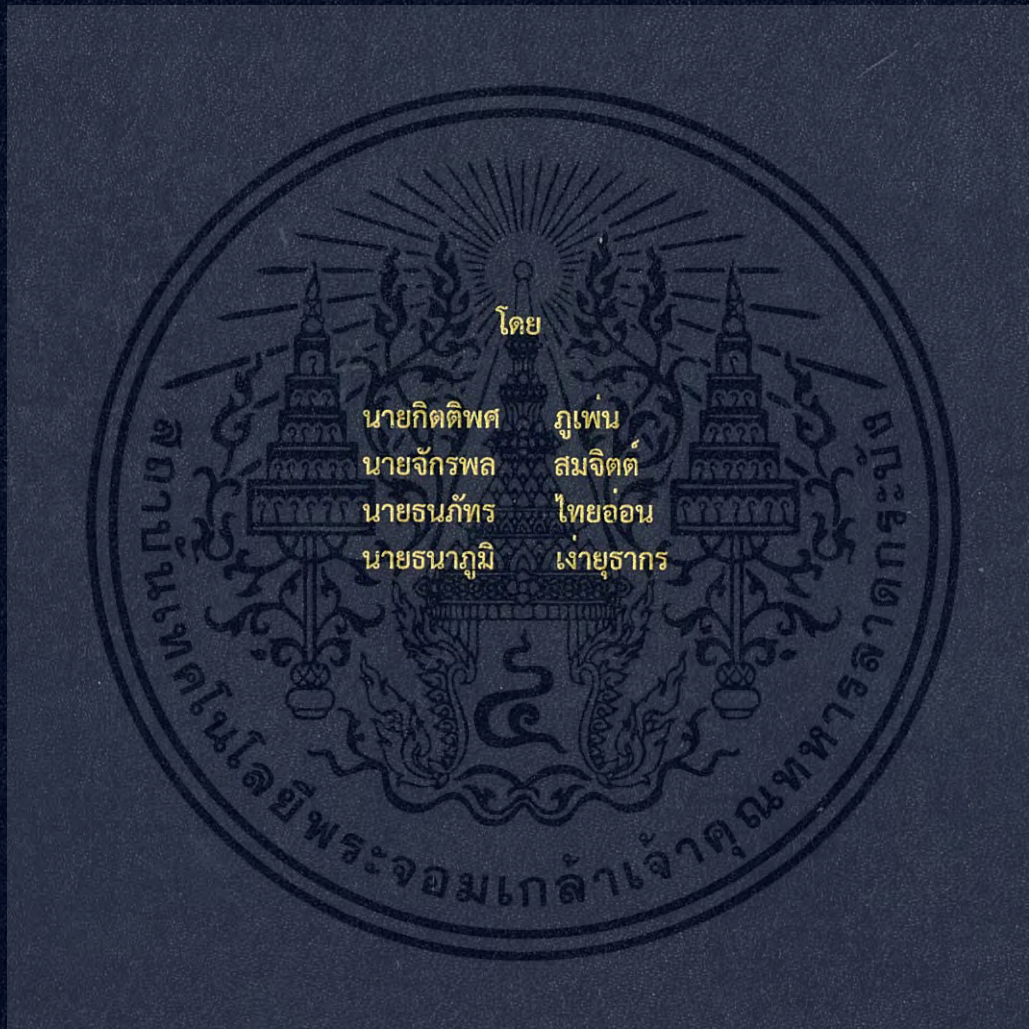
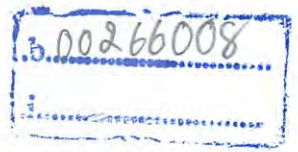


การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางม้าลาย
DEVELOPMENT OF POWER GENERATION FLOORING USING
PIEZOELECTRIC MATERIAL FOR CROSSWALK



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางม้าลาย
DEVELOPMENT OF POWER GENERATION FLOORING USING
PIEZOELECTRIC MATERIAL FOR CROSSWALK



TB00216

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF POWER GENERATION FLOORING USING PIEZOELECTRIC MATERIAL
FOR CROSSWALK



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
2017

ปีการศึกษา 2560

การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางม้าลาย

DEVELOPMENT OF POWER GENERATION FLOORING USING PIEZOELECTRIC MATERIAL
FOR CROSSWALK



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน

รศ.ดร.อรรถพล เง่าพิทักษ์กุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาพื้นที่กำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางม้าลาย

ผู้จัดทำ

1. นายกิตติพิศ ภูเฟ้น
2. นายจักรพล สมจิตต์
3. นายธนภัทร ไทยอ่อน
4. นายธนาภูมิ เสง่ายุทธากร



..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล เสง่าพิทักษ์กุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางม้าลาย

นายกิตติพิศ ภูเพ่น

นายจักรพล สมจิตต์

นายธนภัทร ไทยอ่อน

นายธนาภูมิ เถาอยู่ธากร

ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.อรรถพล เสาพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งพลังงานที่ช่วยอำนวยความสะดวกและใช้สร้างความปลอดภัยในการดำเนินชีวิต จนเริ่มเกิดปัญหาขาดแคลนทรัพยากรสำหรับผลิตไฟฟ้า ทำให้พลังงานไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จึงต้องมีการหาพลังงานทางเลือกใหม่ ซึ่งจะช่วยให้มีพลังงานใช้อย่างเพียงพอ และลดการสิ้นเปลืองทรัพยากรสำหรับผลิตไฟฟ้าที่ใช้แล้วหมดไป

ผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบพื้นกำเนิดพลังงานด้วยแผ่นเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางม้าลาย โดยจำลองสำหรับพื้นถนนบริเวณทางม้าลาย ซึ่งอาศัยปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกเปลี่ยนพลังงานทางกลเป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อแผ่นเพียโซมีการงอตัวจะมีพลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้น แต่ข้อจำกัดของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเป็นวัสดุเปราะบาง จึงออกแบบเป็นคานและติดบานพับให้ข้างหนึ่งเป็นจุดหมุนเพื่อกดทับให้แผ่นเพียโซงอตัวให้พอดีกับระยะการงอตัวก่อนที่จะแตกหัก และติดสปริงไว้ที่ด้านปลายเพื่อให้มีการสั่นครบรอบต่อการกดหนึ่งครั้ง

ในการทำงานขณะรถยนต์วิ่งผ่านพื้นกำเนิดพลังงาน พลังงานไฟฟ้าที่ได้จะเก็บสะสมผ่านวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานชาร์จ์เข้าแบตเตอรี่เพื่อใช้งานโพลดแสงสว่าง สำหรับการส่งสัญญาณข้ามถนนเมื่อมีคนกดสัญญาณข้ามและส่องสว่างให้กับทางม้าลาย

โครงการนี้จะช่วยลดการใช้ทรัพยากรสำหรับผลิตไฟฟ้า สร้างความปลอดภัยให้กับคนเดินเท้าในตัวเมืองและสถานที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of power generation flooring using piezoelectric material for crosswalk

Mr.Gittipot Phuphen

Mr.Jakkapol Somjit

Mr.Thanaphat Thaion

Mr.Tanaphum Ngaoyutakorn

Asst.Prof.Dr.Chaiyan Jettanasen Advisor

Assoc.Prof.Dr.Atthapot Ngaopitakkul Co-Advisor

ABSTRACT

Presently, the global energy consuming is increasing dramatically, including the energy which is used for convenience, facility and security in our life. Therefore, it will cause the insufficient electrical energy.

Due to the lacking of energy source, we must find a new alternative energy for balancing this problem. Hence, in this project, we propose to design piezoelectric harvesting floor applied on crosswalk. We simulate it as a model and do an actual experiment on road.

The electrical energy obtained here is produced from the piezoelectric phenomenon by converting mechanical energy into electrical energy. While piezoelectric beam is being bent, it will have electrical energy generation. As it has a brittle structure, we try to transform the model similar to a shape of shaft, make a pivot point at the opposite side and install some springs under the shaft in order to extend its durability.

The harvested energy from automobile will be kept through harvesting circuit then charged to battery for using in lighting system of traffic light.

This model will help to decrease the consuming of electrical energy and better safety for people who would like to cross the street at night.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการช่วยเหลือจากหลายท่านซึ่งไม่อาจนำมา กล่าวได้ทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน และ รศ.ดร.อรรถพล เจริญพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้ความรู้ ข้อแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อ โครงการมาด้วยดีตลอด และได้ตรวจแก้ไขปริญญาานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดีด้วยความเอา ใจใส่ในทุกขั้นตอน

ขอขอบคุณรุ่นพี่ที่ศึกษาในระดับปริญญาโทและปริญญาเอก ที่ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ในการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในการทำโครงการครั้งนี้ ทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในห้องโปรเจค ทุกคนที่ให้ยืมอุปกรณ์ ให้คำแนะนำและตรวจทานในการ พิมพ์รูปเล่มปริญญาานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณนายธนาียง ตติวรรณรัตน์ ที่ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหา และให้ยืมอุปกรณ์ ใน การสร้างวงจรสำเร็จ

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบคุณ บิดา มารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนในด้าน การเงินและกำลังใจ ตลอดจนจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงการครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	7
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน	7
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	8
1.5 แผนการดำเนินงาน	9
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	10
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	11
2.1 เพียโซอิเล็กทริก	11
2.2 วงจรเรียงกระแส	12
2.3 วงจรทอนระดับแรงดัน	13
2.3.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจรบั๊กคอนเวอร์เตอร์	13
2.3.2 หลักการทำงานของวงจรบั๊กคอนเวอร์เตอร์	13
2.4 วงจรทบระดับแรงดัน	15
2.4.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	15
2.4.2 หลักการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	16
2.4.3 ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบการเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริก	19
3.1 การออกแบบพื้นที่กำเนิดพลังงาน	19
3.2 วงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	24
3.3 การออกแบบภาระทางไฟฟ้า	26
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	33
4.1 ประสิทธิภาพของวงจรชาร์จ	33
4.2 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากตำแหน่งการกดสเปสบาร์เพียโซอิเล็กทริกที่ต่างกัน	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผลการทดลอง	45
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	45
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก บทความวิชาการ	53
ภาคผนวก ข วงจรชาร์จแบตเตอรี่	59
ภาคผนวก ค วงจรทบแรงดัน	62
ภาคผนวก ง วงจรเรียงกระแส	64
ประวัติผู้เขียน	66

สารบัญญรูป

รูปที่	หน้าที่
1.1(ก) แสดงแนวความคิดของโครงการนี้	6
1.1(ข) แสดงการทำงานในเวลากลางวัน	6
1.1(ค) แสดงการทำงานในเวลากลางคืน	7
1.2 แสดงระยะของชั้นบนบริเวณทางม้าลาย	8
2.1 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดต่อกับโหลดตัวต้านทาน	12
2.2 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า	12
2.3 วงจรบั๊กคอนเวอร์เตอร์	13
2.4 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส	13
2.5 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส	14
2.6 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	15
2.7 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส	16
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขยายแรงดันกับค่าดีวีดี	17
2.9 กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ	18
3.1 แสดงแบบจำลองพื้นที่กำเนิดพลังงานเพียโซอิเล็กทริก	19
3.2(ก) แสดงการออกแบบ สเปสบาร์เพียโซอิเล็กทริก	20
3.2(ข) แสดงส่วนประกอบภายในของชิ้นงานที่ออกแบบ	20
3.2(ค) ชิ้นงานจำลอง ขนาดกว้าง 0.35 เมตร ยาว 2.4 เมตร	21
3.2(ง) โครงสร้างภายในชิ้นงานจำลองที่ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกแบบต่อขนาน	21
3.3(ก) แสดงระยะของโครงสร้างบริเวณฐาน	21
3.3(ข) แสดงระยะของโครงสร้างบริเวณรับแรงกด	22
3.3(ค) แสดงการทำงานเมื่อรับแรงกดจากรถ ทำให้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกงอตัว	22
3.3(ง) แสดงการทำงานเมื่อสปริงยกตัว ทำให้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกงอตัวกลับไปจุดเริ่มต้น	22
3.4 แสดงการขั้นตอนการทำงานของวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5	วงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน	24
3.6	สัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากการทดสอบกระโดดทับชิ้นงาน กรณีปราศจากภาระไฟฟ้า	25
3.7	แสดงการติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสงตามแนวคิด	26
3.8	แสดงการหลักการการทำงานของภาระไฟฟ้าของโครงการนี้	27
3.9	วงจรภาระทางไฟฟ้า	28
3.10	วงจรควบคุม	28
3.11	ส่วนประกอบภายในกล่องควบคุม	31
3.12	ภาระทางไฟฟ้า ปุ่มกดขอสัญญาณไฟข้ามถนน และกล่องควบคุม	32
4.1	ตัวอย่างการต่อวงจรของการทดลองที่ 4.1	33
4.2	การต่อวงจรตามรูปที่ 4.1	33
4.3	การทดลองจริงเพื่อหาประสิทธิภาพของวงจรซาร์จ	34
4.4	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านเข้าครั้งที่ 1	35
4.5	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านเข้าครั้งที่ 2	35
4.6	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านเข้าครั้งที่ 3	35
4.7	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านออกครั้งที่ 1	36
4.8	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านออกครั้งที่ 2	36
4.9	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านออกครั้งที่ 3	37
4.10	ตำแหน่งการกดสเปสบาร์เพียโซอิเล็กทริก	38
4.11	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมซ้ายครั้งที่ 1	39
4.12	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมซ้ายครั้งที่ 2	39
4.13	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมซ้ายครั้งที่ 3	40
4.14	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งกลางครั้งที่ 1	40
4.15	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งกลางครั้งที่ 2	41
4.16	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งกลางครั้งที่ 3	41
4.17	คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมขวาครั้งที่ 1	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำไว้สำหรับดูตัวอย่าง ซึ่งอาจมีข้อผิดพลาดและไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.18 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมขวาครั้งที่2	42
4.19 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมขวาครั้งที่3	43
4.20 ตัวอย่างการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า	43
4.21 ตัวอย่างการคำนวณค่าพลังงาน	44



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
1.1 บทงานวิจัยที่ศึกษา	2
1.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	9
4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองหาประสิทธิภาพของวงจรจาร์จ	34
4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองหาค่าลิ่งไฟฟ้าที่ได้จากตำแหน่งการที่ต่างกัน	38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีในปัจจุบันนั้นพยายามค้นหา วิจัย และพัฒนาด้านพลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทนมาใช้ประโยชน์เพื่อลดภาระการใช้พลังงานหลักจากธรรมชาติที่ใกล้หมดลง ดังนั้นการศึกษาด้านพลังงานทดแทนจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีหลายรูปแบบ เช่น วัสดุเพียโซอิเล็กทริก เป็นวัสดุที่สามารถเปลี่ยนพลังงานทางกลเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ได้หลากหลายด้าน ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงสนใจที่จะลองนำมาศึกษาประยุกต์ใช้กับทางม้าลายโดยการสร้างพื้นกำเนิดพลังงานด้วยวัสดุเพียโซอิเล็กทริกขึ้นมา แล้วนำไปติดตั้งบนพื้นถนนติดกับทางม้าลาย และเก็บพลังงานจากรถยนต์ที่วิ่งสัญจรไปมา นำพลังงานที่ได้มาสะสมในแบตเตอรี่ เพื่อใช้จ่ายให้กับอุปกรณ์แสงสว่างในการส่งสัญญาณจราจรและส่องสว่างให้กับบริเวณทางม้าลายในเวลากลางคืน พลังงานที่ป้อนให้กับระบบจะเป็นลักษณะของพลังงานการสั่นสะเทือนความถี่ต่ำจากการจราจรบนท้องถนน พลังงานจะถูกสะสมอยู่ตลอดเวลาและนำพลังงานที่สะสมไว้มาใช้ต่อเมื่อมีการกดสวิตช์หรือข้ามถนน เป็นการนำพลังงานกลที่สูญเสียไปอย่างเปล่าประโยชน์กลับใช้ใหม่อีกครั้งหนึ่ง

การติดตั้งแหล่งกำเนิดพลังงานบนพื้นจะมีข้อดีในด้านภูมิทัศน์ของเมืองที่มักไม่ได้มีพื้นที่กว้างขวางมาก เพราะไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ขึ้นมาที่คางวางทาง บดบังสายตาหรือแสงสว่างจากดวงอาทิตย์และไม่ได้รับความเสียหายเมื่อเกิดอุบัติเหตุบนถนน ด้วยเหตุนี้การเลือกใช้เพียโซอิเล็กทริกจึงมีความเหมาะสมในการนำไปติดตั้งบนพื้นเพื่อผลิตพลังงานออกมา อีกทั้งมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้พลังงานทางเลือกจากเซลล์แสงอาทิตย์คือจากสภาพเมืองในปัจจุบันมีอาคารสูงเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจทำให้เงาของตึกบดบังแสงอาทิตย์หรือเมฆที่บดบังแสงอาทิตย์ในวันที่ฝนตก ทำให้ไม่สามารถผลิตพลังงานได้เต็มประสิทธิภาพเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน ในทางตรงกันข้ามฤดูฝนผู้คนจะนำรถยนต์ส่วนตัวออกมาขับเป็นจำนวนมาก การเก็บพลังงานโดยใช้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกจึงเป็นทางเลือกที่ดีอีกทางหนึ่ง

เมืองอัจฉริยะ(Smart City) คือเมืองที่ได้รับการออกแบบโดยให้ความสำคัญในการพัฒนารูปแบบโครงสร้างของเมืองที่สอดคล้องกับแนวคิดของเมืองอัจฉริยะ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน ประกอบการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและข้อมูลมาช่วยในการบริหารจัดการทรัพยากรของเมืองเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อาทิ ระบบบริหารจัดการเครือข่ายพลังงานอัจฉริยะ(Smart Grid) ระบบมิเตอร์อัตโนมัติ ระบบควบคุมการจราจรอัจฉริยะ ระบบควบคุมอาคารอัจฉริยะ และระบบตรวจวัดมลภาวะ ซึ่งโครงการนี้สอดคล้องกับแนวความคิดของเมืองอัจฉริยะในการนำพลังงานทดแทนมาใช้

จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวัสดุเพียโซอิเล็กทริกเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในเรื่องของการวิจัยและพัฒนาในหัวข้อโครงการ “การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางม้าลาย”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 บทงานวิจัยที่ศึกษา

รูปแบบการใช้งาน	งานวิจัย	วิธีการดำเนินการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
การประยุกต์ใช้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกสำหรับเก็บเกี่ยวพลังงาน	[1]	ติดตั้งใต้พื้นรองเท้า	อาศัยแรงกดจากน้ำหนักของมนุษย์เป็นแรงขับเคลื่อนที่พื้นรองเท้า
	[2]		เก็บเกี่ยวพลังงานที่รองเท้าบูทของชุดออกรบทหาร ทำให้ลดขนาดของ แบตเตอรี่ ลดมา และน้ำหนักของ ชุด เกียร์ก็ลดลงตามด้วย
	[3]		การประยุกต์ใช้เป็นการชาร์จโทรศัพท์มือถือแบบไร้สาย เมื่อมีการเดินก็จะเกิดแรงกระทำที่แผ่นเพียโซทำให้เกิดพลังงานที่ใช้ในการชาร์จได้
	[4]	ติดตั้งในแท่นวางเท้าของรถจักรยาน	เก็บเกี่ยวพลังงานจากการใช้แรงกระทำของมนุษย์ลงบนแท่นเหยียบหรือแท่นวางเท้าของรถจักรยาน
	[5]	ติดตั้งใต้พื้นทางเดิน	นำวัสดุเพียโซอิเล็กทริกมาเรียงต่อกันเป็นแผ่นหรือเรียกกันว่าแนวสะพาน จะถูกวางไว้ใต้พื้น ทางเดินขึ้นลงบันได และทางเดินเท้าเพื่อเก็บพลังงาน
	[6]	ติดตั้งในนาฬิกา	การสั่นสะเทือนภายในตัวนาฬิกาข้อมือโดยใช้ ลูกเหล็กเป็นตัวเคลื่อนที่ให้เกิดการสั่นเมื่อมีการเคลื่อนไหวจากมนุษย์
	[7]	ติดตั้งในเครื่องจักรกลไฟฟ้า	ติดตั้งเพียโซอิเล็กทริกในรูปแบบเป็นแท่งที่ตำแหน่งสเตเตอร์ของเครื่องจักร สวิตช์รีลัคแทน
	[8]		การประยุกต์ใช้เก็บเกี่ยวพลังงานในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยอาศัยแรงทางกลจากการสั่น
	[9]		การประยุกต์ใช้เป็นตัวสร้างพลังงานช่วยให้หลอดสังเคราะห์ไร้สายภายในเครื่องจักรกลไฟฟ้า โดยสามารถยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 บทงานวิจัยที่ศึกษา(ต่อ)

รูปแบบการใช้งาน	งานวิจัย	วิธีการดำเนินการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
การประยุกต์ใช้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกสำหรับเก็บเกี่ยวพลังงาน	[10]	ติดตั้งในเครื่องจักรกลไฟฟ้า	การประยุกต์ใช้ในการเก็บพลังงานจากเครื่องจักรหรือเครื่องมือที่มีการทำงานแบบหมุน
	[11]		การประยุกต์ใช้เก็บเกี่ยวพลังงานจากการสั่นในสวิตช์รีเลย์แทนเครื่องจักร และฟลักซ์สวิตชิงเครื่องจักร
	[12]	ติดตั้งในท่อน้ำ	เก็บเกี่ยวพลังงานในกระแสรั่ววนโดยใช้วัสดุรูปทรงกระบอก แล้วใสน้ำเข้าไปหมุนให้เกิดกระแสรั่ววน
	[13]	ติดตั้งในโทรศัพท์	การประยุกต์ใช้เป็นตัวเก็บเกี่ยวพลังงานจากแรงกดของนิ้ว เมื่อกำลังใช้โทรศัพท์มือถือ
	[14]	ติดตั้งบริเวณปีกโดรน	การประยุกต์ใช้เป็นตัวสร้างพลังงานจากการสั่นของปีกโดรน
	[15]	เก็บพลังงานจากลม	การประยุกต์ใช้ในการเก็บพลังงานจากการสั่นโดยแรงลมที่พัดผ่านทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้น
	[16]	ติดตั้งในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	การประยุกต์ใช้เป็นตัวเก็บเกี่ยวพลังงานจากการสวิตซ์ชิงของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
	[17]	อื่นๆ	สัญญาณเตือนภัยเพียโซอิเล็กทริก
	[18]		การประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตนิวตรอน
การประยุกต์ใช้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกสำหรับเป็นเซนเซอร์	[19]		การประยุกต์ใช้เพียโซอิเล็กทริกชนิดแหวนในการเก็บเกี่ยวพลังงานจากโครงสร้างรูปกันหอยและไม้ไผ่แบบกันหอยโดยอาศัยหลักการจากความถี่ธรรมชาติ
	[20]	ตรวจจับการสั่นทางกายภาพ	การประยุกต์ใช้สำหรับตรวจจับการรบกวนของท่อส่งของเหลว
	[21]		การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ควบคุมระดับน้ำในท่อปั๊มไฮดรอลิกโดยอาศัยหลักการสั่นจากการเคลื่อนที่ของของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 บทงานวิจัยที่ศึกษา(ต่อ)

รูปแบบการใช้งาน	งานวิจัย	วิธีการดำเนินการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
การประยุกต์ใช้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกสำหรับเป็นเซนเซอร์	[22]	ตรวจจับการสั่นทางกายภาพ	การประยุกต์ใช้ตรวจจับการเต้นของหัวใจของมนุษย์โดยการติดที่บริเวณข้อมือ
	[23]		การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ในการแยกส่งวัสดุในขบวนการขนส่งโดยอาศัยหลักการสั่นของวัสดุที่มีขนาดต่างกันไป
	[24]		การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ในการตรวจสอบค่าความเครียดของโครงสร้างในตัวเครื่องจักรชนิดต่างๆ
	[25]		การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์สำหรับตรวจจับเชื้อไวรัสโดยอาศัยหลักการสั่นจากการดูดซึมของเชื้อไวรัส
	[26]	ตรวจจับการสั่นจากคลื่น	การประยุกต์เพียโซอิเล็กทริกเข้ากับไมโครโฟน ใช้สำหรับการบันทึกสัญญาณเสียงเป็นภาพกราฟ และภาพสัญญาณวิทยุ
	[27]		การประยุกต์ใช้เป็นรีโมทควบคุมโดยตัวควบคุม คือ เสียงเป็นตัวส่งการ
	[28]		การประยุกต์ใช้เป็นตัวรับและส่งสัญญาณอัลตราโซนิก
	[29]	ตรวจวัดค่า	การประยุกต์ใช้วัดความหนาแน่นของของเหลวผ่านปล่องโดยอาศัยระดับการสั่นพ้องเป็นตัวจำแนกระบุค่าความหนาแน่นของของเหลว
	[30]		การประยุกต์ใช้วัดปริมาณอาหารที่รับประทานเข้าไปในปริมาณต่างๆ โดยอาศัยตัวชี้วัดคืออัตราการเคี้ยวขณะรับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 บทงานวิจัยที่ศึกษา(ต่อ)

