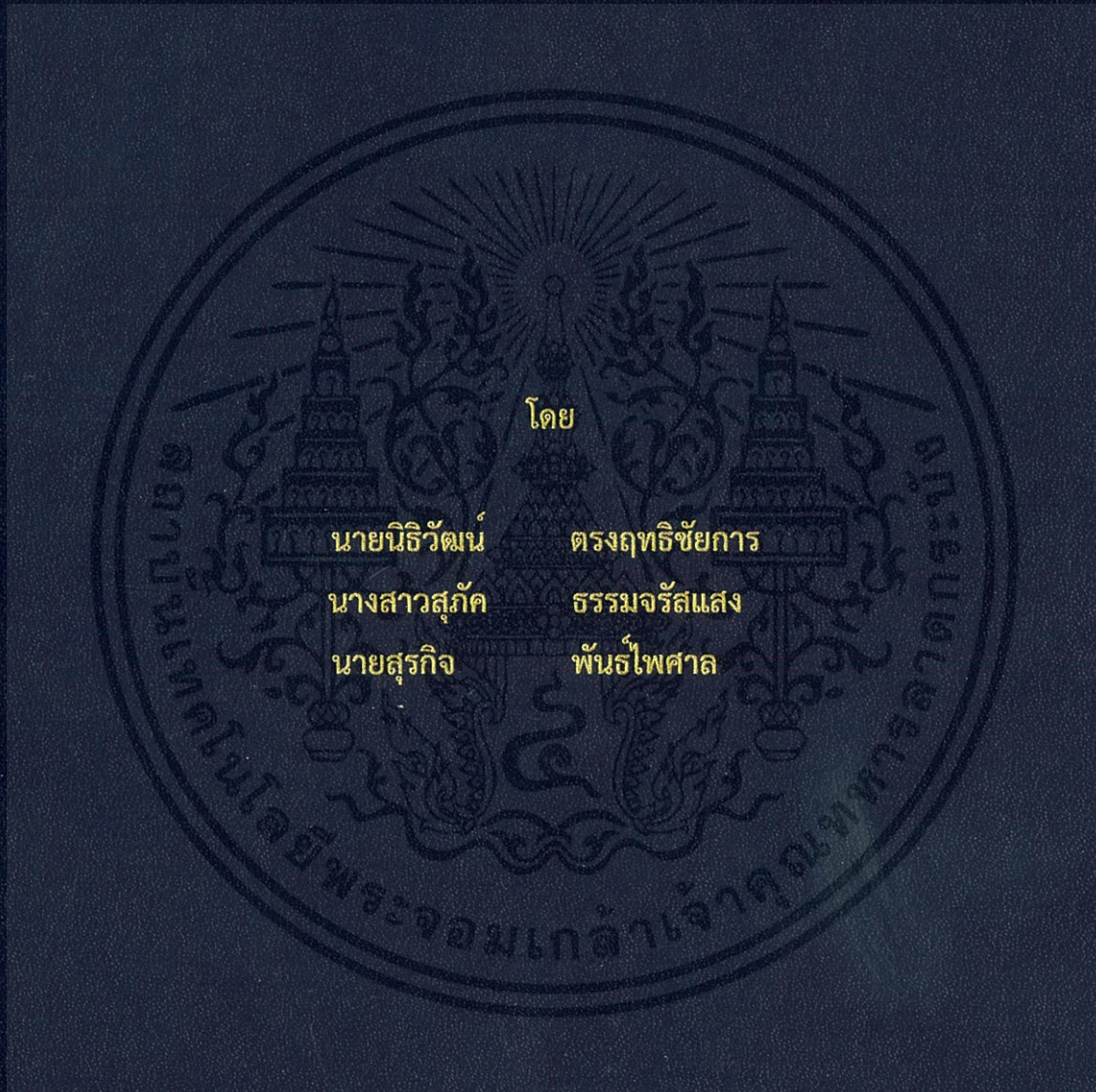


การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริก

THE DEVELOPMENT OF POWER GENERATION FLOOR WITH PIEZOELECTRIC
MODULES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริก

The development of power generation floor with piezoelectric modules



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The development of power generation floor with piezoelectric modules



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

2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2559

การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริก

The development of power generation floor with piezoelectric modules



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน

รศ.ดร.อรรณพ เก้าพิทักษ์กุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์การศึกษา 2559

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาพื้้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริก

ผู้จัดทำ

1. นายนิริวัฒน์ ตรงฤทธิชัยการ
2. นางสาวสุภัค ธรรมจรัสแสง
3. นายสุรภกิจ พันธุ์ไพศาล



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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล เก้าพิทักษ์กุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริก

นายนิธิวัฒน์ ตรงฤทธิชัยการ

นางสาวสุภัก ธรรมจรัสแสง

นายสุรกิจ พันธุ์ไพศาล

ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบพื้นกำเนิดพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก โดยจำลองสำหรับทางวิ่งจักรยาน ซึ่งวัสดุเพียโซอิเล็กทริก มีคุณสมบัติพิเศษคือเมื่อได้รับแรงกลจะให้แรงดันไฟฟ้าจากปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก แต่ข้อจำกัดของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกนั้นเป็นวัสดุเปราะบางเสี่ยงต่อการแตกหักได้ง่าย จึงได้มีการนำแผ่นยางสังเคราะห์มาทำเป็นพื้นประกบไว้กับแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เพื่อเป็นการลดแรงกดภายนอก และเพิ่มความถี่ให้กับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกโดยการติดสปริงไว้ข้างล่างแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เพื่อเพิ่มความถี่ของวัสดุให้มีความถี่ใกล้เคียงความถี่ธรรมชาติมากที่สุด ส่งผลให้ผลิตพลังงานออกมาได้มากที่สุด นำพลังงานที่ได้ผ่านวงจรสำหรับเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อชาร์จพลังงานให้กับแบตเตอรี่ในตอนกลางวัน และ จ่ายให้กับหลอดแสงสว่างในตอนกลางคืน การออกแบบพื้นสะสมพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกในรูปแบบนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการติดตั้งบริเวณที่มีการสัญจรในปริมาณมาก หรือที่สาธารณะ เป็นการนำพลังงานที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ กลับมาใช้ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ถือว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์พลังงาน

The Development of Power Generation Floor with Piezoelectric

Modules

Nithiwat Trongridthichaikarn

Supak Thamcharassang

Surakit Phanphaisan

Asst.Prof.Dr.Chaiyan Jettanasen Advisor

Assoc.Prof.Dr.Attapol Ngaopitakkul Co-Advisor

ABSTRACT

This project aims to study and design an electrical power generation flooring from piezoelectric materials, applied for bicycle lane. The piezoelectric material has specific property to be able to generate voltage when getting mechanical force or vibration. The limitation of piezoelectric plate is its fragility. So, this leads to the use of rubber covering piezoelectric plate in order to protect it from the stress. In this study, spring is added under the piezoelectric plate to increase its frequency in order to generate the maximum power. The power is accumulated by energy harvesting circuit in order to be stored into the battery during the daytime and supplied to the lighting loads during the nighttime. This power generation flooring design can be applied in the public and traffic areas which can bring up the daily life energy to be reused as the energy conservation.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ซึ่งไม่อาจจะนำมากล่าวได้ทั้งหมด ผู้มีพระคุณที่ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณคือ ผศ.ดร.ชัยยันต์ เจตนาเสน และ รศ.ดร.อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่อง ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน เพื่อให้ปริญญาบัตรฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รุ่นพี่ที่ศึกษาในระดับปริญญาโท และ ปริญญาเอก ที่คอยให้คำปรึกษา พร้อมแนะนำแนวทางวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้ผลการทดลองของปริญญาบัตรนี้ ตรงตามวัตถุประสงค์

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ ตลอดจนสนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือในการจัดทำโครงการจนทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้จนมาเป็นปริญญาบัตรฉบับนี้



คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	9
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการงาน	9
1.4 แผนการดำเนินโครงการงาน	9
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	11
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric)	12
2.2 วงจรเรียงกระแส (rectifier)	14
2.2.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier Circuit)	15
2.2.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier Circuit)	16
2.3 วงจรดาร์ลิ่งตัน	19
2.3.1 วงจรดาร์ลิ่งตัน(คู่ดาร์ลิ่งตัน)	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 ดีซี-ดีซี คอนเวอร์เตอร์	20
2.4.1 วงจรทอนระดับแรงดันหรือวงจรบั๊กคอนเวอร์เตอร์	20
2.4.2 วงจรทบระดับแรงดันหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	22
2.4.3 วงจรชุกคอนเวอร์เตอร์ (Ćuk converter)	23
2.5 วงจรรักษาระดับแรงดัน(Voltage Regulator Circuits)	25
2.6 การเก็บเกี่ยวด้วยการกด (Push-button harvesting)	26
2.7 อุปกรณ์กักเก็บพลังงาน	27
2.7.1 ตัวเก็บประจุยิ่งยวด (Supercapacitor)	27
2.7.2 แบตเตอรี่	28
บทที่ 3 การออกแบบและจำลองระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก	
3.1 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	31
3.2 การออกแบบพื้นกำเนิดพลังงาน	32
3.3 แบบจำลองพื้นกำเนิดพลังงานจากโปรแกรม Sketch up	35
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	37
4.2 การออกแบบวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	38
4.2.1 โครงสร้างแบบจำลอง	38
4.2.2 การออกแบบวงจร	40
4.3 การออกแบบพื้นกำเนิดพลังงาน	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การประยุกต์ใช้งาน	48
บทที่ 5 สรุปลผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปลผลการทดลอง	48
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา	49
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก บทความวิชาการ	55
ภาคผนวก ข วัสดุเพียโซอิเล็กทริก	60
ประวัติผู้เขียน	62



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในปี 2559	1
1.2 การออกแรงลงบนแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	2
1.3 วงจรการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก	4
1.4 พื้นกำเนิดพลังงานที่สถานีโตเกียวประเทศญี่ปุ่น	5
1.5 ลักษณะการติดตั้งวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่พื้นถนน	6
1.6 แบบจำลอง taxiway ที่ติดตั้งพื้นเพียโซอิเล็กทริก	7
1.7 พื้นถนนกำเนิดพลังงานประเทศอิสราเอล	8
2.1 แกนพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate)	12
2.2 เพียโซอิเล็กทริกเปลี่ยนแรงกดเป็นพลังงานไฟฟ้า	13
2.3 ตัวไดโอดและสัญลักษณ์ที่ใช้แทนในวงจร	15
2.4 รูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	15
2.5 สัญญาณที่จะหาค่าประสิทธิภาพ	16
2.6 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบเซนเตอร์แทป	17
2.7 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซนเตอร์แทปเมื่อขาเข้าเป็นซีกบวก	18
2.8 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซนเตอร์แทปเมื่อขาเข้าเป็นซีกลบ	18
2.9 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์	18
2.10 วงจรคูตารีลิ่งตัน	20
2.11 Buck Converter at Switch off	21