รูปแบบการใช้งาน	งานวิจัย	วิธีการดำเนินการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
การประยุกต์ใช้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกสำหรับเป็นเซนเซอร์	[31]	ตรวจวัดค่า	การประยุกต์ใช้สำหรับการวัดค่าความเสื่อมสภาพของสิ่งก่อสร้าง โดยวัดกับโครงสร้างที่เป็นชนิดพลาสติก การเก็บค่าอาศัยการใช้หัวฉีดผลิตการสั่นฉีดเข้ากับโครงสร้างแล้วใช้เซนเซอร์เพียโซอิเล็กทริกในการวัดตรวจสอบ
	[32]		การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์สำหรับการวัดประสิทธิภาพของเครื่องเป่าลมเย็น โดยอาศัยแรงลมเป็นตัวกำหนดหรือตัววัด
	[33]		การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์สำหรับการวัดค่าอีทเทอร์มิซิสของครอน ชนิดแอล โดยอาศัยหลักการสั่นพ้องของคาน
	[34]		การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์สำหรับการวัดค่าความทานของพื้น โดยอาศัยการเดินของมนุษย์เป็นตัววัดค่า
	[35]		การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์แบบแผ่นยาวสำหรับตรวจวัดทางกายภาพ วัดคลื่นหัวใจหรืออวัยวะภายในมนุษย์
	[36]	อื่นๆ	การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ชนิดตัวเก็บประจุโดยอาศัยตัวกระตุ้นคือ การงอที่แผ่นเพียโซอิเล็กทริก
	[37]		การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ในการตัดต่อสวิตช์ในระบบอิเล็กทรอนิกส์หรือระบบไฟฟ้า
	[38]		การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ที่ทำจากวัสดุประเภทกระดาษ
	[39]		การประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ในระบบสวิตช์นาฬิกาปลุกจากการนอนหลับเพื่อลดภาระการใช้พลังงานของโหนดเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

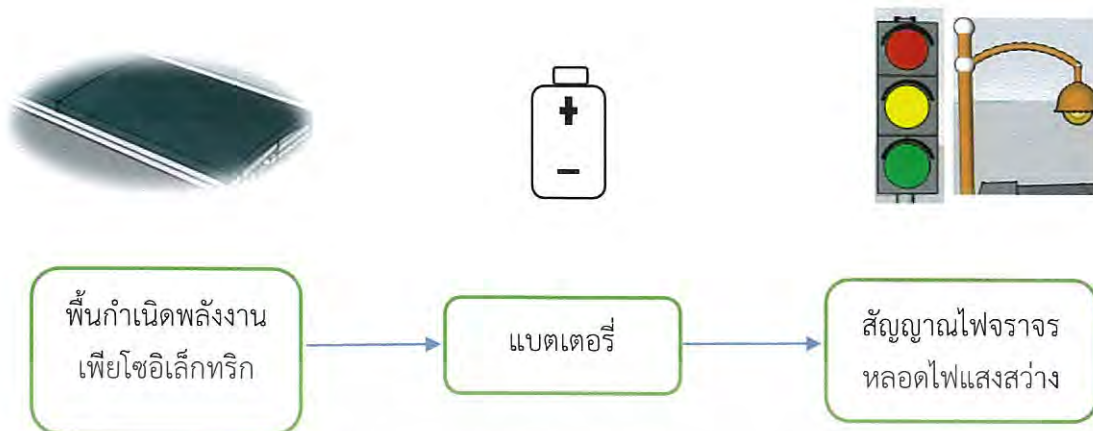
จากการศึกษารวบรวมกรณีการวิจัยแสดงให้เห็นหลักการประยุกต์ใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น การใช้กับทางเท้า ทางขึ้นบันได อุปกรณ์ไฟฟ้า นาฬิกาข้อมือที่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์กับรถยนต์ที่วิ่งผ่านบนท้องถนน หรือจะเป็นคนมากมายที่เดินอยู่ตามทางต่างๆ ซึ่งโครงการนี้จะศึกษาในแนวทางการใช้งานกับรถยนต์ เนื่องจากปัจจุบันนี้มีจำนวนมากมายโดยรถยนต์หนึ่งคันนั้นมีน้ำหนักที่มากกว่า 700 กิโลกรัม หากสามารถนำน้ำหนักรถยนต์ที่มีน้ำหนักมากและมีจำนวนหลายคัน มาใช้ในการเก็บพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกบริเวณทางข้ามม้าลาย โดยนำพลังงานที่ได้เก็บลงแบตเตอรี่ และนำไปจ่ายภาระทางไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ในเวลากลางคืนนำพลังงานมาจ่ายหลอดไฟอัตโนมัติเปล่งแสง บนพื้นถนนทางม้าลาย เป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าหรือเพิ่มแสงสว่างหากเราทำการวิจัยและศึกษาต่อไป พลังงานที่ได้จากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกอาจจะใช้เป็นพลังงานทดแทนที่สำคัญได้ในอนาคต



รูปที่ 1.1(ก) แสดงแนวความคิดของโครงการนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 1.1(ข) แสดงการทำงานในเวลากลางวัน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1(ค) แสดงการทำงานในเวลากลางวัน

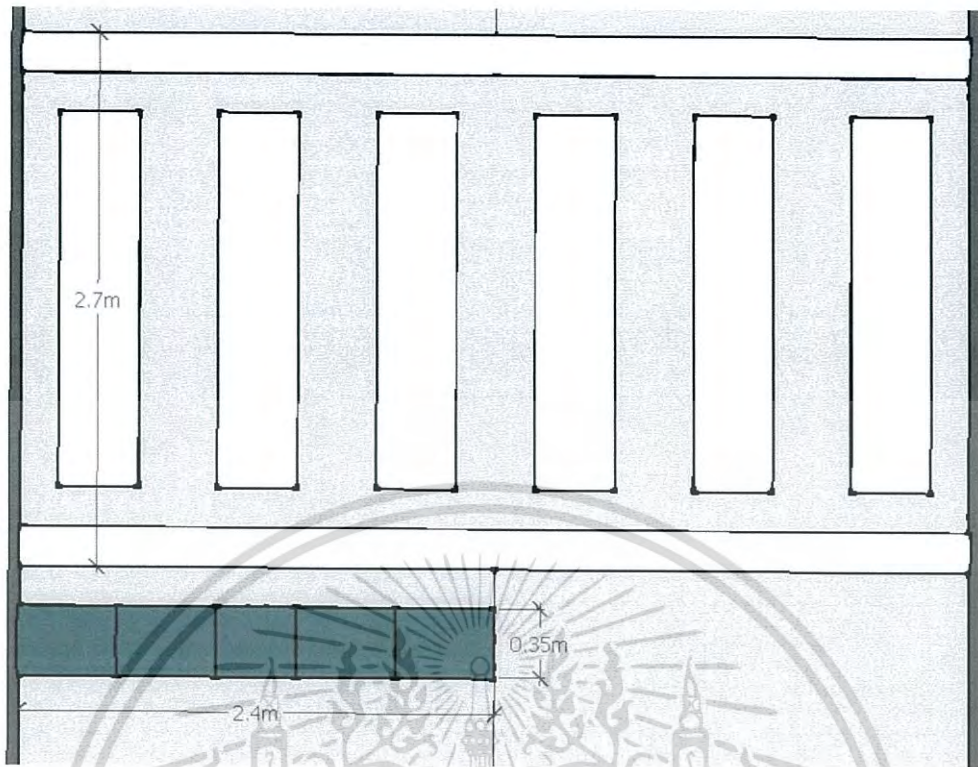
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบวงจรการเก็บเกี่ยวพลังงานและวงจรระทางไฟฟ้า
2. เพื่อนำพลังงานที่ได้จากการเก็บเกี่ยว ไปประยุกต์ใช้กับภาระทางไฟฟ้า
3. เพื่อนำแผ่นเพียโซอิเล็กทริกไปประยุกต์ใช้บนทางม้าลายในการเก็บเกี่ยวพลังงาน

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

ขอบเขตในการศึกษาปริญญาโทระดับนี้ คือ ออกแบบ สเปคบาร์เพียโซอิเล็กทริกที่สามารถใช้เก็บพลังงานจากการที่มีรถยนต์เคลื่อนผ่าน โดยใช้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกในการแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า นำพลังงานไฟฟ้าที่ได้ไปเก็บในแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 3.7 โวลต์ 2600 มิลลิแอมป์อัวร์ และนำไปจ่ายภาระทางไฟฟ้าในเวลากลางวัน ซึ่งขนาดชิ้นงานด้านกว้าง 0.35 เมตร ด้านยาว 2.4 เมตร เพื่อให้พอดีกับถนน 1 ช่องจราจร ใช้ไม้เป็นวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างและภายในติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 44 แผ่น มีภาระไฟฟ้าเป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงขนาดแรงดันไฟตรง 12 โวลต์ 15 วัตต์ ซึ่งโครงการนี้ได้จำลองเพียงหนึ่งช่องทางจราจรบริเวณทางม้าลาย ผลลัพธ์ที่คาดหวังไว้คือเก็บพลังงานได้ 15 มิลลิจูล ต่อสเปคบาร์เพียโซอิเล็กทริก 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 แสดงระยะของชั้นบนบริเวณทางมาลัย

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

1. ศึกษาหาข้อมูลจากงานที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบ สเปสบาร์เพียโซอิลเล็กทริก โดยใช้โปรแกรม SketchUp เพื่อจำลองเป็นสามมิติ และเลือกวัสดุที่จะใช้ทำชิ้นงาน
3. สร้างชิ้นงานขนาด กว้าง 0.35 เมตร ยาว 2.4 เมตร ภายในติดตั้งแผ่นเพียโซอิลเล็กทริก 44 แผ่น
4. ศึกษาและหาข้อมูลเกี่ยวกับวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน
5. สร้างวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน
6. สร้างวงจรภาระทางไฟฟ้าที่ใช้กับทางมาลัย
7. ทดสอบชิ้นงาน และแก้ไขข้อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอน	ภาคเรียนที่1 ปีการศึกษา2560																ภาคเรียนที่2 ปีการศึกษา2560															
	ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ม.ค.				ก.พ.				มี.ค.				เม.ย.			
	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	2	3	4
1. รวบรวมข้อมูลและศึกษาความรู้เกี่ยวกับเพียโซอิเล็กทริก	←→																															
2. ออกแบบชิ้นงานและจัดหาอุปกรณ์					←→																											
3. สร้างชิ้นงานขนาด กว้าง 0.35 เมตร ยาว 2.4 เมตร									←→																							
4. ศึกษาและหาข้อมูลเกี่ยวกับวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน													←→																			
5. สร้างวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน																	←→															
6. สร้างวงจรภาระทางไฟฟ้าที่ใช้กับทางม้าลาย																	←→															
7. ทดสอบชิ้นงาน และแก้ไขข้อผิดพลาด																					←→											
8. เรียบเรียงและจัดทำรูปเล่มปริญญา นีพนธ์																													←→			

←→ แผนที่ยาวไว้ ←---> แผนที่ปฏิบัติจริง

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

ประโยชน์เชิงวิศวกรรม

1. สามารถพัฒนาวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานที่ใช้กับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกได้
2. สามารถนำชิ้นงานมาเก็บพลังงานบริเวณทางม้าลายหรือพื้นถนนบริเวณอื่นที่ต้องการ และพัฒนาการใช้เพียโซอิเล็กทริกเพื่อเก็บเกี่ยวพลังงานให้เป็นพลังงานทางเลือกใหม่
3. สามารถนำพลังงานจากการเก็บเกี่ยวไปใช้กับโพลดแสงสว่าง โดยไม่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า

ประโยชน์เชิงสังคมและการอนุรักษ์พลังงาน

1. เพื่อนำมาพิจารณาเป็นพลังงานทางเลือกชนิดใหม่ในประเทศไทย
2. เพื่อนำพลังงานทางกลที่สูญเสียไปอย่างเปล่าประโยชน์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า
3. เพื่อเพิ่มแสงสว่างหรือลดการใช้พลังงานจากการไฟฟ้าบริเวณทางม้าลายในเวลากลางคืน
4. ผู้ขับขี่สามารถสังเกตเห็นไฟบนถนน ซึ่งช่วยลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วัสดุเพียโซอิเล็กทริก เป็นวัสดุที่มีความสามารถเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลได้ อันเนื่องมาจากลักษณะเฉพาะของวัสดุ ถูกพบว่าสามารถนำมาใช้งานแบบไดนามิกที่เกี่ยวข้องกับแรงกดและแรงดึง แต่อย่างไรก็ตาม วัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้ถูกนำมาใช้ในหลายรูปแบบ ขณะที่วัสดุเหล่านี้ถูกค้นพบและนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ในรูปแบบการเก็บเกี่ยวพลังงาน แต่เนื่องจากเป็นสิ่งที่ยังถูกพัฒนาได้ไม่นานในด้านการตลาดจึงยังไม่ค่อยเกิดการซื้อขายกันเท่าไร ทำให้อัตราการเติบโตของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกทางด้านการตลาดค่อนข้างต่ำ ผลที่ตามมาคือมีการนำวัสดุเพียโซอิเล็กทริกไปพัฒนาและได้บทสรุปคือนำมาใช้งานทางด้านการเก็บพลังงานจากพลังงานที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังเช่น การสั่นของวัตถุที่กำลังทำงาน การเดินของมนุษย์

2.1 เพียโซอิเล็กทริก

เกิดจากวัสดุจากธรรมชาติ ซึ่งวัสดุจำพวก โพลีคริสตัลไลน์เพอร์โรอิเล็กทริกเซรามิก จะเป็นจำพวก แบเรียมไททานเตต($BaTiO_3$) และ ตะกั่วเซอร์โคเนตไททานเตต(PZT) โดยจากการปรับปรุงคุณสมบัติและพัฒนาอย่างต่อเนื่องในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา

วัสดุเซรามิกเพียโซอิเล็กทริกถูกนำมาใช้ในระบบที่มีการสั่นอย่างแพร่หลาย และยังคงถูกใช้เป็นวัสดุสำหรับตัวกระตุ้นในสิ่งประดิษฐ์หลายประเภท เช่น ผลึกเพียโซอิเล็กทริก มีรูปทรงสมมาตรสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ 1 หน่วย โดยที่อุณหภูมิคูรีต่ำ โครงสร้างแลคทิกซ ของสิ่งนี้จะเปลี่ยนเป็นโครงสร้างไม่สมมาตรดั้งเดิมและยังสามารถเกิดโพลาริเซชันระหว่างพันธะภายในสิ่งนี้ได้ด้วย

ตามปกติวัสดุเซรามิกเพียโซอิเล็กทริก คือมวลของโครงสร้าง ที่เรียกว่า เพอร์โรฟสไกต์ (Perovskite) หรือเรียกว่าวัสดุที่มีโครงสร้างของคริสตัล ที่เหมือนกัน โดยในแต่ละตำแหน่ง คือ แคลเซียมไททานเนียมออกไซด์ ($CaTiO_3$) แต่ละส่วนจะประกอบด้วย ส่วนเล็กๆ เป็น พันธะสี่ ของธาตุจำพวก ไอออนเหล็ก โดยส่วนมากจะเป็นสารจำพวก ไททานเนียม, เซอร์โคเนียม ในโครงสร้างแลคทิกซ ของพันธะคู่ของไอออนเหล็กที่ขนาดใหญ่กว่า จะเป็นพวกตะกั่ว หรือ แบเรียม และ ไอออนของออกซิเจน

ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าว โครงสร้างคริสตัลแต่ละอันจะมีการเกิดปฏิกิริยาเชิงขั้วระหว่างคู่พันธะ เรียกว่า โพลาริเซชัน

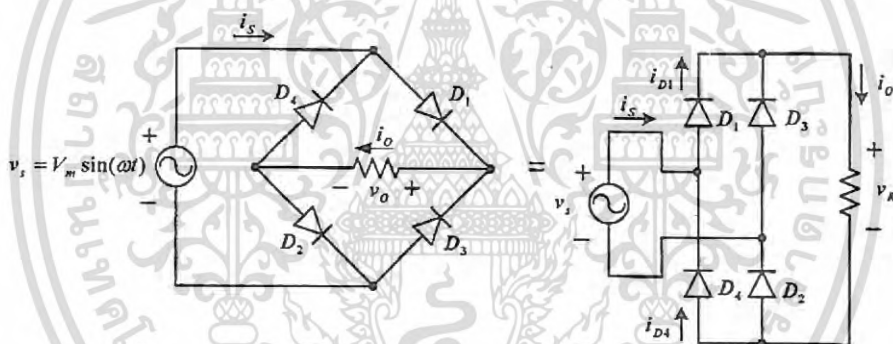
จากการยึดตัวและหดตัวโดยอาศัยแรงทางกลของเพียโซอิเล็กทริก ผลของโพลาริเซชันภายในพันธะจะทำให้เกิด ความต่างศักย์เกิดขึ้น โดยเมื่อทำการบีบตัวไปในทิศทางเดียวกับแนวประจุเอกส่าในพันธะ หรือ ยึดตัวให้ตั้งฉากกับทิศทางของประจุในพันธะ ผลที่ได้คือเพียโซอิเล็กทริกจะจ่ายค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้า ในชั่วทศทางเดียวกัน แต่เมื่อทำการยึดตัวไปในทิศเดียวกับแนวประจุในพันธะ หรือ บีบตัวในทิศตั้งฉากกับทิศทางของประจุในพันธะ ผลที่ได้คือ เพียโซอิเล็กทริกจะจ่ายแรงดันไฟฟ้า ในทิศตรงกันข้ามกับตัวมัน ปรากฏการณ์เหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อ มีการเปลี่ยนพลังงานทางกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยแรงทางกลจากการ ยึดตัว หรือ บีบตัว

2.2 วงจรเรียงกระแส

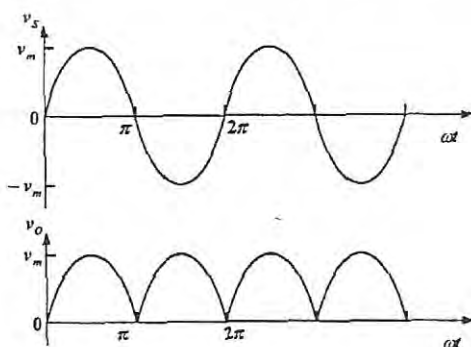
วงจรเรียงกระแสมีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงผันกำลังไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยต้องการให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีความเป็นไฟฟ้ากระแสตรงมากที่สุด วงจรเรียงกระแสมีทั้งแบบที่เป็นครึ่งคลื่นและแบบเต็มคลื่น หนึ่งเฟสและแบบสามเฟส

ในส่วนของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นจะดีกว่าแบบครึ่งคลื่นคือ วงจรแบบนี้จะมีค่าตัวประกอบระลอกคลื่น (ripple factor) ต่ำกว่า



รูปที่ 2.1 วงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอดต่อกับโหลดตัวต้านทาน

การต่อตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุสูงๆ ขนานกับโหลดตัวต้านทานของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด จะสามารถทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้

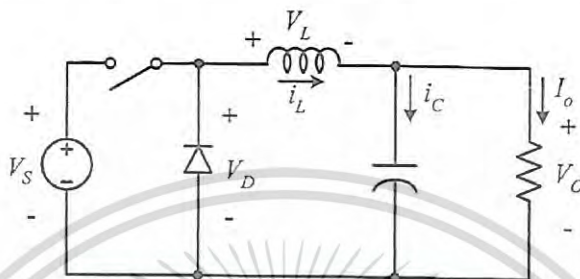


รูปที่ 2.2 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วงจรทอนระดับแรงดัน

วงจรทอนระดับหรือวงจรบักคอนเวอร์เตอร์ คือ วงจรที่ทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า และเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกที่มีความเป็นกระแสตรงมากๆ จะนิยมใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter) ซึ่งโดยมากจะเลือกใช้วงจรแบบ LC เพราะมีอัตราการลดทอนสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ ผกผันกับกำลังสองของความถี่

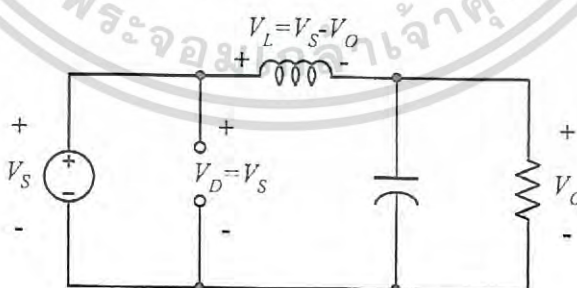


รูปที่ 2.3 วงจรบักคอนเวอร์เตอร์

2.3.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจรบักคอนเวอร์เตอร์

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลามีค่าเท่ากัน
2. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากับศูนย์
3. กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวเก็บประจุในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากับศูนย์
4. กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก

2.3.2 หลักการทำงานของวงจรบักคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.4 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส

ขณะสวิตช์นำกระแส กระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านสวิตช์ผ่านตัวเหนี่ยวนำไปยังโหลด โดยที่กระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะไปเก็บที่ตัวเก็บประจุ จากกฎของเคอร์

เอกสารที่มีผลจากรัฐธรรมนูญว่าด้วยการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2562 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ขอสงวนสิทธิ์ในเอกสารนี้ ไม่สามารถเขียนเป็นสมการของแรงดันไฟฟ้าได้ดังนี้
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

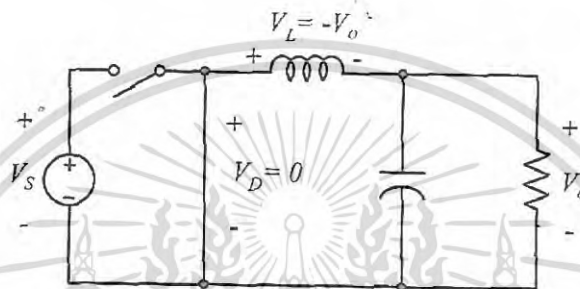
$$-V_s + V_L + V_o = 0$$

$$v_L = V_s - V_o$$

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L}$$

dt ในกรณีอยู่ในช่วงเวลานำกระแสคือ $dt = DT$



รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส

ขณะที่สวิตช์ไม่นำกระแส ไดโอดจะถูกไบอัสไปหน้า (Forward bias) ให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง และจากกฎของเคอร์ชอฟฟ์ จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้างดังนี้

$$v_L = -v_o$$

$$v_L = -V_o = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{\Delta i_{L,off}}{\Delta t} = \frac{-V_o}{L}$$

นั่นคือ กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจะค่อยๆ มีค่าลดลง เพราะการเปลี่ยนแปลงกระแสตัวเหนี่ยวนำต่อเวลาที่มีค่าเป็นลบ

dt ในกรณีอยู่ในช่วงเวลาที่หยุดนำกระแส คือ $dt = (1 - D)T$ ดังนั้นจัดรูปใหม่ได้เป็น

$$\Delta i_{L,off} = -\left(\frac{V_o}{L}\right)(1 - D)T$$

จากเงื่อนไขกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลามีค่าเท่ากัน คือ กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในขณะที่สวิตช์นำกระแส จะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเท่ากับการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงของกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในขณะที่สวิตช์ไม่นำกระแส ดังนั้นจะได้ว่า

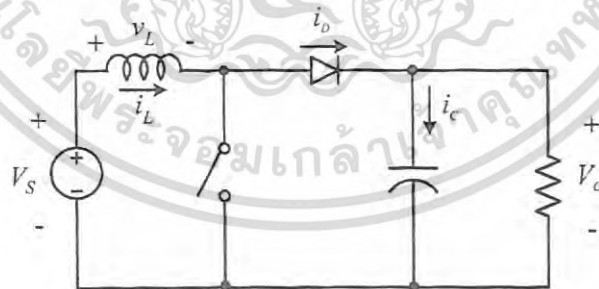
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้งานได้ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} &= 0 \\ \left(\frac{V_s - V_o}{L}\right)DT + \left(-\left(\frac{V_o}{L}\right)(1-D)T\right) &= 0 \\ \left(\frac{V_s - V_o}{L}\right)DT - \left(\frac{V_o}{L}\right)(1-D)T &= 0 \\ (V_s - V_o)D - V_o(1-D) &= 0 \\ V_s D - V_o D - V_o + V_o D &= 0 \\ \frac{V_o}{V_s} &= D\end{aligned}$$

อัตราขยายแรงดันจะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 100% ตามค่าดีวีดี วงจรบู้ทคอนเวอร์เตอร์เป็นวงจรที่ทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกน้อยกว่าหรือเท่ากับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าดีวีดี โดยการปรับค่าดีวีดี สามารถปรับได้ตั้งแต่ศูนย์ถึงหนึ่ง เช่น แรงดันไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับ 100 โวลต์ ซึ่งในทางทฤษฎีวงจบบู้ทคอนเวอร์เตอร์ ก็จะสามารถปรับแรงดันไฟฟ้าด้านออกได้ตั้งแต่ศูนย์โวลต์ถึงหนึ่งร้อยโวลต์ แต่ในทางปฏิบัติจะไม่สามารถปรับได้ถึง 100 โวลต์ เพราะเกิดแรงดันตกคร่อมสวิตช์และตัวเหนี่ยวนำ ทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกที่ได้จริงมีค่าน้อยกว่า 100 โวลต์เล็กน้อย

2.4 วงจรทบทระดับแรงดัน

วงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจบบูสต์คอนเวอร์เตอร์ คือวงจรที่ทำการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า



รูปที่ 2.6 วงจบบูสต์คอนเวอร์เตอร์

2.4.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจบบูสต์คอนเวอร์เตอร์

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบ จะมีค่าเท่ากันและมีค่าเป็นบวกเสมอ

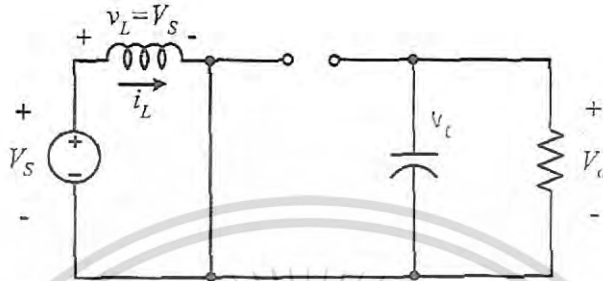
2. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์

3. ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่ทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก กรณีนี้ไม่คำนึงถึงการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของวงจร โดยกำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของวงจรเป็นหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์

2.4.2 หลักการทำงานของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส

ขณะสวิตช์นำกระแส กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ โดยผ่านสวิตช์ ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกไบอัสย้อนกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าดังนี้

$$\begin{aligned} -V_s + v_L &= 0 \\ v_L = V_s &= L \frac{di_L}{dt} \\ \frac{di_L}{dt} &= \frac{V_s}{L} \end{aligned}$$

ขณะที่สวิตช์นำกระแส $dt = DT$ เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสคงที่ อาจจะได้ว่าการเพิ่มของกระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

$$\begin{aligned} \frac{\Delta i_L}{\Delta t} &= \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_s}{L} \\ \Delta i_{L,on} &= \frac{V_s DT}{L} \end{aligned}$$

$\Delta i_{L,on}$ หมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำขณะสวิตช์นำกระแส

ขณะที่สวิตช์ไม่นำกระแส กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงทันทีที่ทันใดไม่ได้ ไดโอดจะถูกไบอัสไปหน้าให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง สมมติแรงดันไฟฟ้าที่ด้านออกมีค่าคงที่ จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำดังนี้

$$-V_s + v_L + V_o = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s - V_o}{L}$$

ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส $dt = (1 - D)T$ อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าคงที่ และจะถือว่าการลดลงของกระแสเป็นเชิงเส้น ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

$$\Delta i_{L,off} = \left(\frac{V_s - V_o}{L} \right) (1 - D)T$$

ที่สภาวะอยู่ตัว การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ จะได้ว่า

$$\Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} = 0$$

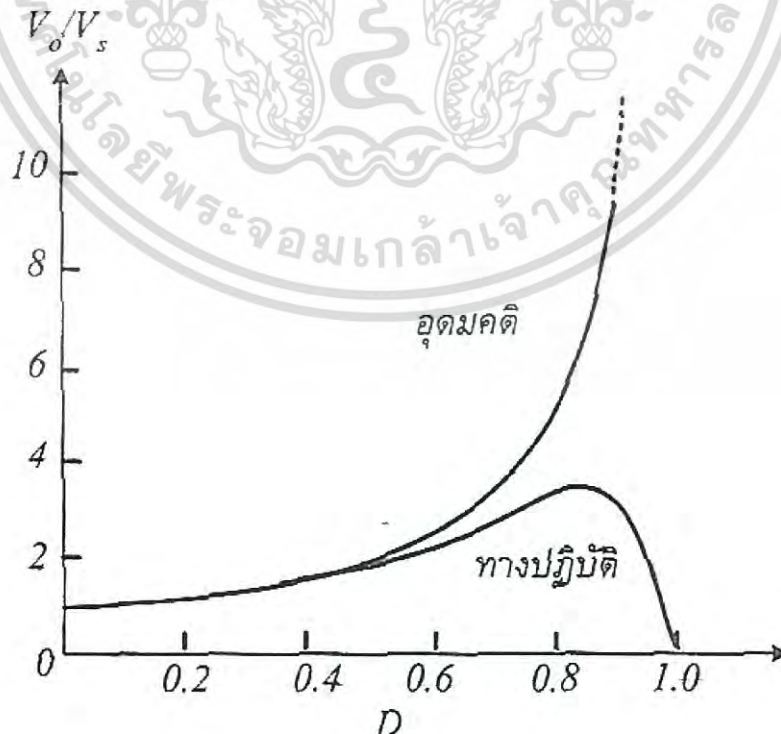
$$\left(\frac{V_s}{L} \right) DT + \frac{(V_s - V_o)(1 - D)T}{L} = 0$$

$$V_s D + (V_s - V_o)(1 - D) = 0$$

$$V_s D + V_s - V_s D - V_o + V_o D = 0$$

$$V_s - V_o(1 - D) = 0$$

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{1 - D}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่ควรแจกจ่ายหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายแรงดันกับค่าตัวดี

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก

การที่มีตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะสามารถรักษาให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกคงที่ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่มากๆ ได้ เนื่องจากมีราคาแพงและใช้พื้นที่มาก จึงเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดเหมาะสม และค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออกอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

$$|\Delta Q| = C\Delta V_o = I_o\Delta t_{on}$$

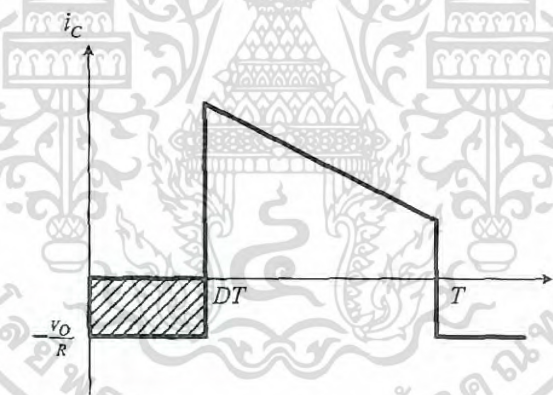
$$I_o = \frac{V_o}{R}$$

$$\Delta t_{on} = DT$$

$$\Delta V_o = \frac{I_o\Delta t_{on}}{C} = \frac{V_oDT}{RC}$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{DT}{RC}$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf}$$



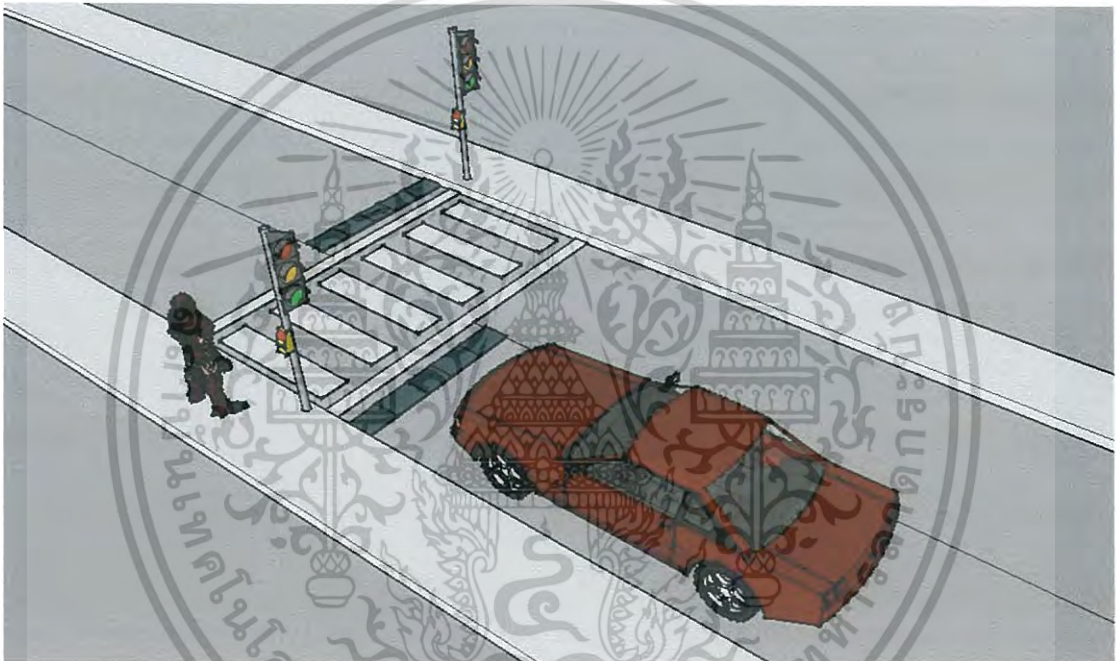
รูปที่ 2.9 กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบการเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริก

การเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริกนั้นสามารถเก็บเกี่ยวพลังงานได้จากหลายรูปแบบ โดยในบทนี้กล่าวถึงการพัฒนาเพื่อเก็บเกี่ยวพลังงานด้วยการจำลองเป็นพื้นทางม้าลาย เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านทางม้าลายที่มีเพียโซอิเล็กทริกติดตั้งอยู่จะเกิดการสะสมพลังงานเก็บไว้ในแบตเตอรี่ โดยมีปุ่มกดแก่ผู้ที่ต้องการข้ามทางม้าลาย เมื่อปุ่มกดทำงาน สัญญาณไฟแดงและไฟที่ติดตรงพื้นทางม้าลายสว่างขึ้นเพื่อเตือนผู้ใช้งานพาหนะว่าจะมีคนข้ามถนน

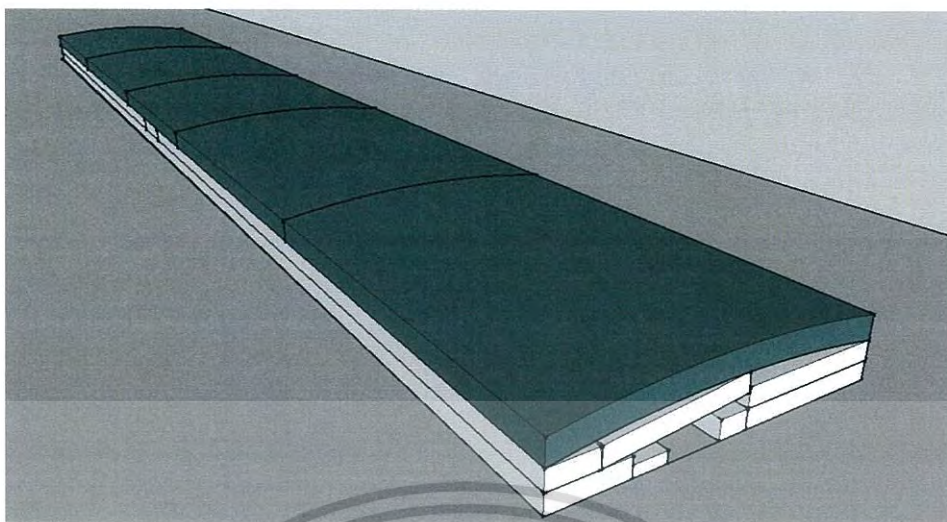


รูปที่ 3.1 แสดงแบบจำลองพื้นที่กำเนิดพลังงานเพียโซอิเล็กทริก

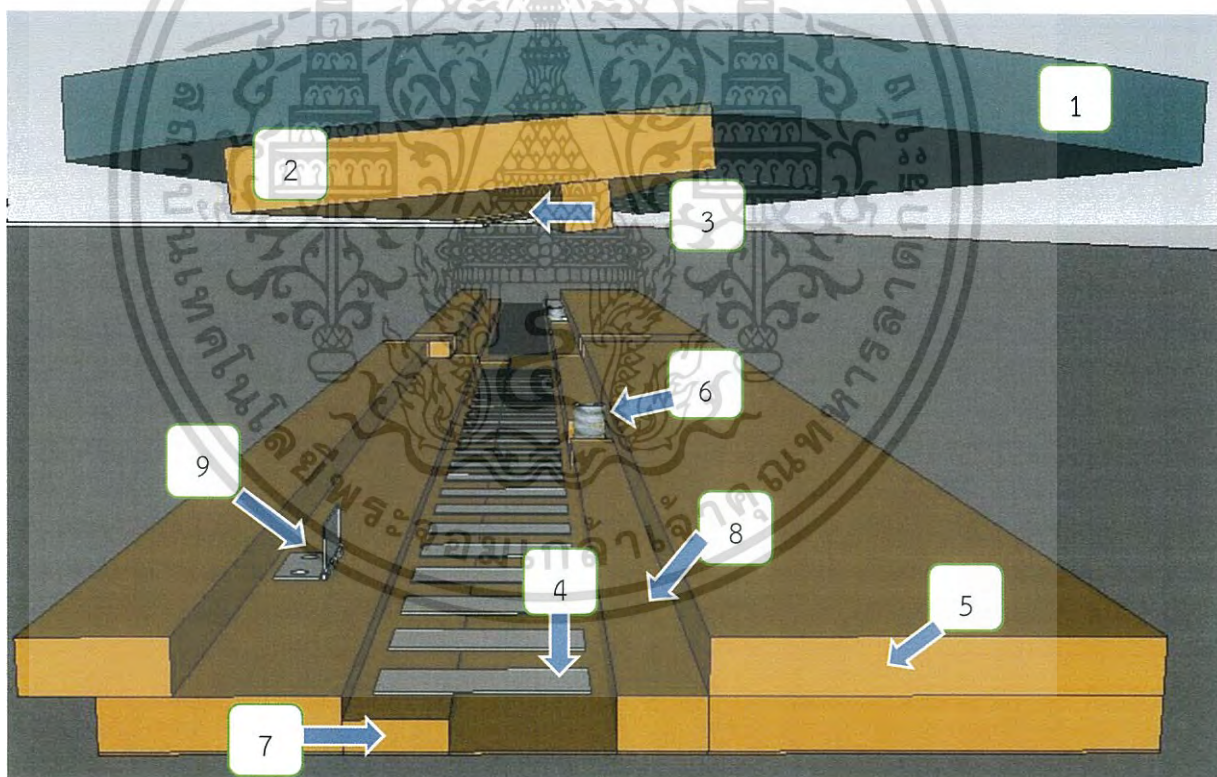
3.1 การออกแบบพื้นที่กำเนิดพลังงาน

สำหรับการออกแบบพื้นที่เพื่อให้กำเนิดพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริกนั้น ผู้ทำการทดลองได้แนวคิดมาจากการกด ปุ่มสเปสบาร์ ในคอมพิวเตอร์ โดยไม่ว่าจะกดที่บริเวณใดของปุ่มจะทำให้เกือบทั่วบริเวณปุ่มถูกกดลงเท่าๆกัน ผู้ทำการทดลองได้นำมาประยุกต์ใช้กับถนนจริง โดยแรงที่กดลงบนสเปสบาร์ ก็คือแรงที่เกิดจากรถยนต์ที่กดทับลงบนบริเวณปลายทั้งสองของแผ่นที่ทำการติดตั้งเพียโซเอาไว้ จากนั้นจะเกิดการเก็บสะสมพลังงานไว้ในแบตเตอรี่พลังงานนี้จะถูกนำไปใช้จ่ายไฟให้แก่หลอดไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode : LED) ที่อยู่บนถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2(ก) แสดงการออกแบบ สเปสบาร์เพียโซอิเล็กทริก



รูปที่ 3.2(ข) แสดงส่วนประกอบภายในของชั้นงานที่ออกแบบ

คณะจัดทำโครงการได้ทำการสร้างชั้นงานจำลองขึ้น มีขนาดกว้าง 0.35 เมตร ยาว 2.4 เมตร ซึ่งภายในได้ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจำนวน 44 ชั้น โดยต่อขนานกันทั้งหมด

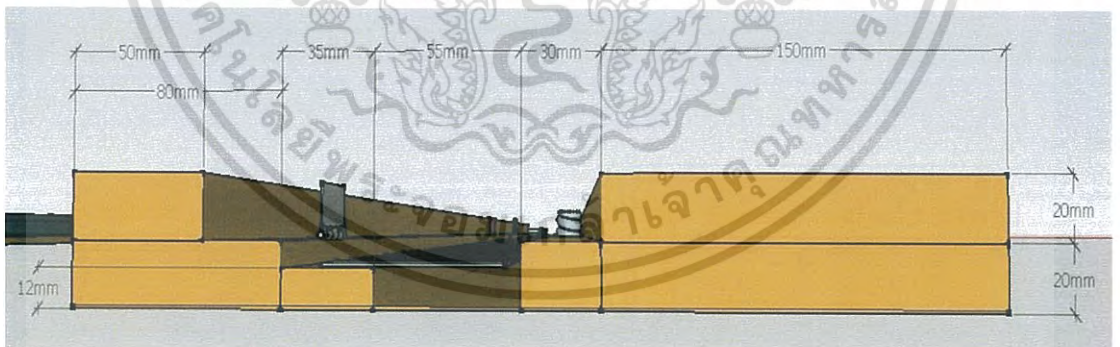
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2(ค) ชี้นงานจำลอง ขนาดกว้าง 0.35 เมตร ยาว 2.4 เมตร

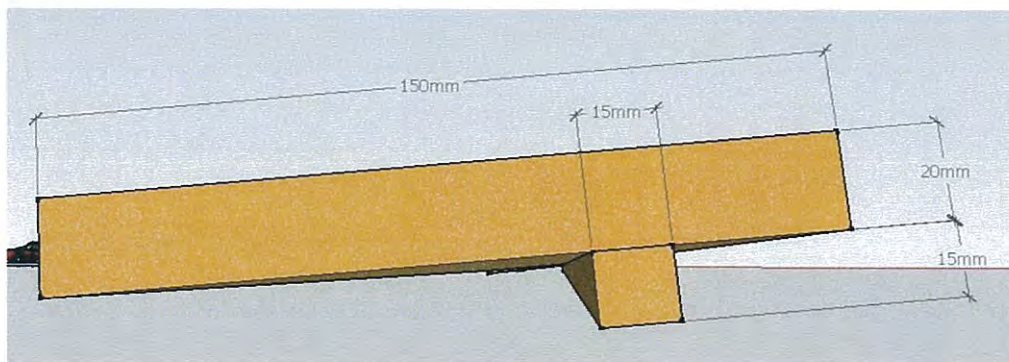


รูปที่ 3.2(ง) โครงสร้างภายในชี้นงานจำลองที่ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 3.3(ก) แสดงระยะของโครงสร้างบริเวณฐาน

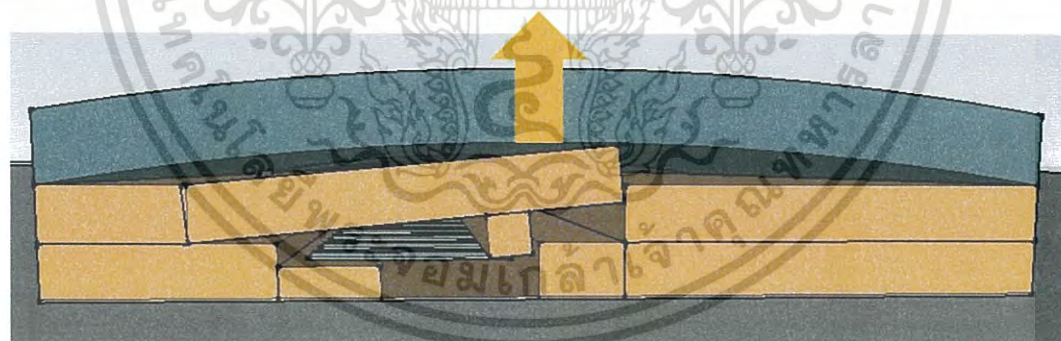
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3(ข) แสดงระยะของโครงสร้างบริเวณรับแรงกด



รูปที่ 3.3(ค) แสดงการทำงานเมื่อรับแรงกดจากรถ ทำให้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกงอตัว



รูปที่ 3.3(ง) แสดงการทำงานเมื่อสปริงยกตัว ทำให้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกงอตัวกลับไปจุดเริ่มต้น

วัสดุที่ใช้ในการออกแบบจะใช้ไม้เพื่อทำหน้าที่เป็นฐานด้านล่างและบริเวณที่ทำหน้าที่เสมือนปั๊มสเปซบาร์ ของอุปกรณ์เพียโซอิเล็กทริกเนื่องจากวัสดุหาง่าย ราคาถูก และมีความคงทนแข็งแรง และใช้พียูยางสังเคราะห์ (Ethylene Propylene Diene Monomer : EPDM) เป็นส่วนของพื้นถนน เนื่องจากลักษณะของพียูยางสังเคราะห์นั้นเป็นพื้นผิวเรียบ ป้องกันการเกิดรอยบุ๋ม รอยกด รอยแยก มีความยืดหยุ่นสูง ป้องกันการลื่นทั้งสภาพผิวแห้งและผิวเปียก วัสดุมีความทนทาน ปลอดภัย อายุการใช้งานยาวนานและไม่ก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม การติดตั้งสปริงช่วยให้ปรับยกกระดานของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ สเปซบาร์เพียโซอิเล็กทริก อยู่ที่ตำแหน่งสมดุลหลังถูกกดทับ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของสเปซบาร์เพียโซอิเล็กทริก

1. พื้นยางสังเคราะห์ (Ethylene Propylene Diene Monomer : EPDM) ทำหน้าที่เป็นพื้นผิวของถนนเพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ชิ้นอื่นสัมผัสกับล้อของยานพาหนะ
2. คานกดซึ่งทำจากไม้ ทำหน้าที่ในการรับแรงกดจากรถยนต์และส่งต่อพลังงานไปยังแผ่นเพียโซอิเล็กทริก
3. ปุ่มสำหรับกดแผ่นเพียโซอิเล็กทริก ทำหน้าที่ในการกดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกและสำหรับการกำหนดระยะเวลาการกดของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจะขึ้นอยู่กับขนาดของปุ่มกด
4. แผ่นเพียโซอิเล็กทริก ทำหน้าที่ในการให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทางกล
5. แผ่นไม้ฐาน ทำหน้าที่ในการเป็นฐานให้กับอุปกรณ์ชนิดต่างๆ
6. สปริง ทำหน้าที่ในการยกคานกดขึ้นเพื่อให้เกิดการกดครั้งถัดไปได้
7. พื้นที่ตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริก ทำมาจากไม้
8. แผ่นไม้ที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้คานกดลงมาทับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกมากเกินไป
9. บานพับ เป็นจุดหมุนให้กับคานเพื่อกดแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

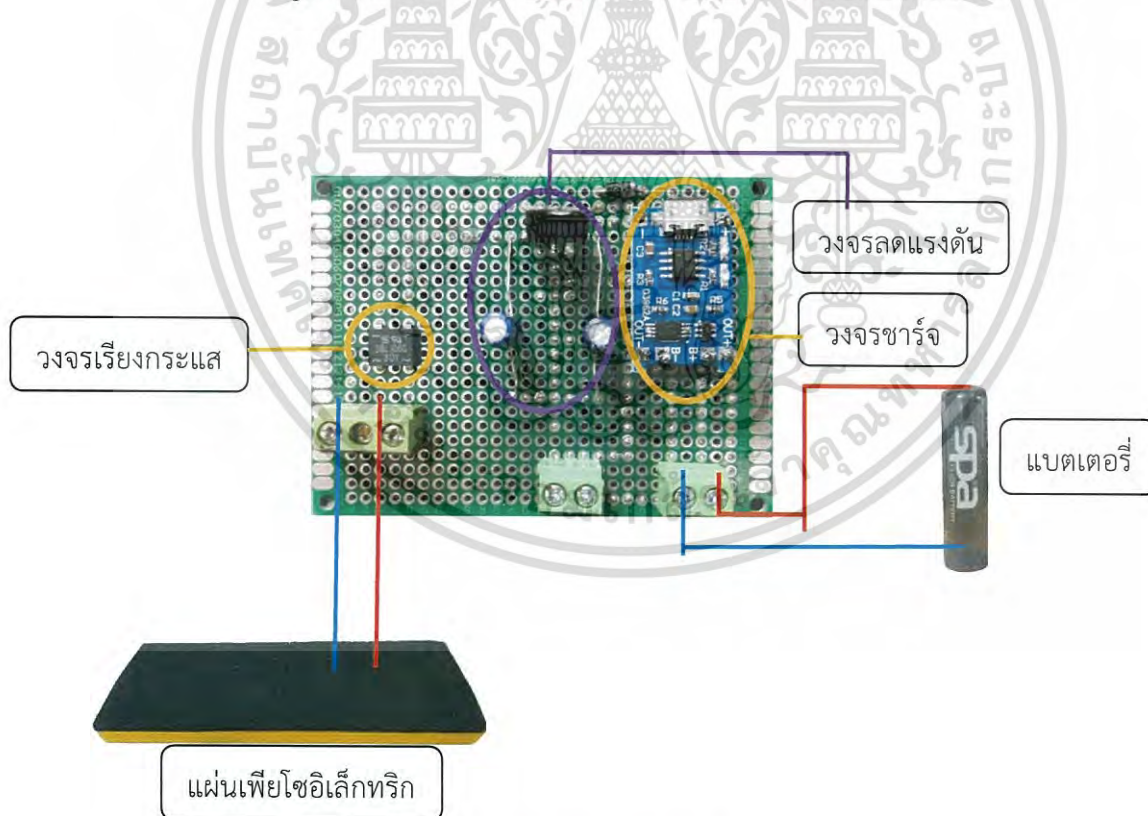
ผู้ทดลองได้ทำการทดลองงอแผ่นเพียโซอิเล็กทริก พบว่าระยะสูงสุดก่อนแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจะหักมีระยะประมาณ 5 มิลลิเมตร ซึ่งนำค่าที่ได้ไปออกแบบระยะกดยกของคานกด โดยจะให้สปริงเป็นตัวค้ำคานกด และมีวัสดุรองรับคานกดเพื่อป้องกันไม่ให้คานกดลงมาทับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกมากเกินไปจนทำให้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกเกิดความเสียหาย และได้คานจะติดปุ่มที่ใช้ส่งผ่านแรงกดไปยังแผ่นเพียโซอิเล็กทริก อีกทั้งผู้ทดลองได้เพิ่มสปริงไว้ที่ข้างล่างแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เพราะเมื่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริกคายตัวจะได้แรงดันไฟฟ้าที่เป็นขั้วตรงข้าม และทำให้แผ่นเพียโซอิเล็กทริก กลับมาสู่ระดับเดิมก่อนที่ได้รับแรงกด