สารบัญรูป (ต่อ)

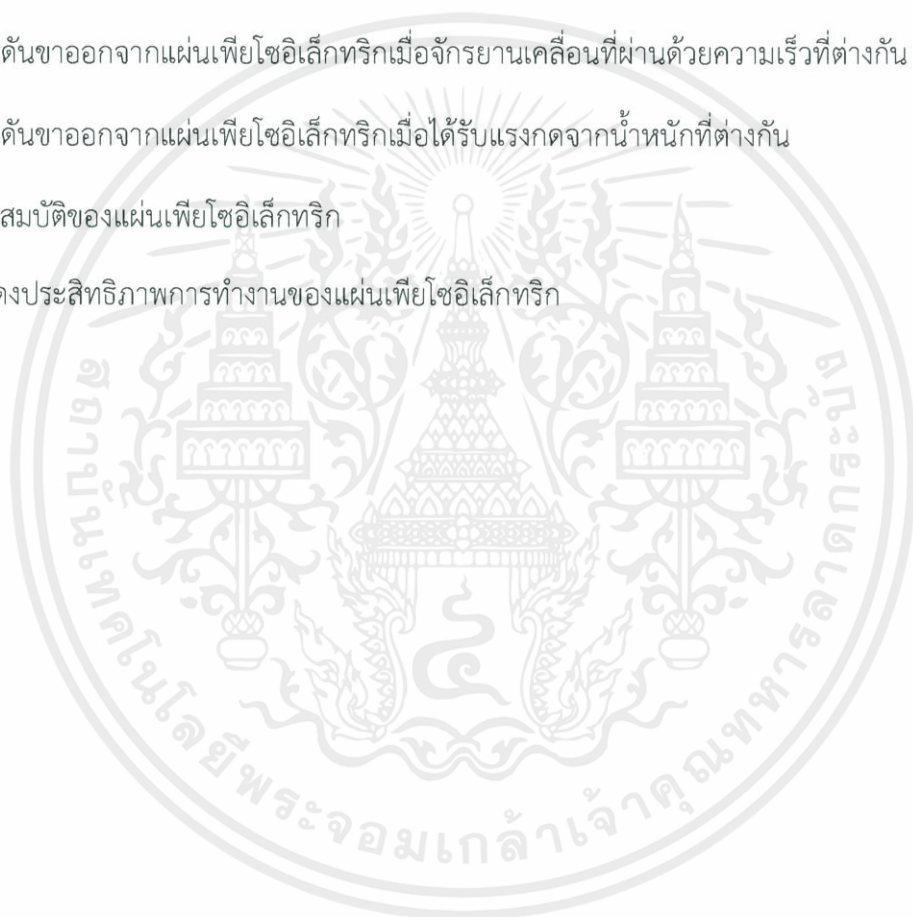
รูปที่	หน้า
2.12 Buck Converter at Switch on	21
2.13 วงจรทบระดับแรงดันไฟฟ้า	22
2.14 วงจรชุกคอนเวอร์เตอร์	24
2.15 บล็อกไดอะแกรมของวงจรรักษาระดับแรงดัน	26
2.16 วงจรรักษาระดับแรงดัน	26
2.17 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-acid battery)	28
2.18 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม (Nickel Cadmium Battery: NiCd)	29
2.19 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ (Nickel Metal hydride : NiMH)	29
2.20 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Advanced Li-Ion battery)	30
3.1 แบบจำลองการนำเพียโซอิเล็กทริกไปประยุกต์ใช้งานจริง	31
3.2 ไดอะแกรมระบบพื้นกำเนิดพลังงาน	32
3.3 พื้นยางสังเคราะห์	33
3.4 จำลองการติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	33
3.5 การติดตั้งวัสดุเพียโซอิเล็กทริกในพื้นที่กำเนิดพลังงาน	33
3.6 ตำแหน่งที่ไฟติด	35
3.7 การออกแบบโดยโปรแกรม SketchUP	35
3.8 แบบจำลองพื้นกำเนิดพลังงาน	36
4.1 ลักษณะการวางแผ่นเพียโซอิเล็กทริก โดยมีสปริงวางไว้ใต้แผ่นเพียโซอิเล็กทริก	37
4.2 ลักษณะแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น ต่อการออกแรงกด 1 ครั้ง	37

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 การติดตั้งแผ่นลงบนพื้นยางสังเคราะห์ EPDM โดยการขนานแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	38
4.4 ด้านล่างของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจะมีการนำสปริงมาวางรองไว้	38
4.5 ออกแบบวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานในเวลากลางคืน	40
4.6 วงจรเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อจ่ายให้กับหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง	40
4.7 กราฟแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแส และตัวเก็บประจุ	41
4.8 กราฟแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแส ตัวเก็บประจุและวงจรดาร์ลิ่งตัน	41
4.9 ออกแบบวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานในเวลากลางวันโดยโปรแกรม Proteus	41
4.10 วงจรชาร์จแบตเตอรี่และแสดงการวัดค่าแรงดันขาออก	42
4.11 กราฟแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแส ตัวเก็บประจุ วงจรดาร์ลิ่งตัน และวงจรเพิ่มแรงดัน	43
4.12 การออกแบบวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานในเวลากลางวันและกลางคืน	43
4.13 วงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน	44
4.14 พื้นกำเนิดพลังงาน 1.5 เมตรต่อ 1 ชุดวงจร	45
4.15 การจำลองพื้นเมื่อติดตั้งบนท้องถนน	45
4.16 จำลองการใช้งานพื้นกำเนิดพลังงาน	47
ข.1 เพียโซอิเล็กทริก	61
ข.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำ และการโค้งตัวของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	61