3.2 วงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่าน สปเลสบาร์เพียโซอิเล็กทริก จะทำให้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกเกิดแรงดันไฟฟ้าแต่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเนื่องจากการอตัวขึ้นและลงของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เพื่อนำพลังงานไฟฟ้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่จะต้องเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรงโดยใช้วงจรเรียงกระแส (Rectifier) ให้เปลี่ยนไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง แต่แรงดันที่ได้ไม่สม่ำเสมอจึงต้องต่อเข้ากับลดแรงดัน (Step-down Voltage Regulator) เพื่อทำให้แรงดันคงที่ และนำไปต่อกับวงจรวงจรชาร์จเพื่อป้องกันแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน



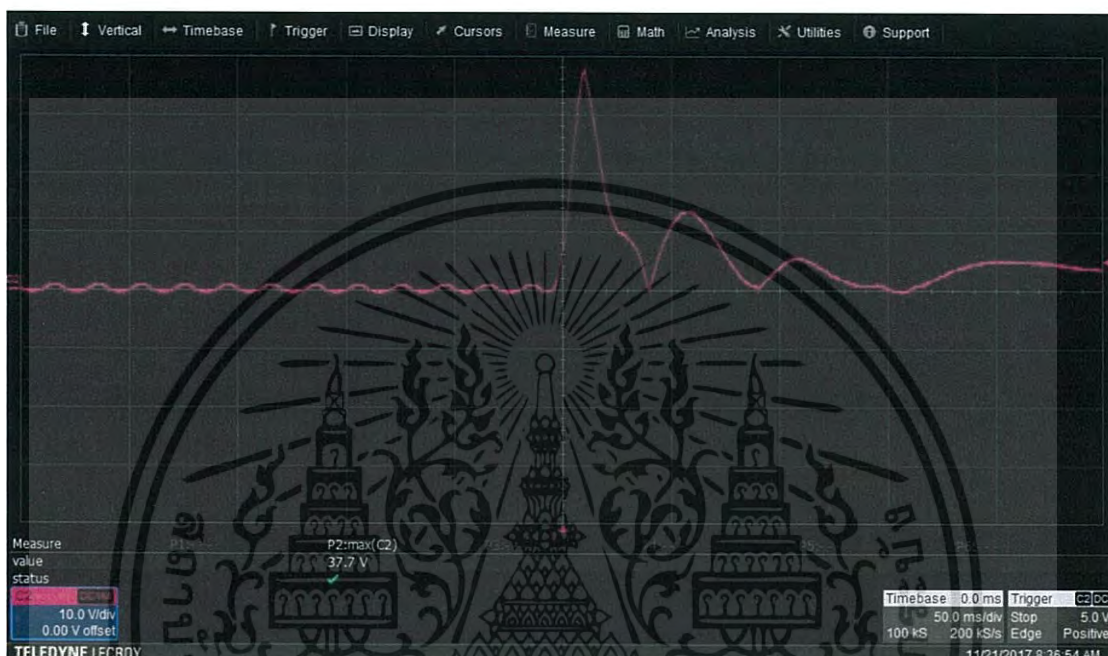
รูปที่ 3.4 แสดงการขั้นตอนการทำงานของวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน



รูปที่ 3.5 วงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะจัดทำโครงการได้ทำการสอบวัดแรงดันโดยปราศจากภาระทางไฟฟ้าซึ่งให้คนที่มือน้ำหนัก 60 ถึง 70 กิโลกรัม กระโดดทับชั้นงานจำลอง จากนั้นวัดแรงผ่านออสซิลโลสโคป (oscilloscope) ปรากฏว่าได้แรงดันอยู่ในช่วง 20 ถึง 40 โวลต์ ขึ้นกับความสูงของการกระโดดทับ ในการทดสอบนี้ได้ติดตั้งวงจรเรียงกระแสไว้แล้ว เพื่อปรับให้มีแต่แรงดันไฟฟ้าด้านบวกเท่านั้น

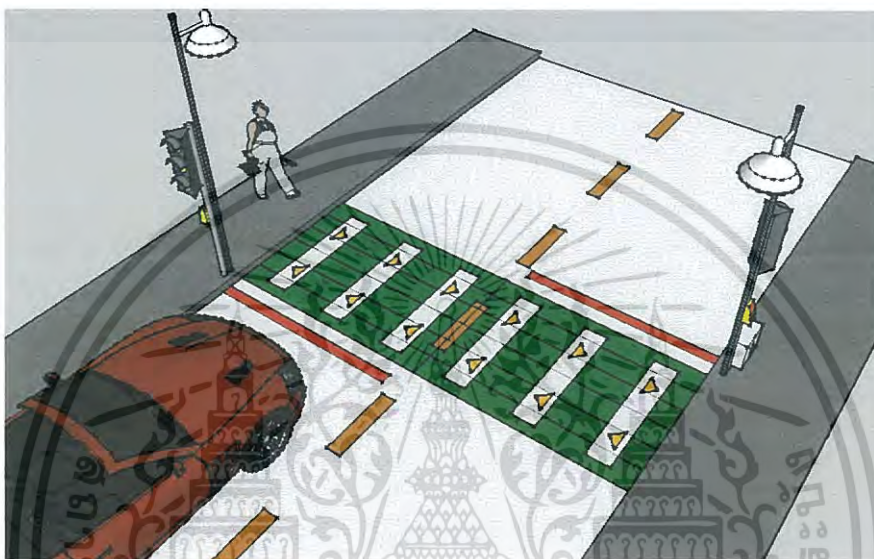


รูปที่ 3.6 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากการทดสอบกระโดดทับชั้นงาน กรณีปราศจากภาระไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบภาระทางไฟฟ้า

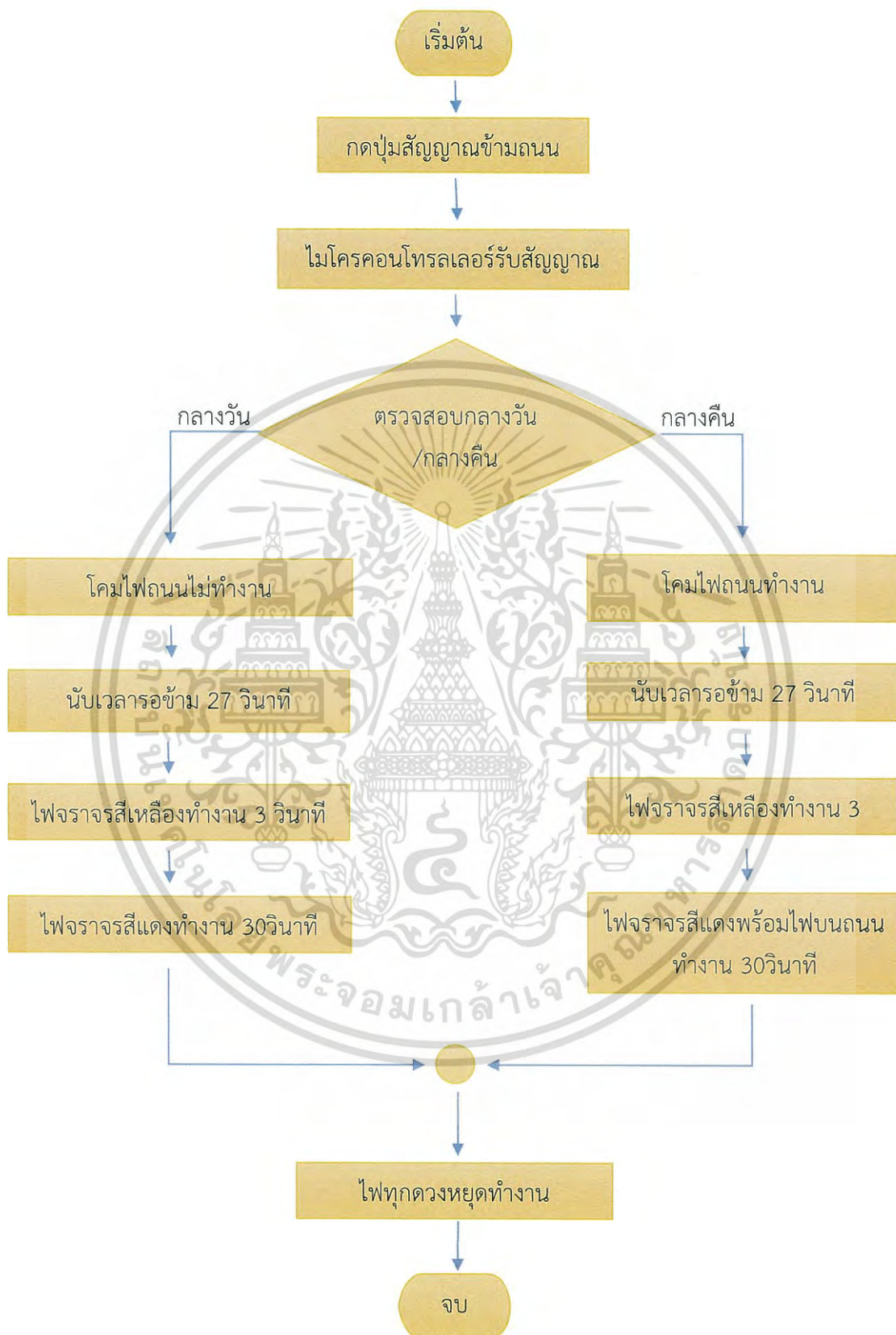
ไฟฟ้าที่สะสมได้ในแบตเตอรี่ จะนำไปใช้กับอุปกรณ์ให้แสงสว่างในเวลากลางคืนและให้สัญญาณคนข้ามถนนโดยที่ให้ผู้ที่จะข้ามกดปุ่มที่ติดตั้งไว้บริเวณทางข้าม จากนั้นสัญญาณจะส่งไปที่วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับนับเวลาเตรียมข้ามและนับเวลาขณะข้ามเพื่อปิด-เปิดสัญญาณไฟที่จะแจ้งให้ผู้ขับขี่ทราบเป็นไฟส่องสว่างขึ้นระหว่างทางข้ามจนผู้ข้ามสามารถข้ามไปอีกฝั่งหนึ่งได้อย่างปลอดภัย



รูปที่ 3.7 แสดงการติดตั้งหลอดไฟอัตโนมัติแปลงแสงตามแนวคิด

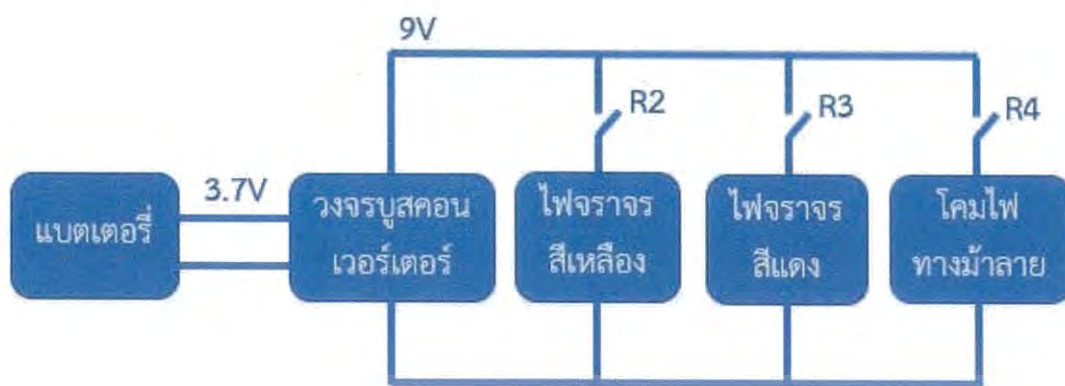
เมื่อมีคนมากดปุ่มสัญญาณข้ามถนน สัญญาณจะถูกส่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการตรวจสอบว่า ขณะนี้เป็นเวลากลางวันหรือกลางคืนโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับแสง ถ้าขณะนี้ เป็นเวลากลางคืน โคมไฟถนนจะทำงาน แต่ถ้าเป็นกลางวัน โคมไฟถนนจะไม่ทำงาน และในขณะเดียวกันไมโครคอนโทรลเลอร์จะนับเวลารอข้ามถนน 27 วินาที เมื่อนับครบแล้วสัญญาณไฟจราจรสีเหลืองจะสว่างขึ้นเป็นเวลา 3 วินาที เพื่อเตือนยานพาหนะให้เตรียมหยุด หลังจากนั้นสัญญาณไฟจราจรสีแดงจะสว่างขึ้นเป็นเวลา 30 วินาที และในขณะเดียวกันไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะนับเวลาข้ามถนน 30 วินาทีด้วยเช่นกัน ถ้าขณะที่สัญญาณไฟจราจรสีแดงทำงานอยู่เป็นเวลากลางคืน ไฟจากหลอดไฟอัตโนมัติแปลงแสงจะทำงานด้วย ซึ่งหลอดไฟอัตโนมัติแปลงแสงสีแดงติดตั้งเพื่อบอกยานพาหนะว่า ให้หยุดรอหลังเส้นสีแดง ส่วนหลอดไฟอัตโนมัติแปลงแสงสีเหลืองติดตั้งเพื่อบอกคนข้ามถนนให้เดินตามลูกศร เพื่อที่คนข้ามถนนจะได้ไม่เดินชนกัน แต่ถ้าสัญญาณไฟจราจรสีแดงทำงานอยู่เป็นเวลากลางวันไฟจากหลอดไฟอัตโนมัติแปลงแสงจะไม่ทำงาน เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์นับเวลาข้ามถนนครบ 30 วินาที ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งปิดไฟทุกดวงที่เคยทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

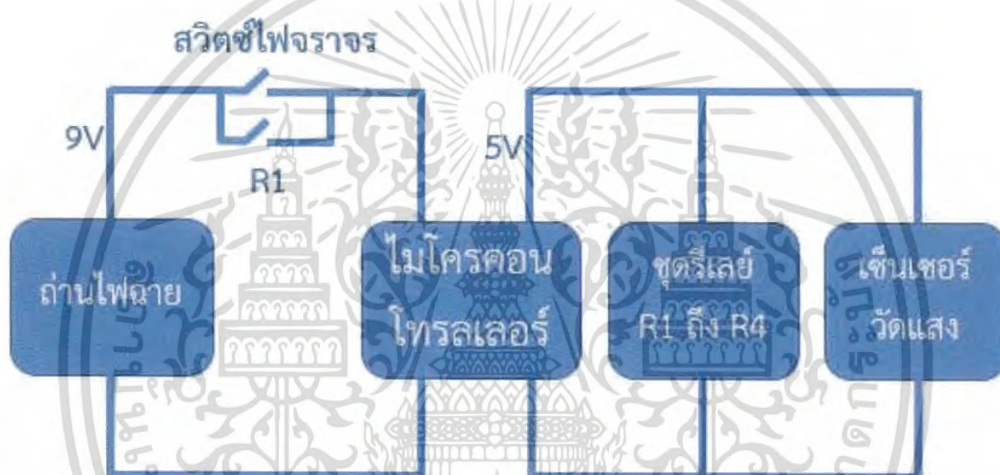


รูปที่ 3.8 แสดงการหลักการทำงานของภาระไฟฟ้าของโครงการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรการกระจายไฟฟ้า



รูปที่ 3.10 วงจรควบคุม

เมื่อกดสวิตช์ไฟจราจรไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งให้รีเลย์ 1 ทำงานเพื่อทำหน้าที่ปิดวงจรเมื่อหยุดกดสวิตช์ไฟจราจร สวิตช์ไฟจราจรอ่านค่าจากตัวรับแสงเพื่อที่จะรู้ว่าขณะที่ทำงานอยู่เป็นเวลากลางวันหรือกลางคืน จากนั้นจะนับเวลารอข้ามถนน 27 วินาที เมื่อนับเวลาครบ สัญญาณไฟจราจรสีเหลืองทำงาน 3 วินาที เมื่อสิ้นสุดสัญญาณไฟจราจรสีเหลือง สัญญาณไฟจราจรสีแดงจะทำงานต่อเป็นเวลา 30 วินาที การทำงานนี้จะเหมือนกันทั้งกลางวันและกลางคืน จะต่างแค่คอมพิวเตอร์จะทำงานในเวลากลางคืน โดยคอมพิวเตอร์จะเริ่มทำงานทันทีเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์รู้ว่าขณะที่ทำงานอยู่เป็นเวลากลางคืน ซึ่งจะทำงาน 60 วินาที หรือตลอดช่วงการทำงานของกระบวนการดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสคำสั่ง (Code) ที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของภาระทางไฟฟ้า

```

const int RelayControl1 = 7;
const int RelayControl2 = 6;
const int RelayControl3 = 5;
const int RelayControl4 = 4;

int sensor = A0;

int val = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(RelayControl1, OUTPUT); //กำหนดช่องเข้าพุดของสวิตซ์R1 เพื่อส่งค่าไปรีเลย์1
  pinMode(RelayControl2, OUTPUT); //กำหนดช่องเข้าพุดของไฟเหลือง เพื่อส่งค่าไปรีเลย์2
  pinMode(RelayControl3, OUTPUT); //กำหนดช่องเข้าพุดของไฟแดง เพื่อส่งค่าไปรีเลย์3
  pinMode(RelayControl4, OUTPUT); //กำหนดช่องเข้าพุดของไฟถนน เพื่อส่งค่าไปรีเลย์4
  pinMode (sensor, INPUT); //กำหนดช่องอินพุด เพื่อรับค่าจากตัวรับแสง
}

void loop()
{
  val = analogRead(sensor); //อ่านค่าจากตัวรับแสง

  digitalWrite(RelayControl1,HIGH); //สวิตซ์รีเลย์1 ทำหน้าที่เป็นเปิดวงจร
  digitalWrite(RelayControl2,HIGH); //สวิตซ์รีเลย์2 ทำหน้าที่เป็นเปิดวงจร
  digitalWrite(RelayControl3,HIGH); //สวิตซ์รีเลย์3 ทำหน้าที่เป็นเปิดวงจร
  digitalWrite(RelayControl4,HIGH); //สวิตซ์รีเลย์4 ทำหน้าที่เป็นเปิดวงจร

  if(val<=450) //ถ้าตัวรับแสงมีค่าน้อยกว่า450 กลางวัน
  {

```

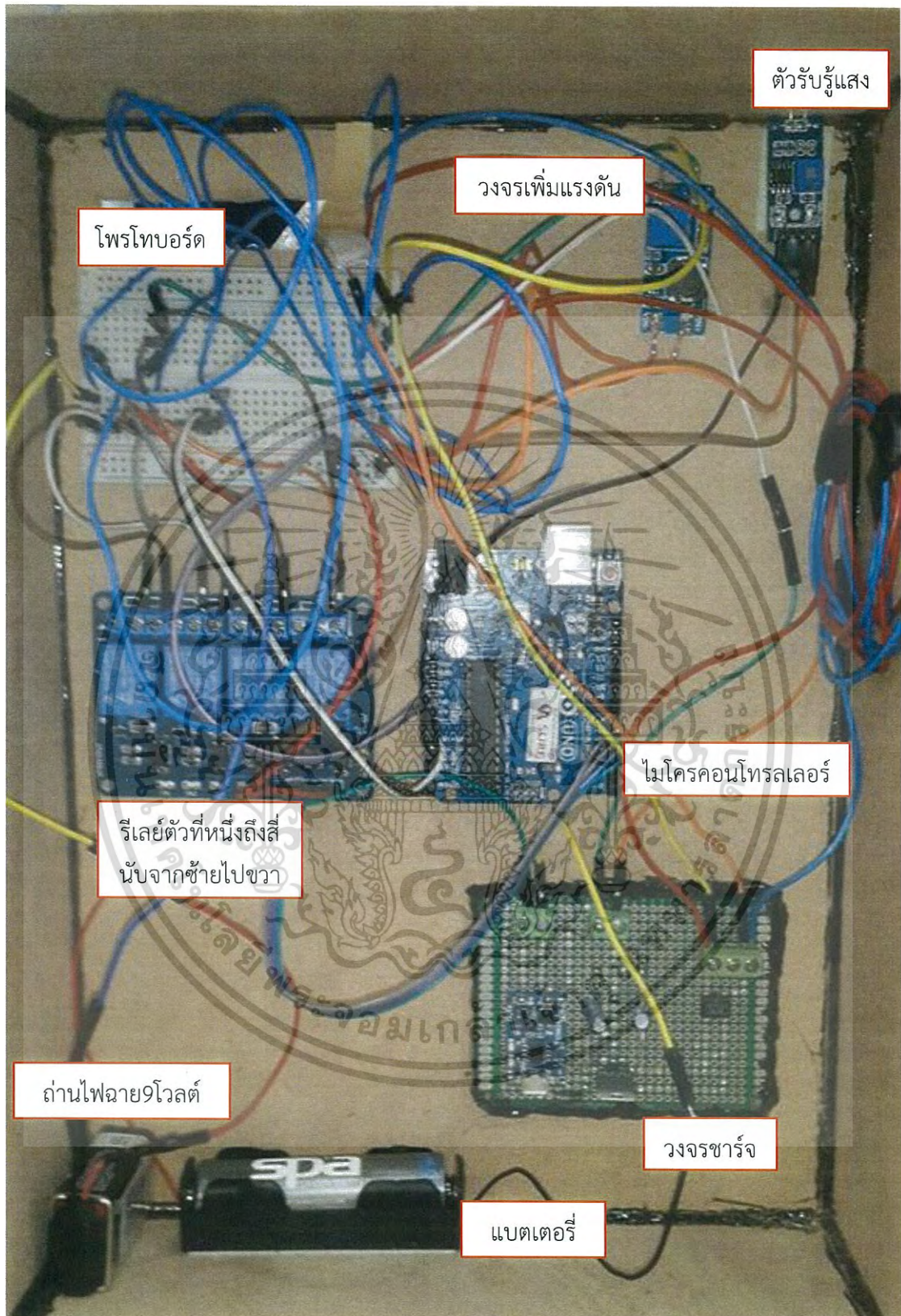
กำหนดช่องติดต่อให้กับรีเลย์

```

delay(27000); //นับเวลารอข้ามถนน27วินาที
digitalWrite(RelayControl2,LOW); //สวิตช์รีเลย์2 ทำหน้าที่เป็นปิดวงจร ไฟเหลืองติด
delay(3000); //ไฟเหลืองทำงาน3วินาที
digitalWrite(RelayControl2,HIGH); //สวิตช์รีเลย์2 ทำหน้าที่เป็นเปิดวงจร ไฟเหลืองดับ
digitalWrite(RelayControl3,LOW); //สวิตช์รีเลย์3 ทำหน้าที่เป็นปิดวงจร ไฟแดงติด
delay(30000); //ไฟแดงทำงาน30วินาที
digitalWrite(RelayControl3,HIGH); //สวิตช์รีเลย์3 ทำหน้าที่เป็นปิดวงจร ไฟแดงดับ
digitalWrite(RelayControl1,HIGH); //สวิตช์รีเลย์1 ทำหน้าที่เป็นเปิดวงจร
delay(500);
}
else(val>450); //ถ้าตัวรับแสงมีค่าตั้งแต่450ขึ้นไป กลางคืน
{
digitalWrite(RelayControl4,LOW); //สวิตช์รีเลย์4 ทำหน้าที่เป็นปิดวงจร โคมไฟทำงาน
digitalWrite(RelayControl1,LOW); //สวิตช์รีเลย์1 ทำหน้าที่เป็นปิดวงจร
delay(27000); //นับเวลารอข้ามถนน27วินาที
digitalWrite(RelayControl2,LOW); //สวิตช์รีเลย์2 ทำหน้าที่เป็นปิดวงจร ไฟเหลืองติด
delay(3000); //ไฟเหลืองทำงาน3วินาที
digitalWrite(RelayControl2,HIGH); //สวิตช์รีเลย์2 ทำหน้าที่เป็นเปิดวงจร ไฟเหลืองดับ
digitalWrite(RelayControl3,LOW); //สวิตช์รีเลย์3 ทำหน้าที่เป็นปิดวงจร ไฟแดงติด
delay(30000); //ไฟแดงทำงาน30วินาที
digitalWrite(RelayControl3,HIGH); //สวิตช์รีเลย์3 ทำหน้าที่เป็นปิดวงจร ไฟแดงดับ
digitalWrite(RelayControl4,HIGH); //สวิตช์รีเลย์4 ทำหน้าที่เป็นเปิดวงจร โคมไฟดับ
digitalWrite(RelayControl1,HIGH); //สวิตช์รีเลย์1 ทำหน้าที่เป็นเปิดวงจร
delay(500);
}
}

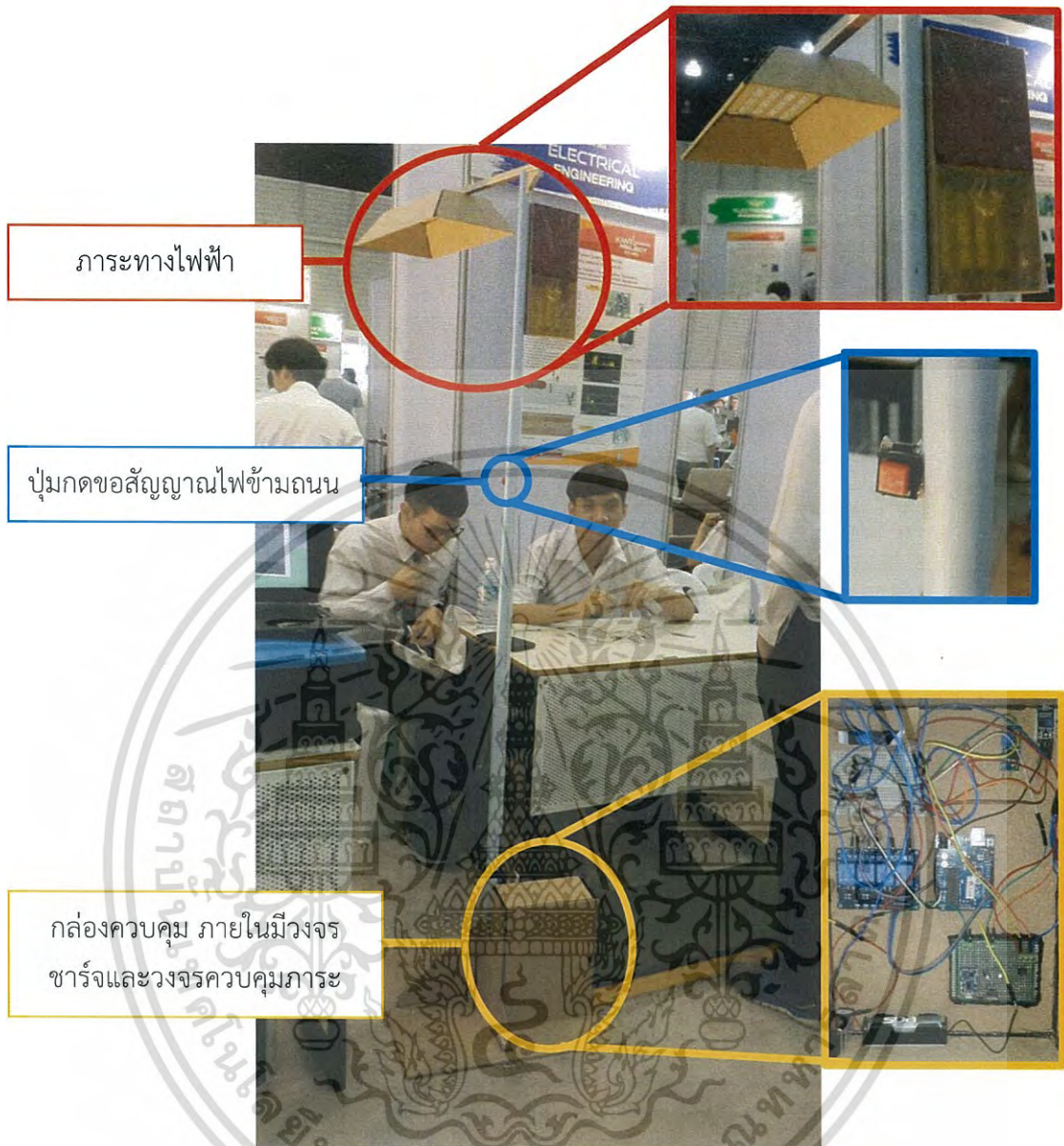
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ส่วนประกอบภายในกล่องควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การะทางไฟฟ้า ปุ่มกดขอสัญญาณไฟข้ามถนน และกล่องควบคุม

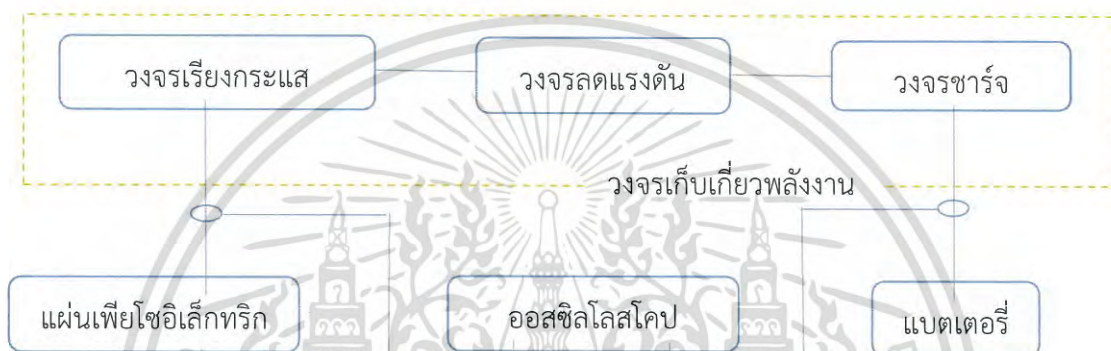
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

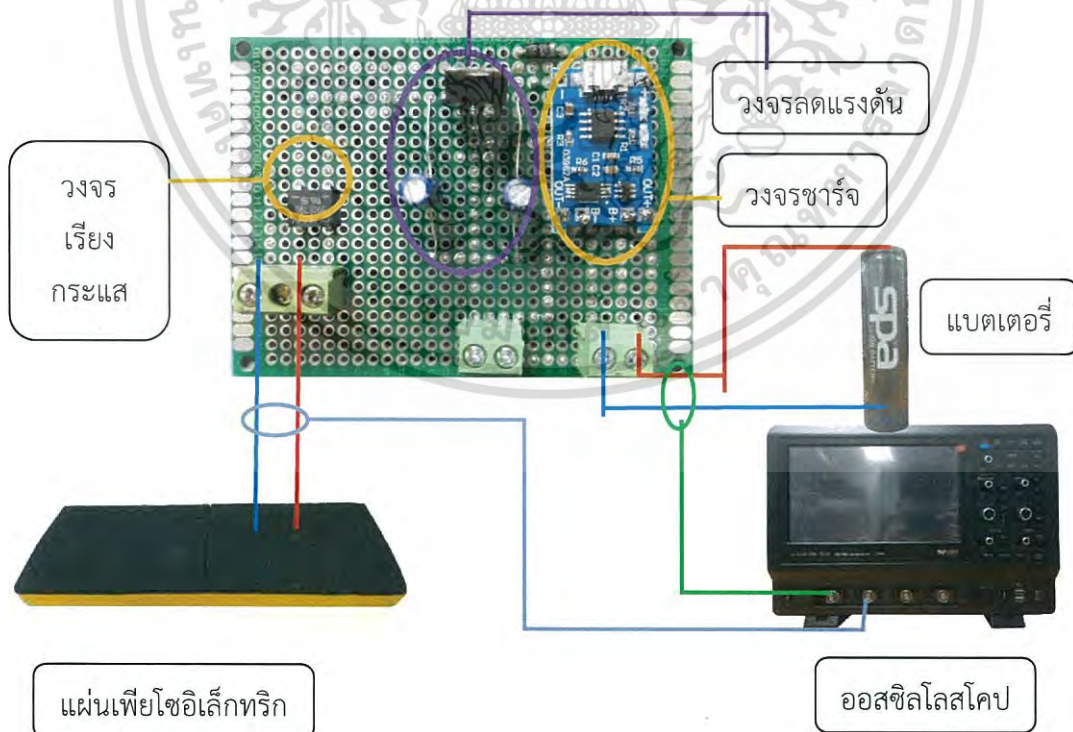
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ประสิทธิภาพของวงจรชาร์จ

การทดลองนี้จะทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด(peak current) และแรงดันไฟฟ้าสูงสุด(peak voltage) ซึ่งใช้ออสซิลโลสโคปในการเก็บผลการทดลองทั้งด้านเข้า(input) และด้านออก(output) เพื่อนำค่าที่วัดได้จากการทดลองมาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า จากนั้นหาค่าประสิทธิภาพโดยนำค่ากำลังไฟฟ้าทั้งด้านเข้าและด้านออกมาคำนวณ



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างการต่อวงจรของการทดลองที่ 4.1



รูปที่ 4.2 การต่อวงจรตามรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองจะให้รถยนต์ขับไปกวดตรงกลางของสเปสบาร์เพียโซอิเล็กทริก ด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากนั้นวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด และแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ทั้งด้านเข้าและด้านออกโดยใช้ออสซิลโลสโคป บันทึกผลการทดลองลงตารางที่ 4.1 บันทึกรูปคลื่นที่วัดได้ และคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า จากนั้นทำการทดลองซ้ำให้ค่าครบทุกช่องในตาราง



รูปที่ 4.3 การทดลองจริงเพื่อหาประสิทธิภาพของวงจรชาร์จ

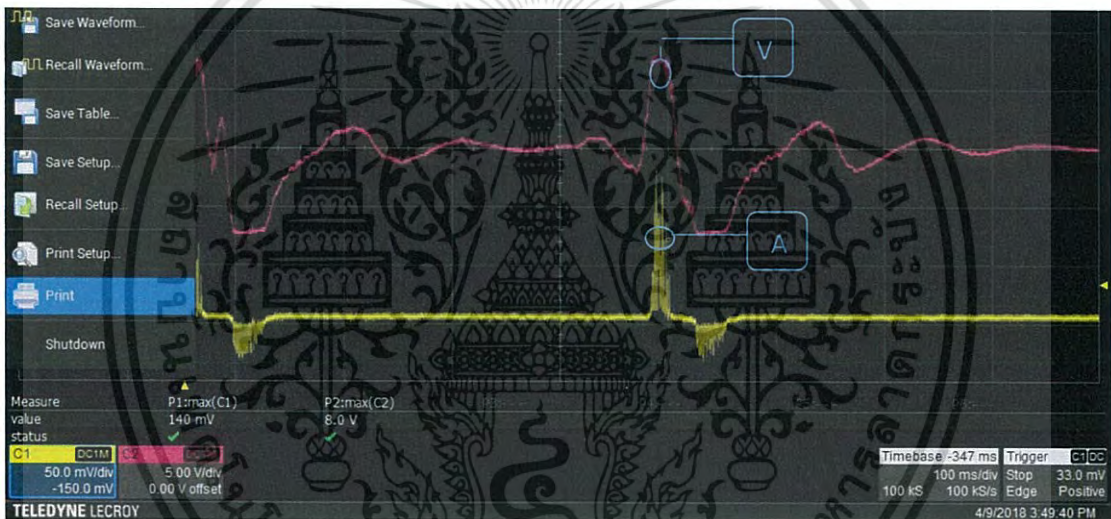
ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองหาประสิทธิภาพของวงจรชาร์จ

ครั้งที่	ด้านเข้า (input)			ด้านออก (output)		
	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (mA)	กำลังไฟฟ้า (mW)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (mA)	กำลังไฟฟ้า (mW)
1	8.00	66.42	531.36	3.83	56.21	215.28
2	8.00	72.26	578.08	3.83	60.34	231.10
3	7.80	70.80	552.24	3.80	66.20	251.56
เฉลี่ย	7.93	69.83	553.75	3.82	60.92	232.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านเข้าครั้งที่ 1

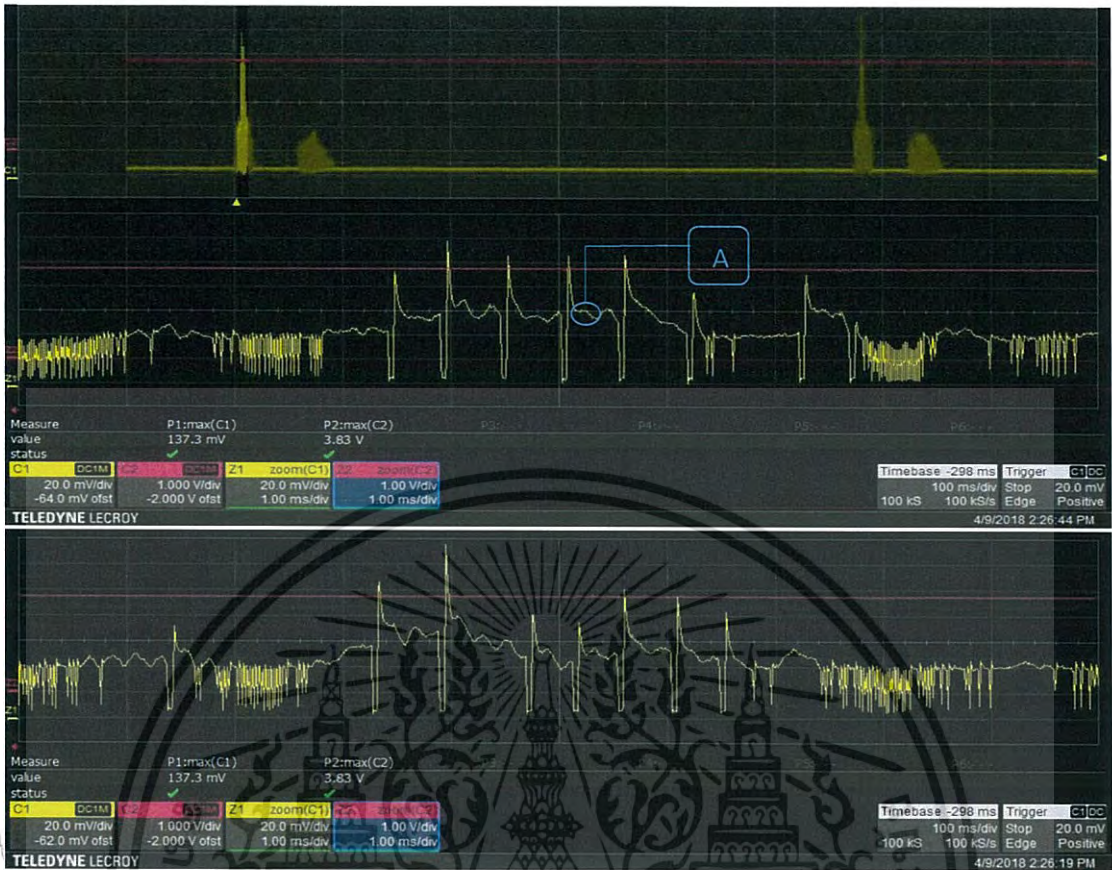


รูปที่ 4.5 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านเข้าครั้งที่ 2

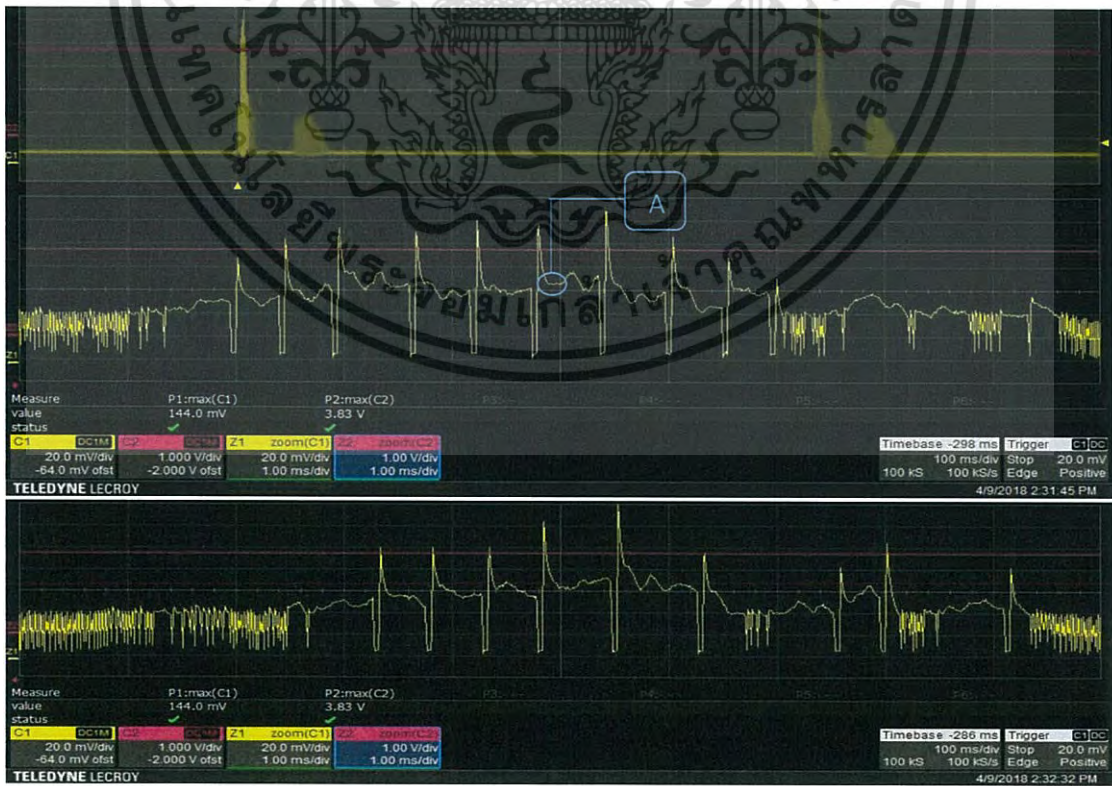


รูปที่ 4.6 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านเข้าครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

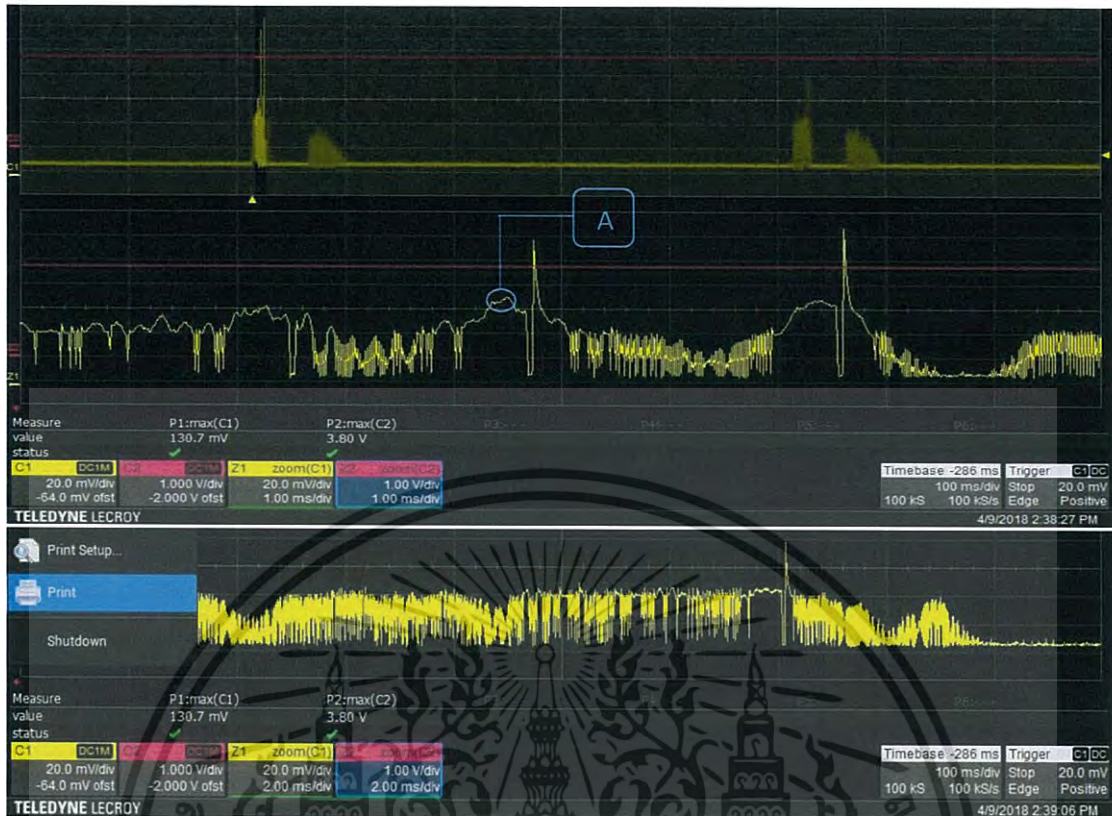


รูปที่ 4.7 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านออกครั้งที่1



รูปที่ 4.8 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านออกครั้งที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



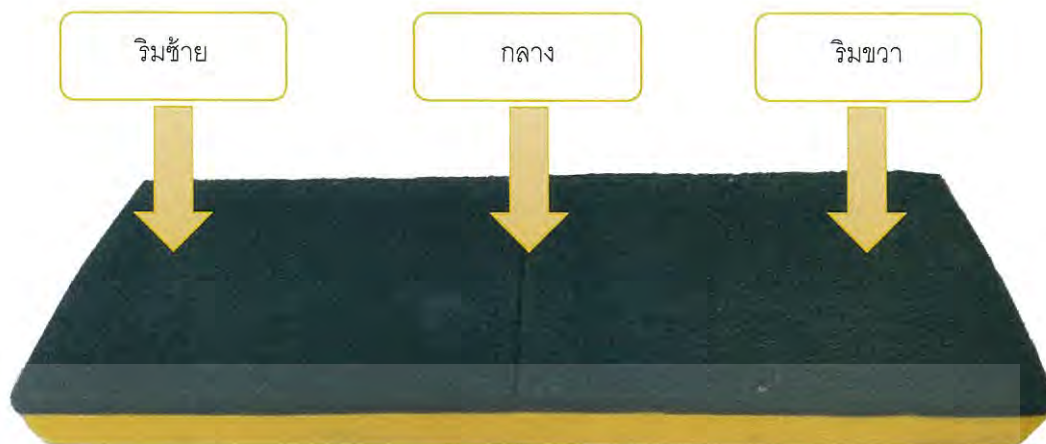
รูปที่ 4.9 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านออกครั้งที่3

จากตารางที่ 4.1 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยด้านเข้ามีค่าเท่ากับ 553.75 มิลลิวัตต์ และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยด้านออกมีค่าเท่ากับ 232.71 มิลลิวัตต์ โดยนำค่าที่ได้คำนวณหาค่าประสิทธิภาพของวงจรฯ ได้ 42.02%

4.2 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากตำแหน่งการกดสเปซบาร์เพียโซอิเล็กทริกที่ต่างกัน

การทดลองนี้จะวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด และแรงดันไฟฟ้าสูงสุด การต่อวงจรจะทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 4.1 แต่ใช้ออสซิลโลสโคปในการเก็บผลการทดลองที่ด้านเข้าของแบตเตอรี่เท่านั้น เมื่อทราบค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดและแรงดันไฟฟ้าสูงสุด จะนำมาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าและดูเวลาจากกราฟเพื่อคำนวณหาพลังงานที่ได้ แล้วเปรียบเทียบกับกันตามตำแหน่งการกดที่ต่างกัน

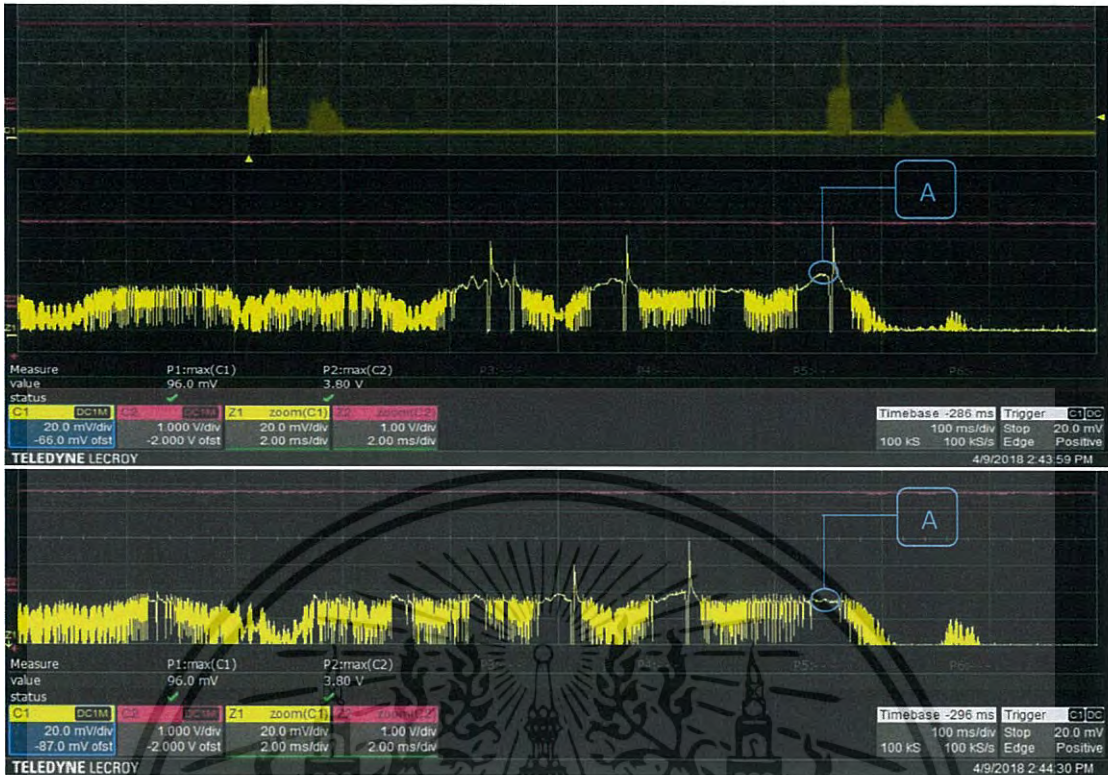
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



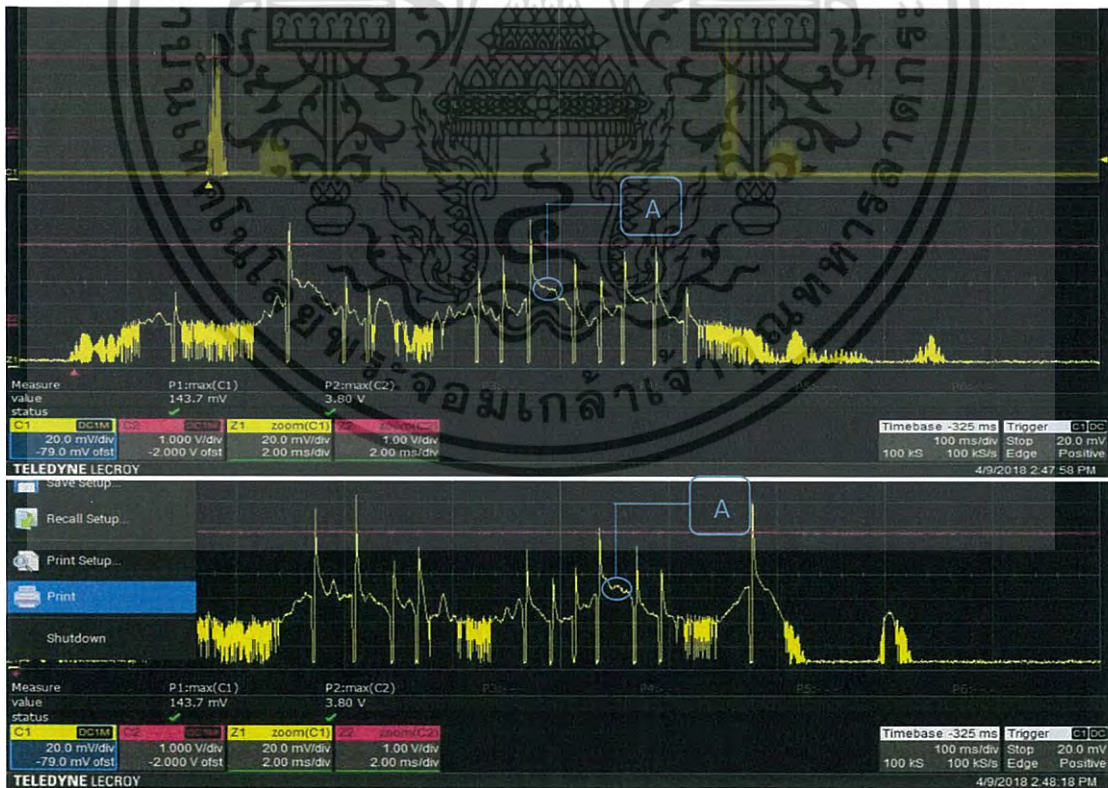
รูปที่ 4.10 ตำแหน่งการทดสอบสเปสบาร์เพียโซอิเล็กทริก

ในการทดลองจะให้รถยนต์ขับเคลื่อนด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผ่านสเปสบาร์เพียโซอิเล็กทริก ที่ตำแหน่งตามตารางที่ 4.2 จากนั้นวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด และแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ที่ด้านเข้าของแบตเตอรี่โดยใช้ออสซิลโลสโคป บันทึกผลการทดลองลงตารางที่ 4.2 บันทึกรูปคลื่นที่วัดได้ คำนวณค่ากำลังไฟฟ้า($P=VI$)และพลังงาน($W=Pt$) จากนั้นทำการทดลองซ้ำให้ค่าครบทุกช่องในตาราง ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองหากำลังไฟฟ้าที่ได้จากตำแหน่งที่ต่างกัน

ตำแหน่งการทดสอบ	ริมซ้าย			กลาง			ริมขวา			เฉลี่ย
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
แรงดันไฟฟ้า (V)	3.80	3.80	3.80	3.83	3.83	3.80	3.77	3.80	3.80	3.80
เฉลี่ย	3.80			3.82			3.79			
กระแสไฟฟ้า (mA)	51.86	68.00	44.07	56.21	60.34	66.20	55.93	52.24	66.10	57.88
เฉลี่ย	54.64			60.92			58.09			
กำลังไฟฟ้า (mW)	197.1	258.4	167.5	215.3	230.7	251.6	210.9	198.5	251.2	220.1
เฉลี่ย	207.7			232.5			220.2			
พลังงาน (mJ)	19.38	22.14	15.03	19.71	21.72	23.33	16.99	17.49	21.16	19.63
เฉลี่ย	18.85			21.59			18.55			

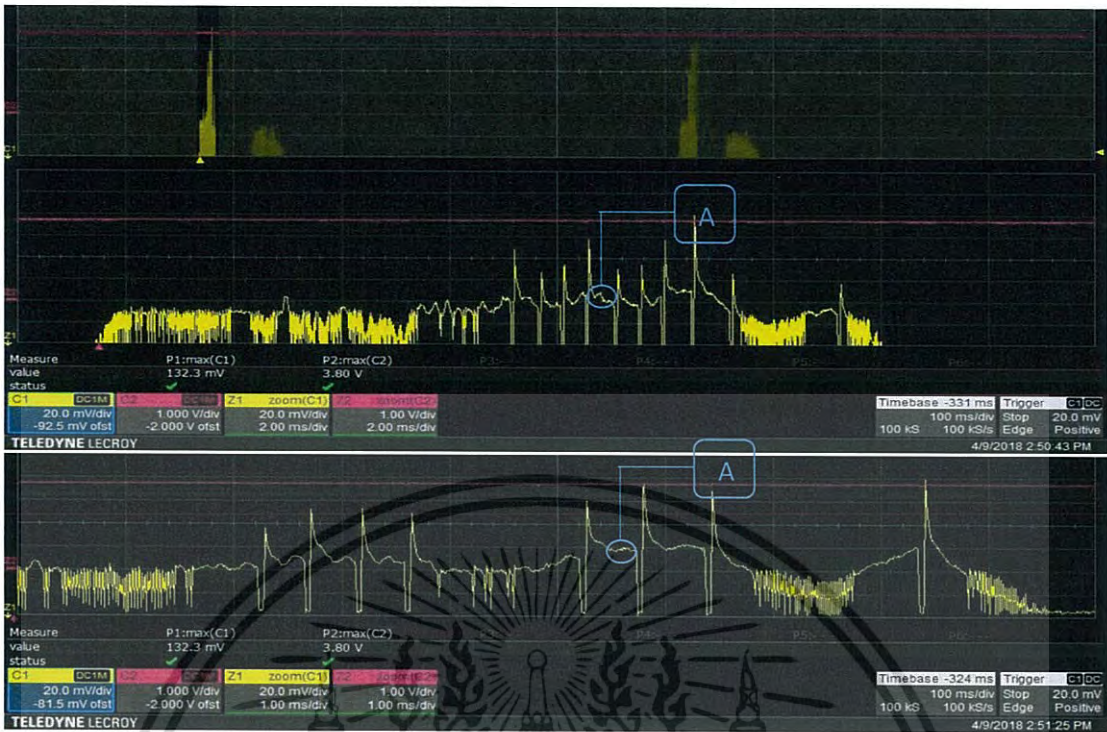


รูปที่ 4.11 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมซ้ายครั้งที่ 1

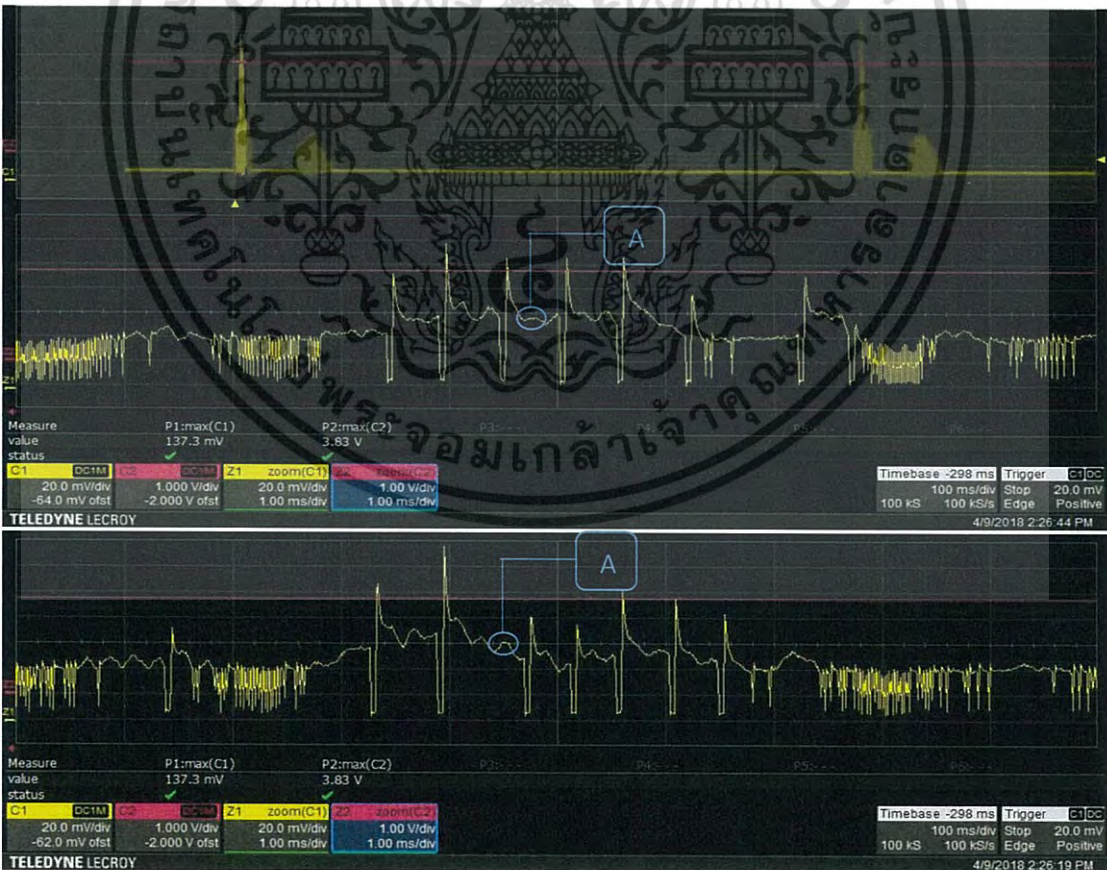


รูปที่ 4.12 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมซ้ายครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมซ้ายครั้งที่3

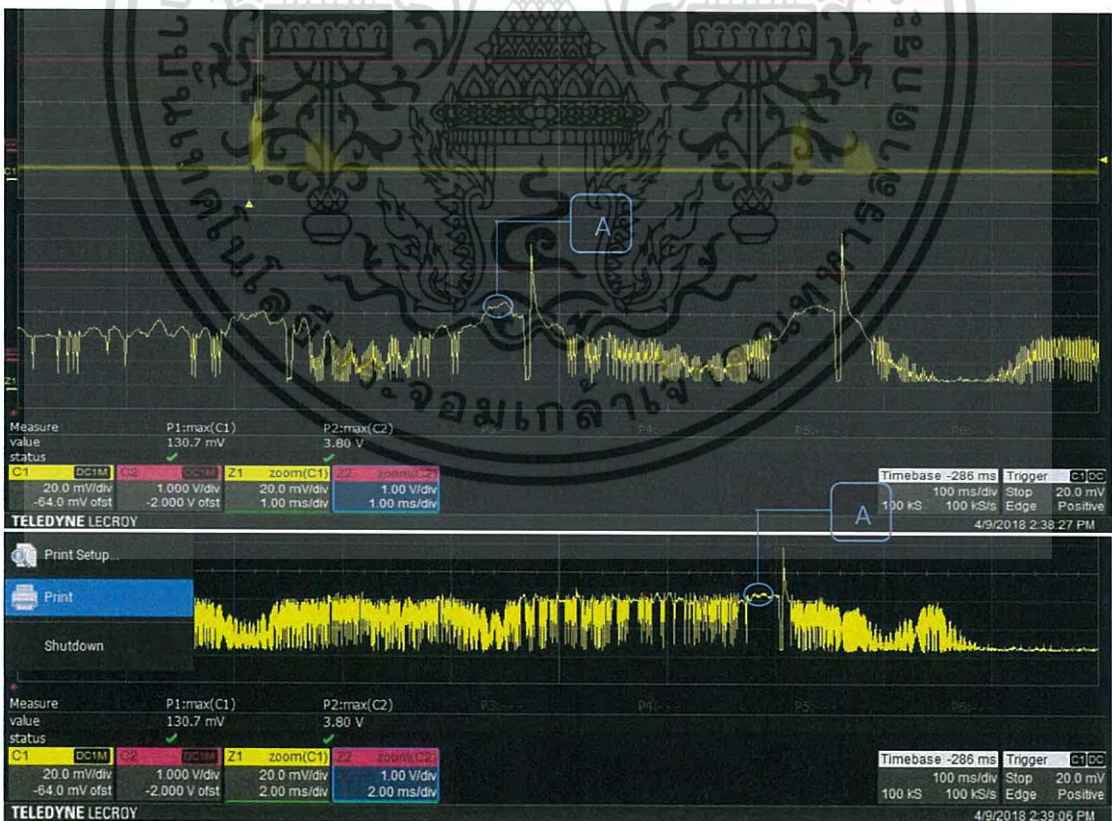


รูปที่ 4.14 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งกลางครั้งที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

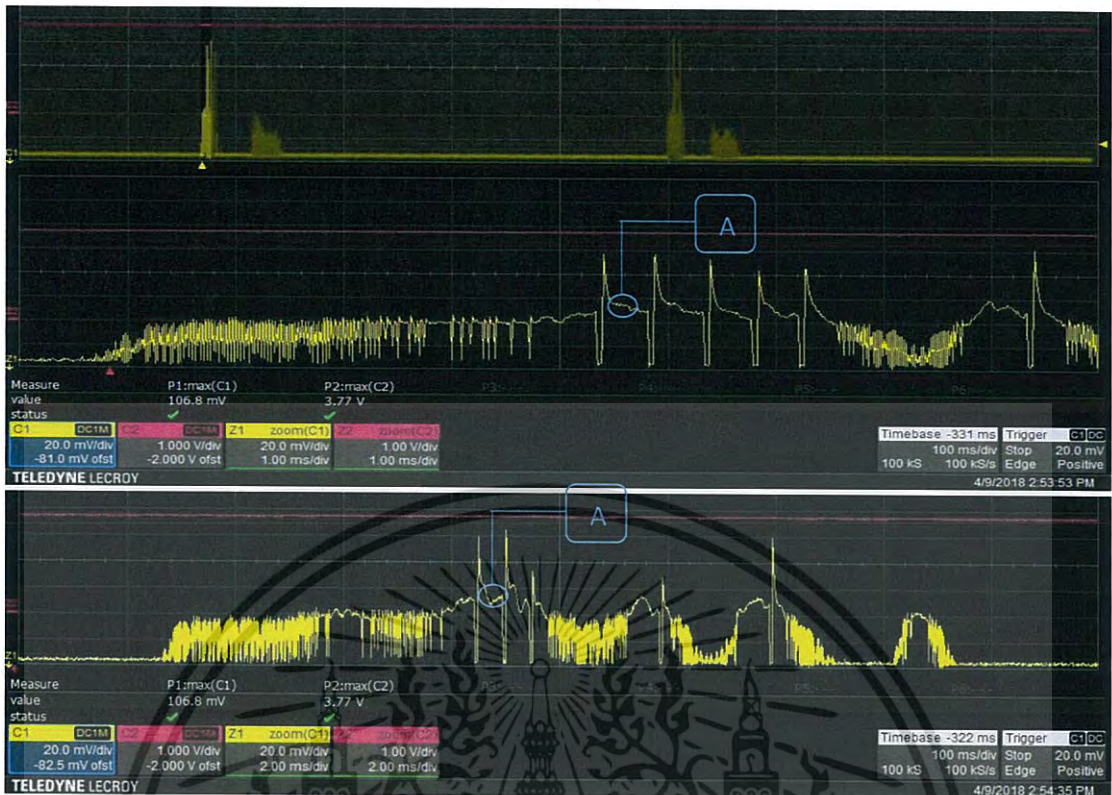


รูปที่ 4.15 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งกลางครั้งที่ 2

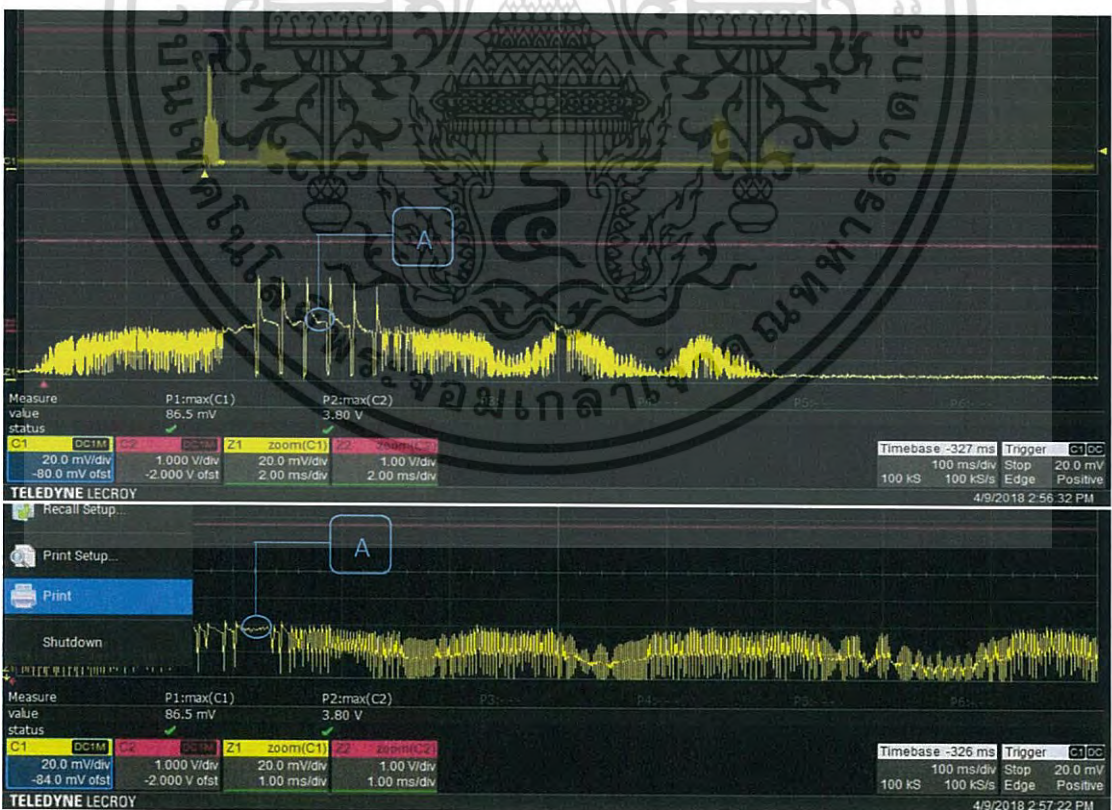


รูปที่ 4.16 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งกลางครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

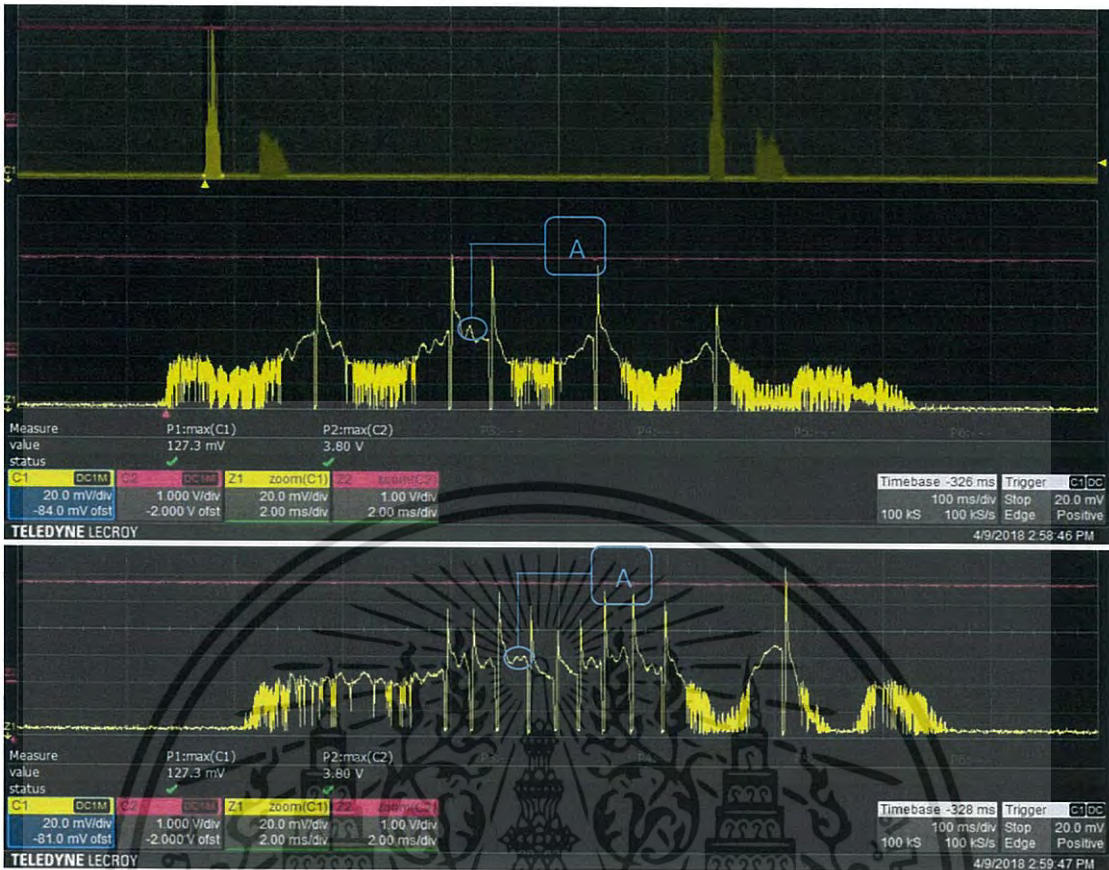


รูปที่ 4.17 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมขวาคั้งที่ 1



รูปที่ 4.18 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมขวาคั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

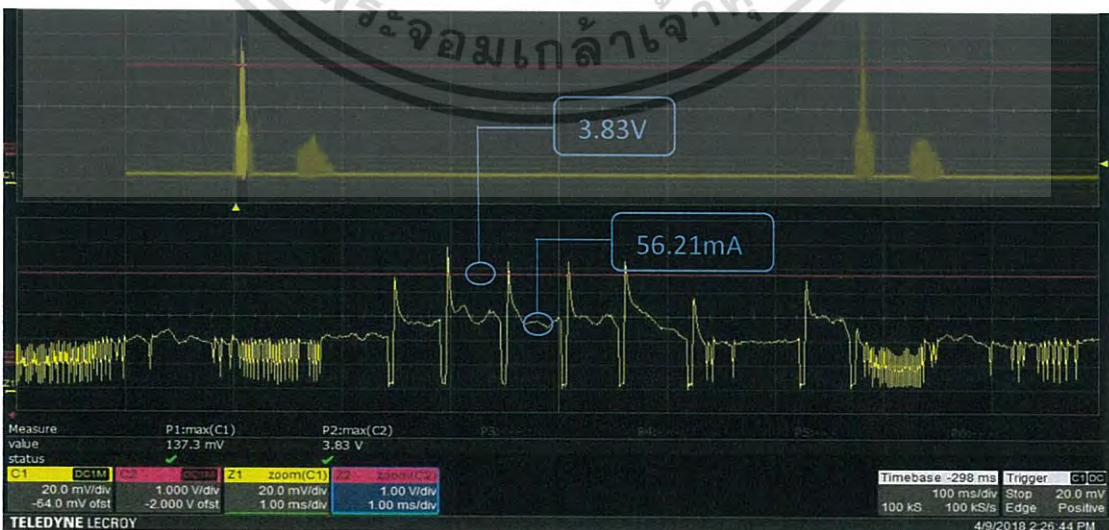


รูปที่ 4.19 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมขวาครั้งที่3

ตัวอย่างการคำนวณ ใช้ค่าของการกดที่ตำแหน่งตรงกลางครั้งที่1

การคำนวณกำลังไฟฟ้า

จากกราฟ(รูปที่4.14) เราจะนำค่ากระแสที่อ่านได้จากกราฟมาคูณกับค่าแรงดัน โดยเลือกช่วงกระแสที่ไม่มีสัญญาณรบกวนและโอเวอร์ชูต



รูปที่ 4.20 ตัวอย่างการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอ่านได้ 56.21มิลลิแอมป์ และ 3.83โวลต์ นำมาคำนวณตามสมการ

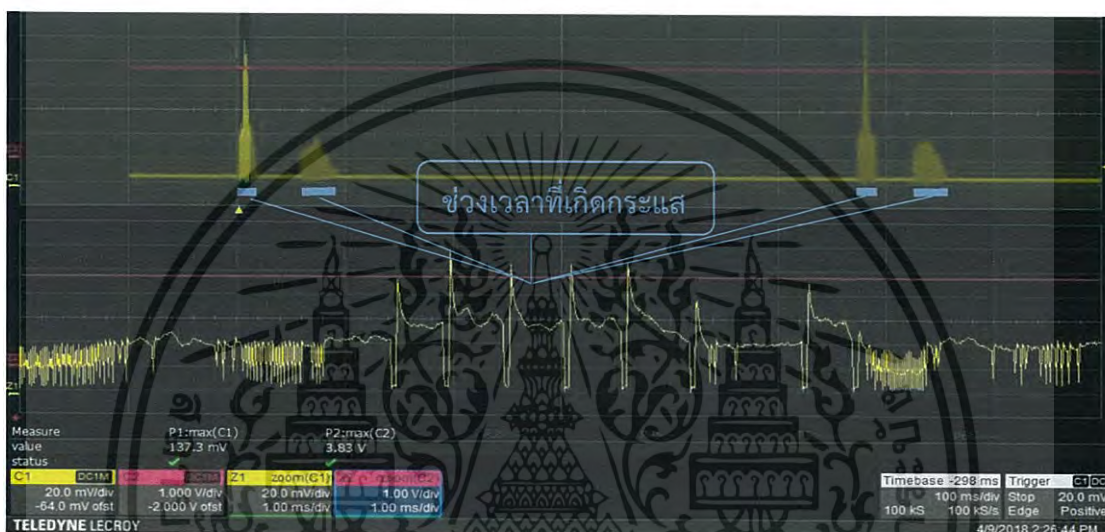
$$P=VI$$

$$P=3.81 \times 56.21$$

$$P=215.3 \text{ มิลลิวัตต์}$$

การคำนวณพลังงาน

จากกราฟ(รูปที่4.14) เราจะอ่านช่วงเวลาที่เกิดกระแสขึ้นจากกราฟ แล้วนำมาคูณกับกำลังไฟฟ้าที่คำนวณไว้ก่อนหน้านี้



รูปที่ 4.21 ตัวอย่างการคำนวณค่าพลังงาน

ซึ่งอ่านได้ 91.53มิลลิวินาที และค่ากำลังไฟฟ้าที่คำนวณไว้ 215.3มิลลิวัตต์

$$W=Pt$$

$$W=215.3 \times 91.53$$

$$W=19.71 \text{ มิลลิจูล}$$

จากตารางที่4.2 จะเห็นว่าที่บริเวณตำแหน่งกลางให้ค่าพลังงานเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาเป็นบริเวณริมขวาและริมซ้ายซึ่งมีค่า 21.59 มิลลิจูล, 18.85 มิลลิจูล และ 18.85 มิลลิจูล ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าพลังงานเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยหากนำค่าเฉลี่ยพลังงานที่ตำแหน่งกลาง ริมขวา และริมซ้าย มาหาค่าเฉลี่ยรวมจะได้ค่าพลังงานเท่ากับ 19.63 มิลลิจูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

พื้นกำเนิดพลังงานที่จัดทำขึ้นมีขนาดพื้นที่ 0.84 ตารางเมตร ได้ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจำนวน 44 แผ่นซึ่งครอบคลุมล้อ 1 คู่ ซ้าย - ขวา ของรถยนต์ จากการทดลองเมื่อนำแผ่นเพียโซมาอิเล็กทรอนิกส์ต่อเข้ากับวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานลงแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนขนาด 3.7 โวลต์จะได้กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 220 มิลลิวัตต์ต่อแรงทางกลที่มากกระทำ 1 ครั้ง หรือ 440 มิลลิวัตต์ต่อรถยนต์ที่เคลื่อนที่ผ่าน 1 คัน ซึ่งเมื่อคิดเป็นพลังงานจะได้ 19.63 มิลลิจูลต่อรถยนต์ที่เคลื่อนที่ผ่าน 1 คัน สามารถที่จะนำพลังงานมาเก็บเข้าแบตเตอรี่ จากนั้นนำพลังงานมาผ่านวงจรปรับระดับแรงดันขึ้นเป็น 12 โวลต์สำหรับใช้กับหลอดส่องสว่างเพื่อเป็นสัญญาณข้ามถนนและให้แสงสว่างในเวลากลางคืน

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1. ควรเพิ่มประสิทธิภาพของวงจรชาร์จให้สูงขึ้น โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีกำลังสูญเสียต่ำในการสร้างวงจรชาร์จ หรือศึกษาหาวงจรชาร์จอื่นๆ
2. ควรนำชิ้นงานไปทดลองในสถานที่จริงเพื่อเก็บข้อมูลกำลังไฟฟ้าที่ได้ในแต่ละวัน และเพื่อทดสอบความคงทนของชิ้นงาน
3. วัสดุโครงสร้างของชิ้นงานในปริญญานิพนธ์นี้ได้สร้างจากไม้ ดังนั้นอาจมีวัสดุที่ดีกว่า
4. พลังงานสูงสุดจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เกิดเมื่อมีการสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก และแรงกดที่กระทำต่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริก ดังนั้นควรศึกษาวิธีที่จะทำให้แผ่นเพียโซอิเล็กทริกสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติ และวิธีให้แรงกดสูงสุดกระทำต่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริก โดยที่แรงกระทำนั้นไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับแผ่นเพียโซอิเล็กทริก
5. ควรศึกษาตลาดสินค้าของ หลอดไดโอดเปล่งแสง ไมโครคอนโทรลเลอร์ และรีเลย์ เพื่อหาวัสดุที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ซึ่งส่งผลให้ลดการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เมื่อมีคนกดปุ่มสัญญาณไฟ
6. ควรหาวิธีติดตั้งสายไฟให้ได้ระยะที่สั้นที่สุดเพื่อลดกำลังสูญเสีย เนื่องจากพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกมีปริมาณน้อยมาก