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขอบเขตการดำเนินงาน	10
3.1 สรุปผลแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น ต่อการออกแรงกด 1 ครั้ง	34
4.1 วัดแรงดันตอนมีสปริงและไม่มีสปริง	39
4.2 แรงดันขาออกจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อจักรยานเคลื่อนที่ผ่านด้วยความเร็วที่ต่างกัน	45
4.3 แรงดันขาออกจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อได้รับแรงกดจากน้ำหนักที่ต่างกัน	46
ข.1 คุณสมบัติของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	61
ข.2 แสดงประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก	61



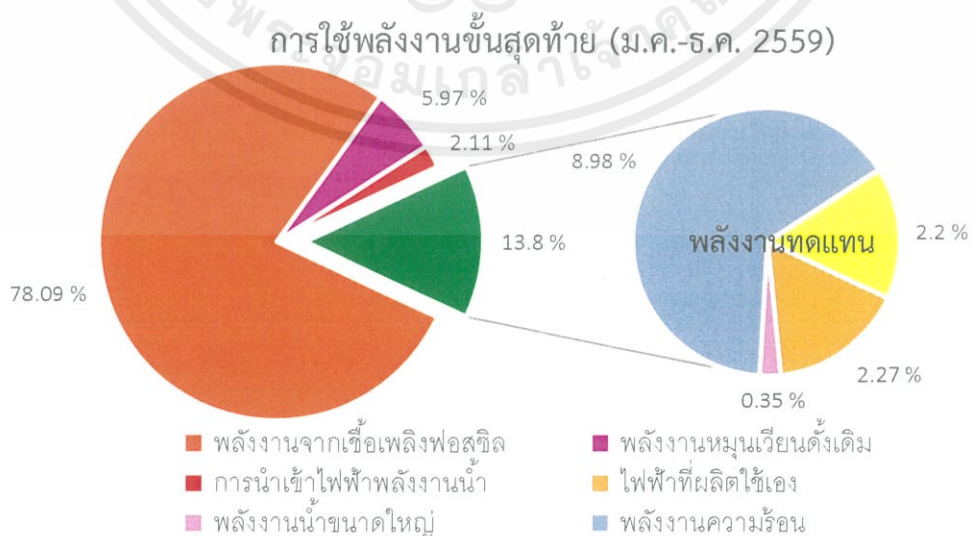
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา พลังงานซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ และมีความต้องการสูงขึ้นเรื่อย ๆ จึงต้องมีการจัดหาพลังงานให้เพียงพอกับความต้องการ ของประชากร ซึ่งแหล่งเชื้อเพลิงส่วนใหญ่ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยคือ ก๊าซธรรมชาติ และ ถ่านหิน เป็นต้น [1] โดยนิยมใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งการเผาไหม้ถ่านหิน มีการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง และควัน มลพิษเหล่านี้ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นเป็นก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน

ประเทศไทยมีการใช้พลังงานในปี 2559 มีปริมาณ 79,929 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากวงเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 2.6 คิดเป็นมูลค่ากว่า 868,105 ล้านบาท และมีการใช้พลังงานทดแทน 11,051 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.7 จากช่วงเดียวกันของปีก่อน ส่วนสัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมยังคงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2553 เนื่องจากรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในประเทศเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยลดสัดส่วนการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวม (Energy Intensity) ซึ่งเป็นปีฐานที่เริ่มดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 –2573) และแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579 โดยมีอัตราการใช้พลังงานแสดงไว้ในรูปที่ 1.1

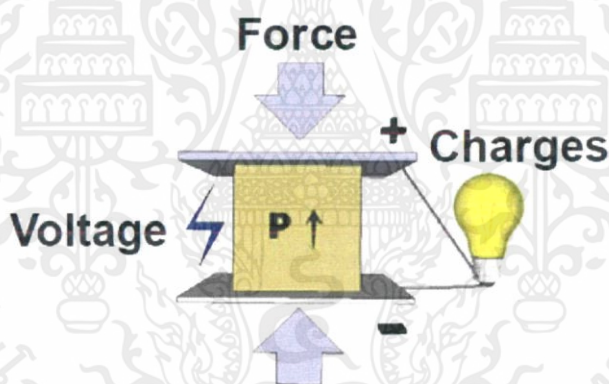


รูปที่ 1.1 สัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ในปี 2559 [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันจึงมีการสนับสนุนนโยบายการเพิ่มอัตราส่วนการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือกเช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น เนื่องจากพลังงานเหล่านี้เป็นพลังงานสะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อระบบนิเวศน์และเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงมีการวางแผนเพื่อเปลี่ยนพลังงานทดแทนเหล่านี้มาเป็นพลังงานหลัก เพื่อสนับสนุนแนวคิด Smart City ที่มีการพัฒนาขึ้นในชุมชนเมือง เพื่อให้เกิดการอำนวยความสะดวกแก่ผู้อยู่อาศัย ได้รับความคุณภาพในการใช้ชีวิตที่สูง และมีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่น้อยที่สุดอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีแนวคิดการแปลงพลังงานการเคลื่อนไหวร่างกายเป็นกระแสไฟฟ้าด้วยแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เป็นอีกทางเลือกในการนำพลังงานที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์มาใช้ ซึ่งการเก็บเกี่ยวพลังงานเช่นนี้จะแปรผันตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน

จากการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวัสดุเพียโซอิเล็กทริกพบว่า เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric) [2] เป็นวัสดุตรวจวัดแรงกลต่าง ๆ เช่น แรงดัน ความเร่ง การสั่น แรงเครียด หรือแรงกระทำอื่น ๆ แล้วนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ดังรูปที่ 1.2 ในทางกลับกันเมื่อให้พลังงานไฟฟ้าแก่วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็น เพียโซอิเล็กทริก วัสดุนั้นเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้เช่นกัน



รูปที่ 1.2 การออกแรงลงบนแผ่นเพียโซอิเล็กทริก [2]

ในงานวิจัย [3] ซึ่งเป็นการออกแรงลงบนแผ่นเพียโซอิเล็กทริกโดยตรง โดยมีประสิทธิภาพสูงสุด ถ้าออกแรงกระทำให้มีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ตามธรรมชาติของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก จากสมบัติของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric material) ที่อ้างอิงในเอกสาร [4-6] พบว่าโดยทั่วไปนิยมใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเซรามิก เช่น วัสดุผสมเลดเซอร์โคเนตไททาเนต (Lead zirconate titanate or PZT) เนื่องจากโครงสร้างอะตอมของ วัสดุผสมเลดเซอร์โคเนตไททาเนต เมื่อผ่านกระบวนการโพลีหรือกระบวนการจัดเรียงไดโพลผลึกมีความเป็นขั้วและมีสภาพยอมทางไฟฟ้าที่สูง ทำให้วัสดุผสมเลดเซอร์โคเนตไททาเนต เป็นที่นิยมเพราะมีค่าพลังงานไฟฟ้าที่เก็บเกี่ยวได้สูงที่สุดต่อราคาลงทุนในปัจจุบัน ซึ่งลักษณะการใช้งานมักจะไม่ให้วัสดุสัมผัสกับแรงโดยตรง และนิยมใช้กับอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

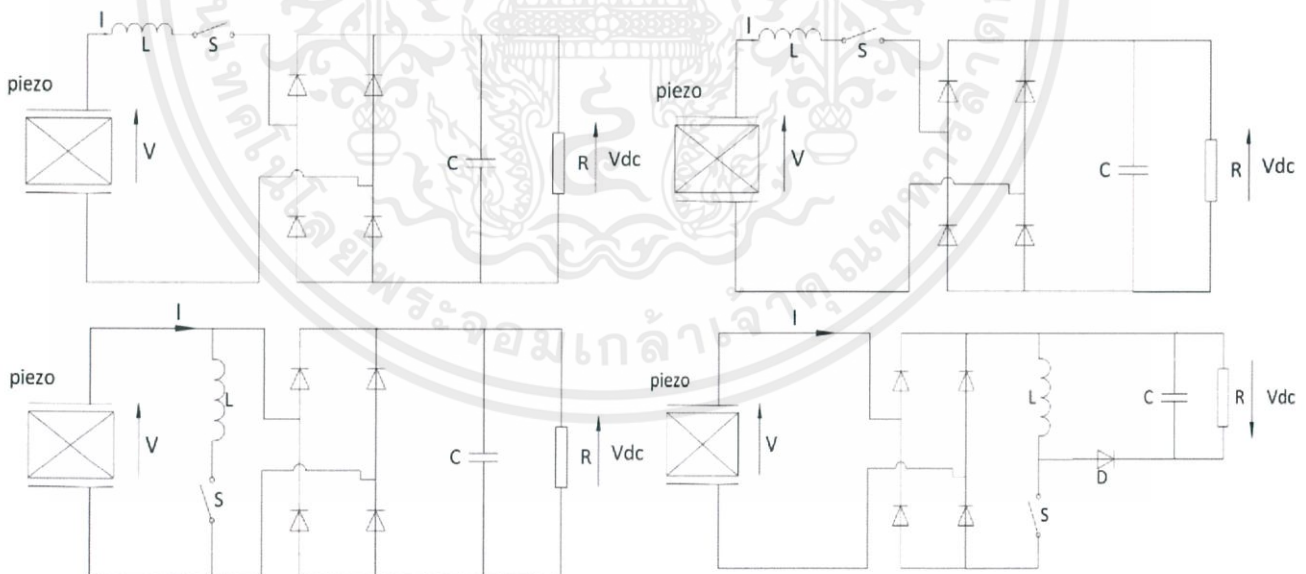
อิเล็กทรอนิกส์กำลังไฟฟ้าไม่สูงมาก เช่น งานวิจัยของ W.H. Liao [7] พบว่าแผ่นเพียโซอิเล็กทรอนิกส์เป็นได้ทั้งเซนเซอร์และระบบไร้สาย แต่หากใช้ปริมาณแผ่นเพียโซอิเล็กทรอนิกส์ที่มากพอผนวกกับพัฒนาวงจรอินเตอร์เฟสและเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สะสมพลังงาน เช่นแบตเตอรี่ ก็จะสามารถรวบรวมพลังงานได้มากพอเพื่อใช้กับงานที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูงขึ้นไป เช่น ระบบส่องสว่าง เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยของ Xiaochen Zhang และ Ying Zhou [8] ก็ได้ใช้แรงสั่นสะเทือนแผ่นเพียโซอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าและได้นำมากักเก็บไว้ที่ลิเทียมแบตเตอรี่