7. ควรศึกษาชนิดของแบตเตอรี่ เพื่อหาแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Saha, S. Goswami, S. Chakrabarty and S. Sarkar, "Simulation and model verification of shoe embedded piezoelectric energy harvester," *2014 6th IEEE Power India International Conference (PIICON)*, Delhi, 2014, pp. 1-6.
- [2] Othman, "Modeling of piezoelectric energy harvesting system embedded in soldier's boot using Matlab/Simulink," *2017 International Conference on Military Technologies (ICMT)*, Brno, 2017, pp. 787-792.
- [3] P. J. Paul, R. S. D. Tutu, W. K. Richards and V. M. Jerome, "Project power shoe: Piezoelectric wireless power transfer? A mobile charging technique," *2015 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, Seattle, WA, 2015, pp. 334-339.
- [4] T. Ishii et al., "A flapping-based piezoelectric power generator for bicycle," *2017 IEEE 26th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, Edinburgh, 2017, pp. 921-925.
- [5] J. H. Kim et al., "Designing a piezoelectric energy harvester using clicking mechanism," *2016 IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*, Birmingham, 2016, pp. 496-499.
- [6] X. Ojeda, X. Mininger, M. Gabsi, S. Hlioui and M. Lecrivaini, "Active piezoelectric vibration control for high speed switched reluctance machine," *2007 European Conference on Power Electronics and Applications*, Aalborg, 2007, pp. 1-9.
- [7] H. Lin et al., "Design of a hybrid piezoelectric-electromagnetic vibration power generator," *2016 IEEE 16th International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO)*, Sendai, 2016, pp. 464-467.
- [8] X. Ojeda, X. Mininger, M. Gabsi, S. Hlioui and M. Lecrivaini, "Active piezoelectric vibration control for high speed switched reluctance machine," *2007 European Conference on Power Electronics and Applications*, Aalborg, 2007, pp. 1-9.

- [9] P. Panthongsy, D. Isarakorn, T. Sudhawiyangkul and S. Nundrakwang, "Piezoelectric energy harvesting from machine vibrations for wireless sensor system," *2015 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, Hua Hin, 2015, pp. 1-6.
- [10] F. Khameneifar, S. Arzanpour and M. Moallem, "A Piezoelectric Energy Harvester for Rotary Motion Applications: Design and Experiments," in *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 18, no. 5, pp. 1527-1534, Oct. 2013.
- [11] J. Ojeda, X. Mininger and M. Gabsi, "An active piezoelectric absorber for vibration control of electrical machine," *2013 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, Cape Town, 2013, pp. 234-241.
- [12] F. Pan, Z. Xu, P. Pan and L. Jin, "Piezoelectric energy harvesting from vortex-induced vibration using a modified circular cylinder," *2017 20th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, Sydney, Australia, 2017, pp. 1-5.
- [13] N. A. Lamberti, M. La Mura, G. Caliano and A. S. Savoia, "Design and performance of an active acoustic back cover based on piezoelectric elements," *2015 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS)*, Taipei, 2015, pp. 1-4.
- [14] M. Lok, X. Zhang, E. F. Helbling, R. Wood, D. Brooks and G. Y. Wei, "A power electronics unit to drive piezoelectric actuators for flying microrobots," *2015 IEEE Custom Integrated Circuits Conference (CICC)*, San Jose, CA, 2015, pp. 1-4.
- [15] H. Sun, D. Zhu, N. M. White and S. P. Beeby, "A miniature piezoelectric energy harvester for air flows," *2015 Symposium on Design, Test, Integration and Packaging of MEMS/MOEMS (DTIP)*, Montpellier, 2015, pp. 1-3.
- [16] D. Vasic and Y. Yao, "PWM interface for piezoelectric energy harvesting," in *Electronics Letters*, vol. 49, no. 13, pp. 843-845, June 20 2013.

- [17] R. Mishra, S. Jain and C. Durgaprasad, "Analysis of piezoelectric buzzers as vibration energy harvesters," *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, 2016, pp. 1660-1664.
- [18] B. B. Gall *et al.*, "High voltage piezoelectric system for generating neutrons," *2013 Abstracts IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS)*, San Francisco, CA, 2013, pp. 1-1.
- [19] X. f. Zhang, S. d. Hu and H. s. Tzou, "Experimental study of a piezoelectric ring energy harvester," *2013 Symposium on Piezoelectricity, Acoustic Waves, and Device Applications*, Changsha, 2013, pp. 1-4.
- [20] S. Berjaoui, R. Alkhatib, A. Elshiekh, M. Morad and M. O. Diab, "Free flowing robot for automatic pipeline leak detection using piezoelectric film sensors," *2015 International Mediterranean Gas and Oil Conference (MedGO)*, Mechref, 2015, pp. 1-3.
- [21] B. Vasuki, S. Sathiyaraj and K. Suresh, "A new piezoelectric laminated cantilever resonance based hydraulic pump," *2013 IEEE Sensors Applications Symposium Proceedings*, Galveston, TX, 2013, pp. 197-201.
- [22] M. Kobayashi, T. Ikari, S. Kurose and T. Igasaki, "Heartbeat interval monitoring by PZT/PZT flexible piezoelectric film sensor," *2015 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS)*, Taipei, 2015, pp. 1-3.
- [23] D. Shi, Y. Civet and Y. Perriard, "Design and optimization of piezoelectric actuated plate eigenmodes for workpiece transportation," *2015 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, Busan, 2015, pp. 1265-1270.
- [24] A. L. Gama, W. B. de Lima, J. A. Santisteban and J. P. S. de Veneza, "Proposal of New Strain Transducers Based on Piezoelectric Sensors," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 15, no. 11, pp. 6263-6270, Nov. 2015.
- [25] A. Moudgil and S. Swaminathan, "MEMS based piezoelectric sensor system for virus detection," *10th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems*, Xi'an, 2015, pp. 337-342.

- [26] A. L. Williams, "Piezoelectric Microphones," in *Journal of the Society of Motion Picture Engineers*, vol. 23, no. 4, pp. 196-209, Oct. 1934.
- [27] B. M. Kambalur and Anoop K, "Piezoelectric energy powered remote listening device: A proposed application," *2015 IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)*, Coimbatore, 2015, pp. 1-3.
- [28] R. Layak, P. P. Nayak, P. Sengupta, D. P. Kar and S. Bhuyan, "Wireless energizing of piezoelectric component using ultrasonic wave," *2015 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies [ICCPCT-2015]*, Nagercoil, 2015, pp. 1-3.
- [29] N. A. Lamberti *et al.*, "A resonant sensor for liquid density measurement based on a piezoelectric bimorph," *2015 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS)*, Taipei, 2015, pp. 1-4.
- [30] M. Farooq and E. Sazonov, "Comparative testing of piezoelectric and printed strain sensors in characterization of chewing," *2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, Milan, 2015, pp. 7538-7541.
- [31] A. Dicks, V. Lohweg, H. Wittke and S. Linke, "Structural health monitoring of plastic components with piezoelectric sensors," *2015 IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)*, Luxembourg, 2015, pp. 1-4.
- [32] T. Fukue, K. Hirose and H. Terao, "Cooling performance of impinging jet from piezoelectric micro blower mounted in narrow flow passage," *2015 International Conference on Electronics Packaging and iMAPS All Asia Conference (ICEP-IAAC)*, Kyoto, 2015, pp. 605-610.
- [33] Y. Wu and M. Deng, "Operator-based vibration control for an L-type arm of crane systems using piezoelectric actuator," *2015 IEEE 12th International Conference on Networking, Sensing and Control*, Taipei, 2015, pp. 197-201.
- [34] V. Shrikanth, K. R. Y. Simha and M. S. Bobji, "Frictional force measurement during stick-slip motion of a piezoelectric walker," *2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, Seville, 2015, pp. 1463-1468.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [35] J. W. Tsai, J. J. Wang and Y. C. Su, "Piezoelectric rubber films for human physiological monitoring and energy harvesting," *2013 IEEE 26th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)*, Taipei, 2013, pp. 841-844.f
- [36] F. Xue, J. Hu, S. X. Wang and J. He, "Electric Field Sensor Based on Piezoelectric Bending Effect for Wide Range Measurement," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 62, no. 9, pp. 5730-5737, Sept. 2015.
- [37] L. Graber, S. Smith, D. Soto, I. Nowak, J. Owens and M. Steurer, "A new class of high speed disconnect switch based on piezoelectric actuators," *2015 IEEE Electric Ship Technologies Symposium (ESTS)*, Alexandria, VA, 2015, pp. 312-317.
- [38] S. K. Mahadeva, K. Walus and B. Stoeber, "Piezoelectric paper for physical sensing applications," *2015 28th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)*, Estoril, 2015, pp. 861-864.
- [39] Y. Tomimatsu *et al.*, "A wake-up switch using a piezoelectric differential pressure sensor," *2013 IEEE Eighth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing*, Melbourne, VIC, 2013, pp. 23-26.
- [40] G. M. Gilson, S. J. Pickering, D. B. Hann and C. Gerada, "Piezoelectric Fan Cooling: A Novel High Reliability Electric Machine Thermal Management Solution," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 60, no. 11, pp. 4841-4851, Nov. 2013.
- [41] รศ.ดร.วีรเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. พิมพ์ครั้งที่14. กทม: ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พรินติ้ง, 2557.
- [42] Patel, I. **Ceramic based intelligent piezoelectric energy harvesting device.** Edited by Costas Sikalidis. In *Advances in ceramics-electric and magnetic ceramics, bioceramics, ceramics, and environment*. Vol. 1. Croatia : InTech, p. 2011, 133-154.

- [43] หัสขณาธิป บุญตรี, สุรวุฒิ พิพิธพิทักษ์, เสมา หงษ์อินทร์, อนุวัตร ทองใบ. (2558). การเก็บสะสมพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก. ปรินูญานิพนธ์ วศ.บ. (การอุดมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร.
- [44] สิริอักษร เกียรติโพธิ์, อภิวัฒน์ กันสาตร์, อรปรียา ควรแสงกิจ, อักษิพร ภูริทิพย์. (2559). พื้นกำเนิดพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก. ปรินูญานิพนธ์ วศ.บ. (การอุดมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร.
- [45] นิธิวัฒน์ ตรงฤทธิชัยการ, สุภัค ธรรมจรัสแสง, สุรกิจ พันธุ์ไพศาล. (2560). การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริก. ปรินูญานิพนธ์ วศ.บ. (การอุดมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางม้าลาย

DEVELOPMENT OF POWER GENERATION FLOORING USING PIEZOELECTRIC MATERIAL FOR CROSSWALK

กิตติพิศ ภูพันธ์, จักรพล สมจิตต์, ธนภัทร ไทยอ่อน, ธนาภูมิ เสงูชากร

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชอย 1 ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งพลังงานที่ช่วยอำนวยความสะดวกและใช้สร้างความปลอดภัยในการดำเนินชีวิต จนเริ่มเกิดปัญหาขาดแคลนทรัพยากรสำหรับผลิตไฟฟ้า ทำให้พลังงานไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จึงต้องมีการหาพลังงานทางเลือกใหม่ ซึ่งจะช่วยให้มีพลังงานใช้อย่างเพียงพอและลดการสิ้นเปลืองทรัพยากรสำหรับผลิตไฟฟ้าที่ใช้แล้วหมดไป