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ประโยชน์จากวัสดุเพียโซอิเล็กทรอนิกส์ มีอยู่หลายอย่าง ขึ้นกับปรากฏการณ์ การเปลี่ยนแปลง เช่น เอกสารอ้างอิง [9] ในกรณีที่มีการป้อนแรงดันให้วัสดุทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือเกิดแรงกล ในเอกสารอ้างอิงที่ [10] นำไปใช้งานโดยเน้นการนำไปใช้งานกับสิ่งทอเพื่อการสวมใส่และผลิตพลังงานไฟฟ้ากับอุปกรณ์ที่ต้องการกำลังไฟฟ้าต่ำ สามารถนำมาใช้เป็นทรานสดิวเซอร์ในอุปกรณ์อัลตรา โซนิก (Ultrasonic) ทางกายภาพ ลำโพง และนำมาใช้เป็นแอกชูเอเตอร์ (Actuator) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประกอบ ที่สำคัญของเครื่องพิมพ์ 3D เซ็นเซอร์ในกล้องถ่ายรูป วาล์วไฮดรอลิก (hydraulic valve) เป็นต้น และในกรณีให้แรงแกว่งตัวทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า สามารถใช้เป็นอุปกรณ์จุดแก๊ส (gas ignitor) ในเตาเครื่องทำความร้อน ใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) ใช้เป็นตัวตรวจจับความดัน (pressure sensor) เป็นต้น ในทางการทหารมีการนำไปใช้เช่นกัน เนื่องจากน้ำหนักของแบตเตอรี่เป็นหนึ่งในข้อจำกัดในสนามรบจึงนิยมใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทรอนิกส์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าไปใช้กับอุปกรณ์ไร้สาย เช่น วิทยุและการสื่อสารทางดาวเทียม

ดังนั้นวัสดุเพียโซอิเล็กทรอนิกส์สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานจากแรงสั่นสะเทือนความถี่ต่ำได้จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือ ในงานวิจัย [11-12] จะออกแรงกระทำต่อแผ่นเพียโซอิเล็กทรอนิกส์ทางอ้อม โดยใช้หลักการของคาน เพื่อที่จะได้มีการเก็บสะสมพลังงานได้มากที่สุดมากกว่าการกระทำทางตรง ในเอกสารที่ [12] ได้มีการใช้วงจรเก็บเกี่ยวพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเก็บเกี่ยวพลังงานการสั่นสะเทือนความถี่ต่ำของการเคลื่อนไหวของมนุษย์ และได้นำเสนอตัวเก็บเกี่ยวพลังงานไฮบริดจ์ ประกอบไปด้วยวัสดุเพียโซอิเล็กทรอนิกส์ติดตั้งในลักษณะคานยื่น และคู่แม่เหล็กถาวรโดยติดตั้งไว้บนหนึ่งที่ปลายคานยื่นและอีกอันหนึ่งที่มีขั้วตรงข้ามไว้กับแหล่งพลังงานทางกลในระยะที่ห่างออกไปเพื่อให้แรงแม่เหล็กช่วยให้เกิดการเคลื่อนไหวของเพียโซอิเล็กทรอนิกส์และผลิตไฟฟ้าออกมาได้มากยิ่งขึ้นโดยไม่ต้องมีเครื่องสั่นเพื่อเก็บเกี่ยวพลังงานสูงสุดจากความถี่การสั่นธรรมชาติของวัสดุ ในเอกสารอ้างอิงที่ [13] มีการสร้างแบบจำลองทางไฟฟ้าของเพียโซอิเล็กทรอนิกส์โดยแปลงค่าพารามิเตอร์ทางกลเป็นค่าทางไฟฟ้าทั้งหมดด้วยความสัมพันธ์ทางกล-ไฟฟ้า เพื่อให้ง่ายต่อการจำลองรูปคลื่นสัญญาณทางไฟฟ้า โดยกล่าวไว้ว่าเมื่อเพียโซอิเล็กทรอนิกส์ได้รับแรงกระทำทางกลพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะถูกเก็บไว้ในตัวอุปกรณ์ในรูปของพลังงานศักย์และเมื่อไม่ได้รับแรงกระทำจะเปลี่ยนพลังงานที่เก็บไว้เป็นพลังงานจลน์แล้วส่งต่อไปด้วยความถี่ธรรมชาติของอุปกรณ์จนครบคาบของการสั่น จึงได้จำลองวงจรไฟฟ้าโดยแบ่งวงจรเป็นช่วงที่ได้รับแรงและไม่ได้รับแรงใช้สวิตช์สองตัวทำงานสลับกัน โดยทำการตั้งค่าความถี่ของแหล่งจ่ายตามความถี่ของการย่ำเดิน รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแบบจำลองมีลักษณะที่คล้ายกับการทดลองจริง สามารถนำไปใช้สำหรับการศึกษาค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าได้ ต่อมาแนวคิดรองเพื่อกำหนดพลังงาน [14-17] เกิดขึ้นโดยที่มีการติดตั้งวงจรเรียงกระแสเพื่อให้รูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเพียโซอิเล็กทริกจากการก้าวเดินที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับแปลงเป็นกระแสตรงแล้วประจุลงแบตเตอรี่ขนาดเล็กแต่มีความจุเพียงพอสำหรับอุปกรณ์พกพาต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ ลักษณะการติดตั้งและรูปคลื่นสัญญาณได้อธิบายไว้ในเอกสารที่ [14-15] และตัวอย่างวงจรการเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริกได้แสดงไว้ดังรูปที่ 1.3 ในเอกสารอ้างอิงที่ [16] ได้ทดสอบรองเพื่อกำหนดพลังงานโดยการเดินและวิ่ง ผลสรุปว่าการวิ่งทำให้ได้รับพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้เพิ่มมากขึ้นและสามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ในเอกสารที่ [17] มีการสรุปการใช้เพียโซอิเล็กทริกเพื่อเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวของมนุษย์ในทางปฏิบัติว่าการประมวลผลและวงจรการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ รวมไปถึงเทคนิคการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ได้ค่าพลังงานที่สูงขึ้น เช่น 4 เทคนิคการ ติดตามจุดพลังงานสูงสุด (maximum power point tracking) สามารถนำมาใช้เพื่อการเก็บเกี่ยวพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูง



รูปที่ 1.3 วงจรการเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก [16]

ในส่วนของงานวิจัยต่าง ๆ ในต่างประเทศ [18] ที่มีการศึกษาการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกในรูปแบบของการรับแรงจากการเดินของมนุษย์ การรับแรงจากรถยนต์บนท้องถนนและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับแรงสั่นสะเทือนจากรถไฟ ที่เป็นสิ่งที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวัน ได้นำวัสดุเพียโซอิเล็กทริกใส่ไว้ตามสถานที่ที่ผู้คนสัญจรไปมาในปริมาณมาก ยกตัวอย่างเช่น [19-26] ในประเทศญี่ปุ่นได้ออกทำติดตั้งพื้นกำเนิดพลังงานไว้ที่บริเวณช่องทางเดินเก็บค่าโดยสารรถไฟฟาสถานีโตเกียว ดังรูปที่ 1.4 เพราะเป็นตำแหน่งที่มีความหนาแน่นของผู้คนต่อพื้นที่ที่สูงมาก จึงทำให้สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานได้มากโดยทำการเก็บเกี่ยวพลังงานจลน์จากการเดินผ่านของผู้ใช้บริการแล้วนำไปจ่ายให้กับช่องจำหน่ายตั๋วและระบบจอแสดงผล ได้ทำการติดตั้งเป็นพื้นที่รวม 25 ตารางเมตร ทั้งนี้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้สูงถึง 1,400 กิโลวัตต์ต่อวัน



รูปที่ 1.4 พื้นกำเนิดพลังงานที่สถานีโตเกียวประเทศญี่ปุ่น [18]

ในเอกสารอ้างอิงที่ [19] Guoliang Ye และคณะได้ทำการศึกษาสัญญาณทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในลักษณะการใช้งานเพียโซอิเล็กทริกกับพื้นถนนและสรุปไว้ว่าพลังงานที่ได้รับแปรผันโดยตรงกับแรงที่กระทำลงบนเพียโซอิเล็กทริกในลักษณะการติดตั้งแบบคานยื่น คานเพียโซอิเล็กทริกขนาดใหญ่ขึ้นจะยังสามารถได้รับพลังงานที่สูงขึ้นและการนำไปใช้กับรางรถไฟเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะพัฒนาต่อไป ในเอกสารอ้างอิงที่ [20] Takeshi Kasuga และคณะ ได้นำเสนอและจำลองการติดตั้งระบบส่องสว่างใช้เป็นตัวแบ่งเลนในทางด่วนโดยใช้เพียโซ อิเล็กทริก ตัวเก็บประจุ และหลอดไฟแบบไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode or LED) ชนิดสว่างพิเศษ โดยหลอดไฟแบบไดโอดเปล่งแสง จะสว่างจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อรถยนต์วิ่งผ่านบนวัสดุเพียโซ อิเล็กทริกที่ใช้ทำเป็นพื้นถนน ความเร็วของรถยนต์มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ตัวแบ่งเลนรถยนต์นี้ไม่จำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายภายนอกและแทบที่จะไม่ต้องการบำรุงรักษา ในเอกสารอ้างอิงที่ [21] M. Vazquez-Rodriguez และคณะได้ทำการศึกษาคุณลักษณะทางไฟฟ้าและได้ติดตั้งวัสดุเพียโซอิเล็กทริกในพื้นที่ถนนในบริเวณมหาวิทยาลัยในรูปแบบต่าง ๆ ตัวอย่างการติดตั้งแสดงไว้ดังรูปที่ 1.5 นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับสัญญาณแรงดันจากการทดลองพบสามารถยืนยันผลการทดลองได้และได้สรุปไว้ว่าพลังงานที่สามารถเก็บเกี่ยวได้เพียงพอสำหรับการทำงานของเซนเซอร์ในระบบโยธาและการใช้งานบนท้องถนนได้ เช่นเดียวกับในเอกสารอ้างอิงที่ [22] ทำการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการวิ่งของรถยนต์แล้วนำไปใช้กับอุปกรณ์ไร้สายของ Qingyuan Zhu และคณะในลักษณะพื้นถนนที่ต่างกันและพิจารณาวงจรอินเทอร์เฟสในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบ และได้กล่าวไว้ว่าการใช้เพียโซอิเล็กทริกเป็นการลดปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งและช่วยลดค่าบำรุงรักษาได้อย่างมาก การทดลองยืนยันว่าแรงสั่นสะเทือนจากรถยนต์เพียงพอ สำหรับการนำพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้มาใช้กับระบบไร้สาย