นำไปสู่การออกแบบพื้นกำเนิดพลังงานด้วยแผ่นเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางม้าลาย โดยจำลองสำหรับพื้นถนนบริเวณทางม้าลาย ซึ่งอาศัยปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกเปลี่ยนพลังงานทางกลเป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อแผ่นเพียโซมีการงอตัวจะมีพลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้น แต่ข้อจำกัดของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเป็นวัสดุเปราะบาง จึงออกแบบเป็นคานและติดบานพับให้ข้างหนึ่งเป็นจุดหมุนเพื่อทดรับให้แผ่นเพียโซงอตัวให้พอดีกับระยะการงอตัวก่อนที่จะแตกหัก และติดตั้งสปริงไว้ที่ด้านปลาย เพื่อให้มีการสั่นครบรอบต่อการกดหนึ่งครั้ง

ในการทำงานขณะรถยนต์วิ่งผ่านพื้นกำเนิดพลังงานพลังงานไฟฟ้าที่ได้จะเก็บสะสมผ่านวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานขาร์จเข้าแบตเตอรี่เพื่อใช้งานหลอดแสงสว่าง สำหรับการส่งสัญญาณข้ามถนนเมื่อมีคนกดสัญญาณข้ามและส่องสว่างให้กับทางม้าลาย

โครงการนี้จะช่วยลดการใช้ทรัพยากรสำหรับผลิตไฟฟ้าสร้างความปลอดภัยให้กับคนเดินเท้าในตัวเมืองและสถานที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง

ABSTRACT

Presently, the global consuming energy is increasing dramatically, including the energy which be used for convenience, facility and security in our life. Therefore, it will cause about insufficient energy to produce electricity.

Due to the lacking resource circumstance, Human must have to find a new alternative energy for balancing this problem.

Hence, we have to design piezoelectric harvesting floor for using

on crosswalk, we simulate it as a model and do an actual experiment on road.

The electrical energy which we got here is produced from the phenomenon of piezoelectric by exchanging mechanical energy into electrical energy, meanwhile piezoelectric beam is bent there will have electrical energy occurring; However, it has a brittle structure. Therefore, we have to transform the model similar to a shape of shaft, make a pivot point at the opposite side and install some springs under the shaft in order to extend its durability.

The harvested energy from automobile will be kept through harvesting circuit then charge to battery for using in lighting system on traffic signal.

This model will help to decrease the consuming of electrical energy and better security for people who want to cross the street at night.

1. บทนำ

ในปัจจุบันทางข้ามถนนในประเทศไทยไม่มีการติดตั้งสัญญาณจราจร ซึ่งนำไปสู่อุบัติเหตุที่อันตรายอย่างรุนแรงต่อผู้คนที่ต้องการข้ามถนนในตอนกลางคืน เพราะช่วงค่ำคืนจะทำให้วิสัยทัศน์ในการมองของผู้ขับลดลงอย่างมาก

สิ่งประดิษฐ์นี้เป็นต้นแบบของพลังงานทางเลือกสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากรถยนต์ที่วิ่งผ่านบนท้องถนน ซึ่งเราจะนำพลังงานที่ได้มาใช้สำหรับระบบส่องสว่างบริเวณทางม้าลาย เพื่อใช้พลังงานเหล่านี้ให้เกิดประโยชน์ พร้อมทั้งลดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นในเวลาพลบค่ำ

วัสดุชิ้นนี้ถูกเรียกว่าเพียโซอิเล็กทริก ซึ่งมีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานทางกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ และหลังจากนั้นเราจะนำพลังงานที่เก็บได้เหล่านั้นนำไปเก็บไว้ที่แบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เพียโซอิเล็กทริก

เกิดจากวัสดุจากธรรมชาติซึ่งวัสดุจำพวก โพลีคริสตัลไลน์เฟอร์โรอิเล็กทริกเซรามิก โครงสร้างคริสตัลแต่ละอันจะมีการเกิดปฏิกิริยาเชิงขั้วระหว่างคู่พันธะ เรียกว่า โพลาริเซชัน

จากการยืดตัวและหดตัวโดยอาศัยแรงทางกลของเพียโซอิเล็กทริก ผลของโพลาริเซชัน ภายในพันธะจะทำให้เกิดความต่างศักย์เกิดขึ้น โดยเมื่อทำการบีบตัวไปในทิศทางเดียวกับแนวประจุในพันธะหรือยืดตัวให้ตั้งฉากกับทิศทางของประจุในพันธะ ผลที่ได้คือ เพียโซอิเล็กทริกจะจ่าย แรงดันไฟฟ้าในขั้วทิศทางเดียวกัน แต่เมื่อทำการยืดตัวไปในทิศเดียวกับแนวประจุในพันธะหรือบีบตัวในทิศตั้งฉากกับทิศทางของประจุในพันธะ ผลที่ได้คือเพียโซอิเล็กทริกจะจ่ายแรงดันไฟฟ้าใน ทิศตรงกันข้ามกับตัวมัน ปรากฏการณ์เหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อ มีการเปลี่ยนพลังงานทางกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยแรงทางกลจากการยืดตัวหรือบีบตัว

2.2 วงจรเรียงกระแส

วงจรเรียงกระแสมีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงผันกำลัง ไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยต้องการให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีความเป็นไฟฟ้ากระแสตรงมากที่สุด วงจรเรียงกระแสมีทั้งแบบที่เป็นครึ่งคลื่นและแบบเต็มคลื่น หนึ่งในเฟสและแบบสามเฟส

2.3 วงจรทอนระดับแรงดัน

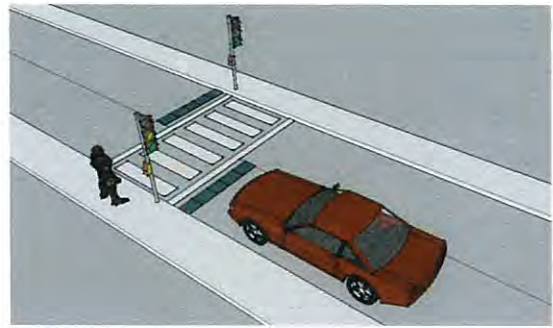
วงจรทอนระดับหรือวงจรบั๊กคอนเวอร์เตอร์ คือ วงจรที่ทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า และเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกที่มีความเป็นกระแสตรงมาก จะนิยมใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter) ซึ่งโดยมากจะเลือกใช้วงจรแบบ LC เพราะมีอัตราการลดทอนสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ ผกผันกับกำลังสองของความถี่

2.4 วงจรทบระดับแรงดัน

วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ คือวงจรที่ทำการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า

3. การออกแบบและจำลองระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก

3.1 การออกแบบพื้นที่กำเนิดพลังงาน



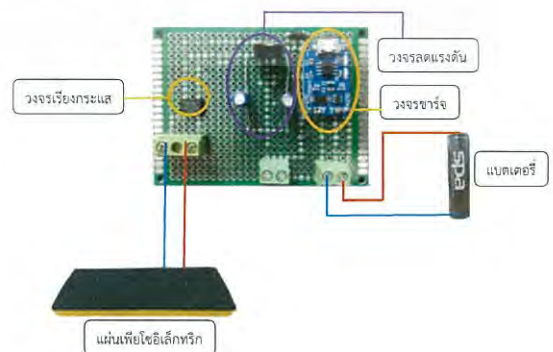
รูปที่ 1 แบบจำลองการนำเพียโซอิเล็กทริกไปประยุกต์ใช้งานจริง



รูปที่ 2 โครงสร้างภายในชั้นงานจำลองที่ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

สำหรับการออกแบบพื้นที่เพียโซอิเล็กทริกนั้น ผู้ทำการทดลองได้แนวคิดมาจากการกดปุ่มสเปซบาร์ ในคอมพิวเตอร์ โดยไม่ว่าจะกดที่บริเวณใดของปุ่ม จะทำให้เกือบทั่วบริเวณปุ่มถูกกดลงเท่าๆกัน ผู้ทำการทดลองได้นำมาประยุกต์ใช้กับถนนจริง โดยแรงที่กดลงบน สเปซบาร์ ก็คือแรงที่เกิดจากรถยนต์ที่กดที่บดบนบริเวณปลายทั้งสองของแผ่นที่ทำการศึกษาเพียโซเอาไว้ จากนั้นจะเกิดการเก็บสะสมพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ พลังงานนี้จะถูกนำไปใช้จ่ายไฟให้แก่หลอด LED โดดเปล่งแสง (light-emitting diode : LED) ที่อยู่บนถนน

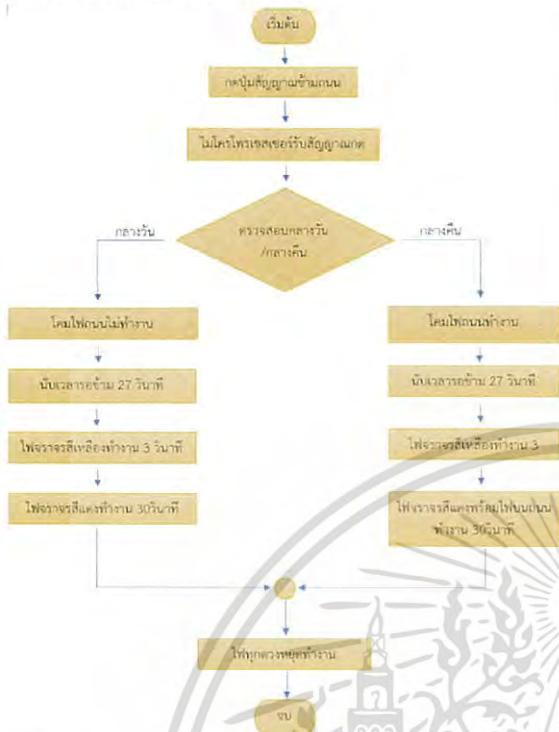
3.2 วงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก



รูปที่ 3 แบบจำลองการนำเพียโซอิเล็กทริกไปประยุกต์ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบภาระทางไฟฟ้า



รูปที่ 4 แสดงการหลักการทำงานของภาระไฟฟ้าของโครงการนี้

ไฟฟ้าที่สะสมได้ในแบตเตอรี่ จะนำไปใช้กับอุปกรณ์ให้แสงสว่างในเวลากลางคืนและให้สัญญาณคนข้ามถนน โดยที่ให้ผู้ที่จะข้ามถนนที่คิดตั้งไว้บริเวณทางข้าม จากนั้นสัญญาณจะส่งไปที่วงจรไมโครโพรเซสเซอร์สำหรับนับเวลาเตรียมข้ามและนับเวลาขณะข้ามเพื่อปิด-เปิดสัญญาณไฟที่จะแจ้งให้ผู้ข้ามข้ามถนนเป็นไฟส่องสว่างขึ้นระหว่างทางข้ามจนผู้ข้ามสามารถข้ามไปอีกฝั่งหนึ่งได้อย่างปลอดภัย

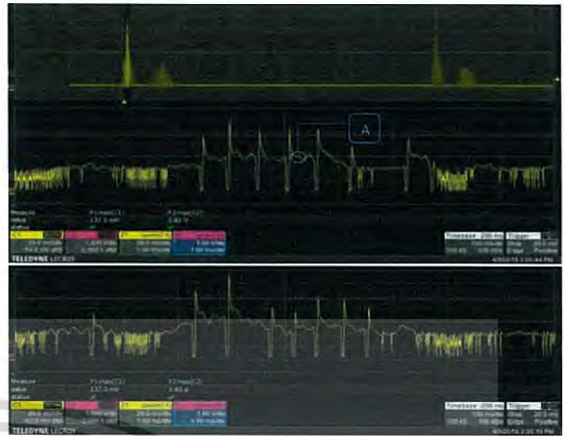
4. การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ประสิทธิภาพของวงจรชาร์จ

ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด (peak current) และแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (peak voltage) ซึ่งใช้ออสซิลโลสโคปในการเก็บผลการทดลองทั้งด้านเข้า (input) และด้านออก (output) เพื่อนำค่าที่วัดได้จากการทดลองมาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าจากนั้นหาค่าประสิทธิภาพโดยนำค่ากำลังไฟฟ้าทั้งด้านเข้าและด้านออกมาคำนวณ



รูปที่ 5 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านเข้า



รูปที่ 6 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้านออก

ตารางที่ 1 วัดค่าแรงดันและกระแสเพื่อหาค่ากำลังด้านเข้า

ครั้งที่	ด้านเข้า (input)		
	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (mA)	กำลังไฟฟ้า (mW)
1	8.00	66.42	531.36
2	8.00	72.26	578.08
3	7.80	70.80	552.24
เฉลี่ย	7.93	69.83	553.75

ตารางที่ 2 วัดค่าแรงดันและกระแสเพื่อหาค่ากำลังด้านออก

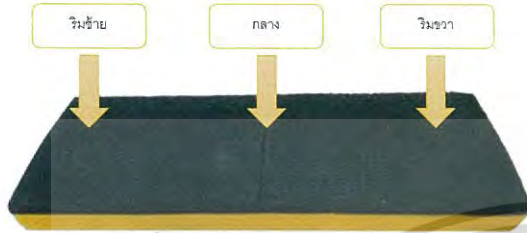
ครั้งที่	ด้านออก (output)		
	แรงดันไฟฟ้า (V)	แรงดันไฟฟ้า (V)	แรงดันไฟฟ้า (V)
1	3.83	3.83	3.83
2	3.83	3.83	3.83
3	3.80	3.80	3.80
เฉลี่ย	3.82	3.82	3.82

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยด้านเข้ามีค่าเท่ากับ 553.75 มิลลิวัตต์ และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยด้านออกมีค่าเท่ากับ 232.71 มิลลิวัตต์ โดยนำค่าที่ได้คำนวณหาค่าประสิทธิภาพของวงจรชาร์จได้ 42.02%

4.2 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากตำแหน่งการกดสเปซบาร์เพื่อขอลิเกทริกที่ต่างกัน

การทดลองนี้จะวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด และแรงดันไฟฟ้า เมื่อทราบค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดและแรงดันไฟฟ้าสูงสุด จะนำมาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า และเปรียบเทียบกันตามไมวากรณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

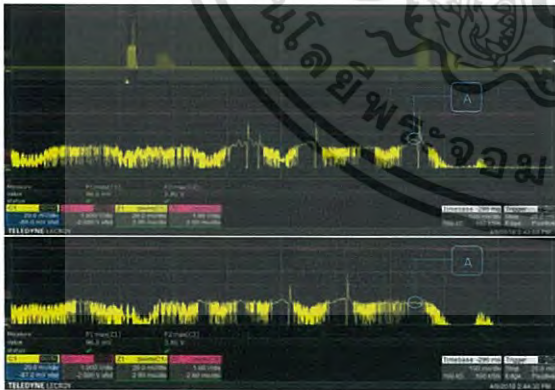
ตำแหน่งการกดที่ต่างกัน จะให้รถยนต์ขับด้วยความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผ่านสเปซบาร์เพียโซอิเล็กทริก ที่ตำแหน่งต่างๆ จากนั้นวัดค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด และแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ที่ด้านเข้าของแบตเตอรี่โดยใช้ออสซิลโลสโคป



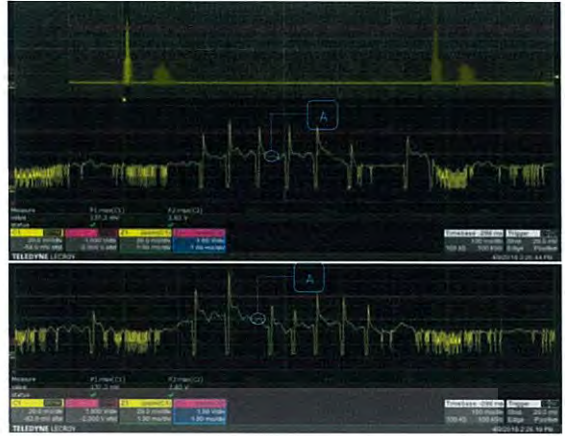
รูปที่ 7 ตำแหน่งการกดสเปซบาร์เพียโซอิเล็กทริก

ตารางที่ 3 ตารางบันทึกผลการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากตำแหน่งการกดที่ต่างกันโดยเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง

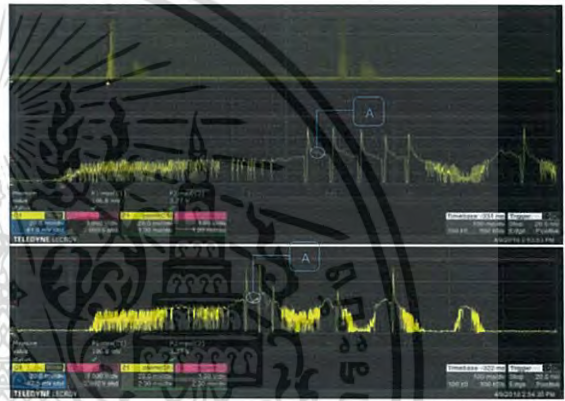
ตำแหน่งการกด	ริมซ้าย	กลาง	ริมขวา	เฉลี่ย
แรงดันไฟฟ้า (V)	3.80	3.82	3.79	3.80
กระแสไฟฟ้า (mA)	54.64	60.92	58.09	57.88
กำลังไฟฟ้า (mW)	207.7	232.5	220.2	220.1



รูปที่ 8 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมซ้าย



รูปที่ 9 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งกลาง



รูปที่ 4.17 คลื่นแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ตำแหน่งริมขวา

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

พื้นที่กำเนิดพลังงานที่จัดทำขึ้นมีขนาดพื้นที่ 0.84 ตารางเมตร ได้ติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจำนวน 44 แผ่นซึ่งครอบคลุมล้อ 1 คู่ ซ้าย - ขวา ของรถยนต์ จากการทดลองเมื่อนำแผ่นเพียโซมาอิเล็กทริกต่อเข้ากับวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานลงแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนขนาด 3.7 โวลต์จะได้กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 220 มิลลิวัตต์ต่อแรงทางกลที่ทำการทำ 1 ครั้ง และ 440 มิลลิวัตต์ต่อรถยนต์ที่เคลื่อนที่ผ่าน 1 คัน ซึ่งสามารถที่จะนำพลังงานมาเก็บเข้าแบตเตอรี่ จากนั้นนำพลังงานมาผ่านวงจรทบระดับแรงดันขึ้นเป็น 12 โวลต์ สำหรับใช้กับโพลีโพลีเมอร์ LED เพื่อเป็นสัญญาณข้ามถนนและให้แสงสว่างในเวลากลางคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Othman, "Modeling of piezoelectric energy harvesting system embedded in soldier's boot using Matlab/Simulink," *2017 International Conference on Military Technologies (ICMT)*, Brno, 2017, pp. 787-792.
- [2] P. Saha, S. Goswami, S. Chakrabarty and S. Sarkar, "Simulation and model verification of shoe embedded piezoelectric energy harvester," *2014 6th IEEE Power India International Conference (PIICON)*, Delhi, 2014, pp. 1-6.
- [3] T. Ishii et al., "A flapping-based piezoelectric power generator for bicycle applications," *2017 IEEE 26th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, Edinburgh, 2017, pp. 921-925.
- [4] รศ.ดร. วีระเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ชาราธิระเศรษฐ์. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง. พิมพ์ครั้งที่ 14. กทม: ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พรินต์ติ้ง, 2557.



นายชนาภูมิ เสงูชากร เกิดวันที่ 23
มกราคม พ.ศ.2539
ที่อยู่ 27/9 ถ.ฝั่งเมือง 3 ต.สะเตง อ.
เมือง
จ.ยะลา 95000
โทรศัพท์ 0937152556 E-mail:
57010589@kmitl.ac.th

ประวัติผู้เขียนบทความ



นายกิตติพิศ ภูพันธ์ เกิดวันที่ 3
พฤษภาคม พ.ศ. 2539
ที่อยู่ 57/87 หมู่บ้านบางหลวง ต.บ้าน
ฉาง อ.เมือง ต.ปทุม-ลาดหลุมแก้ว
จ.ปทุมธานี 12000
โทรศัพท์ 0847521700 E-mail:
gonggang_2539@outlook.com



นายจักรพล สมจิตต์ เกิดวันที่ 28
พฤษภาคม พ.ศ. 2538
ที่อยู่ 54 หมู่ 6 ต.แม่สา อ.เวียงสา
จ.น่าน 55110
โทรศัพท์ 0620137997 E-mail:
57010159@kmitl.ac.th

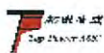


นายธนภัทร ไทยอ่อน เกิดวันที่ 20
มิถุนายน พ.ศ.2538
ที่อยู่ 48 ซ. 3 ถ.นาก่วม ต.ชมพู อ.
เมือง
จ.ลำปาง 52100
โทรศัพท์ 0877256740 E-mail:
57010558@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



南京拓微集成电路有限公司
NanJing Top Power ASIC Corp.

TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8

DESCRIPTION

The TP4056 is a complete constant-current/constant-voltage linear charger for single cell lithium-ion batteries. Its SOP package and low external component count make the TP4056 ideally suited for portable applications. Furthermore, the TP4056 can work within USB and wall adapter.

No blocking diode is required due to the internal PMOSFET architecture and have prevent to negative Charge Current Circuit. Thermal feedback regulates the charge current to limit the die temperature during high power operation or high ambient temperature. The charge voltage is fixed at 4.2V, and the charge current can be programmed externally with a single resistor. The TP4056 automatically terminates the charge cycle when the charge current drops to 1/10th the programmed value after the final float voltage is reached.

TP4056 Other features include current monitor, under voltage lockout, automatic recharge and two status pin to indicate charge termination and the presence of an input voltage.

FEATURES

- Programmable Charge Current Up to 1000mA
- No MOSFET, Sense Resistor or Blocking Diode Required
- Complete Linear Charger in SOP-8 Package for Single Cell Lithium-Ion Batteries
- Constant-Current/Constant-Voltage
- Charges Single Cell Li-Ion Batteries Directly from USB Port
- Preset 4.2V Charge Voltage with 1.5% Accuracy
- Automatic Recharge
- two Charge Status Output Pins
- C/10 Charge Termination
- 2.9V Trickle Charge Threshold (TP4056)
- Soft-Start Limits Inrush Current
- Available Radiator in 8-Lead SOP Package, the Radiator need connect GND or impending

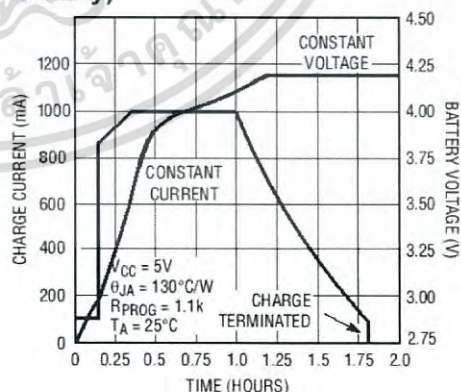
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

- Input Supply Voltage(V_{CC}): -0.3V~8V
- TEMP: -03V~10V
- CE: -03V~10V
- BAT Short-Circuit Duration: Continuous
- BAT Pin Current: 1200mA
- PROG Pin Current: 1200uA
- Maximum Junction Temperature: 145°C
- Operating Ambient Temperature Range: -40°C~85°C
- Lead Temp.(Soldering, 10sec): 260°C

APPLICATIONS

- Cellular Telephones, PDAs, GPS
- Charging Docks and Cradles
- Digital Still Cameras, Portable Devices
- USB Bus-Powered Chargers, Chargers

Complete Charge Cycle (1000mAh Battery)



PACKAGE/ORDER INFORMATION

	<p>TP4056 XXXX</p> <p>SOP-8</p>
<p>photo</p>	<p>ORDER PART NUMBER TP4056-42-SOP8-PP</p> <p>PART MARKING TP4056</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



S-8205A/B Series

BATTERY PROTECTION IC FOR 4-SERIES OR 5-SERIES CELL PACK

www.ablicinc.com

© ABLIC Inc., 2010-2016

Rev.1.9_01

The S-8205A/B Series includes high-accuracy voltage detection circuits and delay circuits, in single use, makes it possible for users to monitor the status of 4-series or 5-series cell lithium-ion rechargeable battery.

The S-8205A/B Series is suitable for protecting lithium-ion rechargeable battery pack from overcharge, overdischarge, and overcurrent.

■ Features

- High-accuracy voltage detection function for each cell

Overcharge detection voltage n (n = 1 to 5)	3.550 V to 4.500 V ¹ (50 mV step)	Accuracy ±25 mV
Overcharge release voltage n (n = 1 to 5)	3.300 V to 4.500 V ²	Accuracy ±50 mV
Overdischarge detection voltage n (n = 1 to 5)	2.000 V to 3.200 V ¹ (100 mV step)	Accuracy ±80 mV
Overdischarge release voltage n (n = 1 to 5)	2.000 V to 3.400 V ³	Accuracy ±100 mV
- Discharge overcurrent detection in 2-step

Discharge overcurrent detection voltage	0.050 V to 0.300 V ⁴ (50 mV step)	Accuracy ±15 mV
Short circuit detection voltage	0.500 V to 1.000 V ⁴ (100 mV step)	Accuracy ±100 mV
- Charge overcurrent detection

Charge overcurrent detection voltage	-0.300 V to -0.050 V (50 mV step)	Accuracy ±30 mV
--------------------------------------	-----------------------------------	-----------------
- Settable by external capacitor: Overcharge detection delay time, Overdischarge detection delay time, Discharge overcurrent detection delay time, Charge overcurrent detection delay time
(Load short circuit detection delay time is internally fixed.)
- S-8205A Series: used for 4-series cell. S-8205B Series: used for 5-series cell
- Independent charging and discharge control by the control pins
- Power-down function "yes" / "no" is selectable.
- High-withstand voltage Absolute maximum rating : 28 V
- Wide range of operation voltage 2 V to 24 V
- Wide range of operation temperature Ta = -40°C to +85°C
- Low current consumption

During operation	40 μA max. (Ta = +25°C)
During power-down	0.1 μA max. (Ta = +25°C)
- Lead-free (Sn 100%), halogen-free

*1. The overcharge detection voltage n (n = 1 to 5) and overdischarge detection voltage (n = 1 to 5) are not selectable if the voltage difference between them is 0.6 V or less.

*2. Overcharge hysteresis voltage n (n = 1 to 5) is selectable in 0 V, or in 0.1 V to 0.4 V in 50 mV step.
(Overcharge hysteresis voltage = Overcharge detection voltage - Overcharge release voltage)

*3. Overdischarge hysteresis voltage n (n = 1 to 5) is selectable in 0 V, or in 0.2 V to 0.7 V in 100 mV step.
(Overdischarge hysteresis voltage = Overdischarge release voltage - Overdischarge detection voltage)

*4. The discharge overcurrent detection voltage and load short circuit detection voltage are not selectable if the voltage difference between them is 0.3 V or less.

■ Application

- Rechargeable lithium-ion battery pack

■ Package

- 16-Pin TSSOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


AEROSEMI
MT3608
**High Efficiency 1.2MHz
2A Step Up Converter**

FEATURES

- Integrated 80mΩ Power MOSFET
- 2V to 24V Input Voltage
- 1.2MHz Fixed Switching Frequency
- Internal 4A Switch Current Limit
- Adjustable Output Voltage
- Internal Compensation
- Up to 28V Output Voltage
- Automatic Pulse Frequency Modulation Mode at Light Loads
- up to 97% Efficiency
- Available in a 6-Pin SOT23-6 Package

APPLICATIONS

- Battery-Powered Equipment
- Set-Top Boxes
- LCD Bias Supply
- DSL and Cable Modems and Routers
- Networking cards powered from PCI or PCI express slots

GENERAL DESCRIPTION

The MT3608 is a constant frequency, 6-pin SOT23 current mode step-up converter intended for small, low power applications. The MT3608 switches at 1.2MHz and allows the use of tiny, low cost capacitors and inductors 2mm or less in height. Internal soft-start results in small inrush current and extends battery life.

The MT3608 features automatic shifting to pulse frequency modulation mode at light loads. The MT3608 includes under-voltage lockout, current limiting, and thermal overload protection to prevent damage in the event of an output overload. The MT3608 is available in a small 6-pin SOT-23 package.

TYPICAL APPLICATION

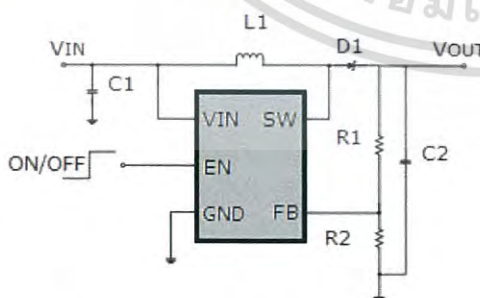


Figure 1. Basic Application Circuit

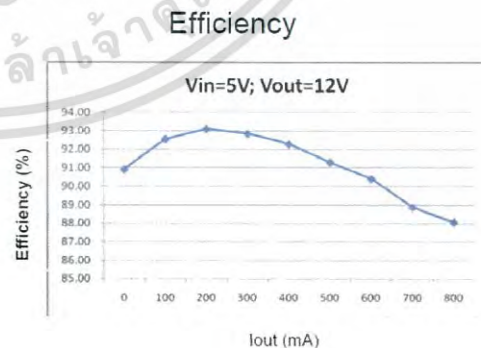


Figure 2. Efficiency Curve

Aerosemi Technology Co., Ltd

1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

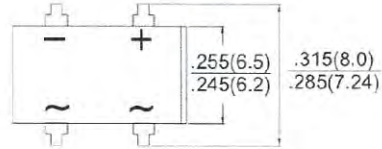


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



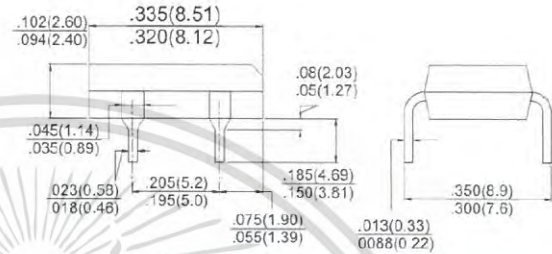
DBL101G - DBL107G
Single Phase 1.0AMP. Glass Passivated Bridge Rectifiers

DBL



Features

- ✦ UL Recognized File # E-326854
- ✦ Glass passivated junction
- ✦ Ideal for printed circuit board
- ✦ Reliable low cost construction utilizing molded plastic technique
- ✦ High temperature soldering guaranteed: 260 °C / 10 seconds at 5lbs., (2.3kg) tension
- ✦ High surge current capability
- ✦ Green compound with suffix "G" on packing code & prefix "G" on datecode

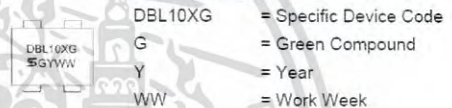


Mechanical Data

- ✦ Case: Molded plastic body
- ✦ Terminals: Pure tin plated, lead free, solderable per MIL-STD-202, Method 208
- ✦ Weight: 0.37 grams

Dimensions in inches and (millimeters)

Marking Diagram



Maximum Ratings and Electrical Characteristics

Rating at 25 °C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase, half wave, 60 Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%

Type Number	Symbol	DBL 101G	DBL 102G	DBL 103G	DBL 104G	DBL 105G	DBL 106G	DBL 107G	Unit	
Maximum Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V	
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V	
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V	
Maximum Average Forward Rectified Current @ $T_A=40^\circ\text{C}$	$I_{F(AV)}$	1							A	
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms Single Half Sine-wave Superimposed on Rated Load (JEDEC method)	I_{FSM}	40					30		A	
Maximum Instantaneous Forward Voltage (Note 1) @ 1.0A	V_F					1.1			V	
Maximum DC Reverse Current @ $T_A=25^\circ\text{C}$ at Rated DC Block Voltage @ $T_A=125^\circ\text{C}$	I_R					10		500		μA
Typical Junction Capabitanse	C_j					25			pF	
Typical Thermal Resistance (Note 2)	$R_{\theta JA}$ $R_{\theta JL}$					40		15		$^\circ\text{C/W}$
Operating Temperature Range	T_{JG}					- 55 to + 150			$^\circ\text{C}$	
Storage Temperature Range	T_{STG}					- 55 to + 150			$^\circ\text{C}$	

Notes 1: Pulse Test with PW=300 usec, 1% Duty Cycle

Notes 2: Thermal Resistance from Junction to Ambient and from Junction to Lead Mounted On P.C.B. With 0.2" x 0.2"(5mm x 5mm) Copper Pads.

Version:H11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

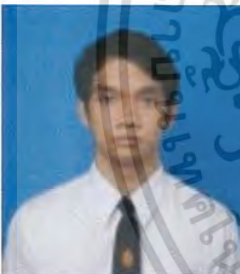
ประวัติผู้เขียน



นายกิตติพิศ ภูเฟ่น เกิดวันที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2539
 ที่อยู่ 57/87 หมู่บ้านบางหลวง ต.บ้านฉาง อ.เมือง ถ.ปทุม-ลาดหลุมแก้ว จ.
 ปทุมธานี 12000
 โทรศัพท์ 0847521700 E-mail: gonggang_2539@outlook.com



นายจักรพล สมจิตต์ เกิดวันที่ 28 พฤษภาคม พ.ศ. 2538
 ที่อยู่ 54 หมู่ 6 ต.แม่สา อ.เวียงสา
 จ.น่าน 55110
 โทรศัพท์ 0620137997 E-mail: 57010159@kmitl.ac.th



นายธนภัทร ไทยอ่อน เกิดวันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2538
 ที่อยู่ 48 ซ.3 ถ.นาก่วม ต.ชมพู อ.เมือง
 จ.ลำปาง 52100
 โทรศัพท์ 0877256740 E-mail: 57010558@kmitl.ac.th



นายธนาภูมิ เ่งายุธากร เกิดวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2539
 ที่อยู่ 27/9 ถ.ฝั่งเมือง3 ต.สะเตง อ.เมือง
 จ.ยะลา 95000
 โทรศัพท์ 0937152556 E-mail: 57010589@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้