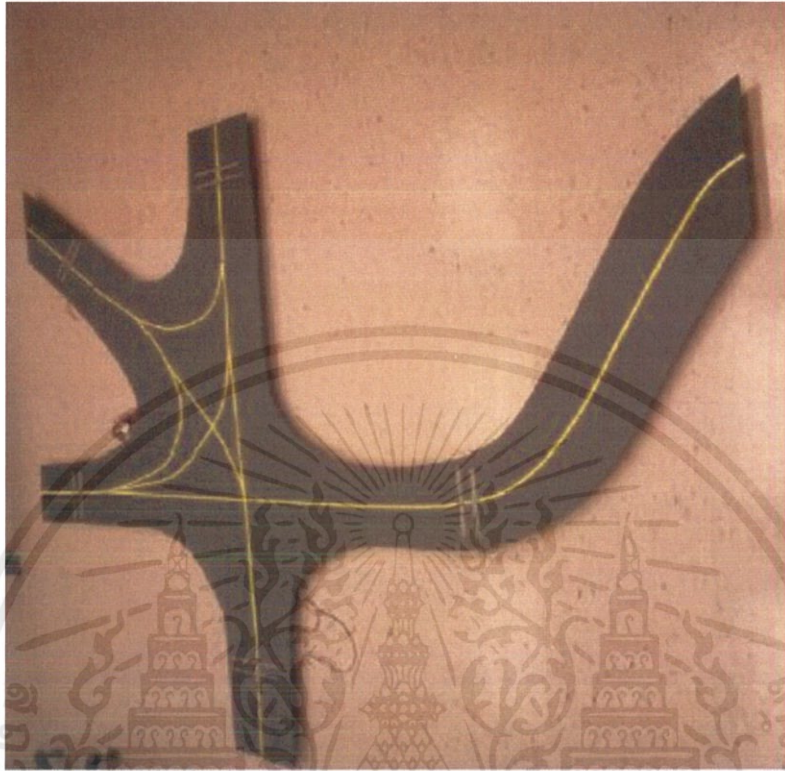


รูปที่ 1.5 ลักษณะการติดตั้งวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่พื้นถนน [21]

ในอีกลักษณะหนึ่งที่น่ามาประยุกต์ใช้กับระบบรถยนต์นำเสนอดโดย Pranjal Kaustubh และ Nishank Vaish ดังเอกสารอ้างอิงที่ [23] ได้นำเสนอการใช้เพียโซอิเล็กทริกพอลิเมอร์ (Polyvinylidene Fluoride or PVDF) ติดตั้งภายในยางรถยนต์ ผลสรุปว่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้ต่อหนึ่งล้ออยู่ระหว่าง 2.1-2.8 โวลต์ จึงใช้ค่าที่ได้ต่ำสุดคือ 2.1 มาคำนวณรวมสี่ล้อได้แรงดัน 8.1 โวลต์ เมื่อผ่านวงจรเรียงกระแสแรงดันจะอยู่ที่ประมาณ 6.57 โวลต์ นำไปผ่านวงจรทระดับแรงดันได้แรงดัน 24 โวลต์ ที่กระแสไฟฟ้า 3.2 แอมป์ สามารถนำไปประจุลงแบตเตอรี่ประเภท NiMH 20 โวลต์ 10 แอมป์ชั่วโมงใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 3.1 ชั่วโมง และในเอกสารอ้างอิงที่ [24] โดย Samer A. Rajab ได้นำไปใช้งานสำหรับเป็นเซนเซอร์ในการแยกประเภทรถยนต์ขนาดต่าง ๆ กันและรถจักรยานยนต์ ได้ผลออกมามีความถูกต้องแม่นยำและสามารถใช้งานได้จริง ในเอกสารอ้างอิงที่ [25] ได้มีการวิจัยและทดลองของ Ysung-Tsi Wu และคณะ โดยใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเพื่อใช้ในอาคารอัจฉริยะ ซึ่งโดยทั่วไปภายในอาคารอัจฉริยะจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เพื่อตรวจวัดสิ่งแวดล้อมภายนอก อาทิ อุณหภูมิและแสงสว่าง เพื่อทำการปรับบรรยากาศภายในแบบอัตโนมัติให้เหมาะสม ภายในอาคาร ช่วยในการประหยัดพื้นที่และความไม่สวยงามในการเดินสายไฟ ในเอกสารอ้างอิงที่ [26] Chung S. Leung และคณะได้นำเสนอการนำเพียโซอิเล็กทริกมาใช้งานภายในสนามบินโดยทำงานเป็นเซนเซอร์ตรวจสอบการเคลื่อนที่และนับจำนวนเครื่องบินบนพื้นที่บนสนามบินที่จัดเตรียมไว้สำหรับให้เครื่องบินขับเคลื่อนระหว่างลานจอดอากาศยานกับทางวิ่ง (taxiway) โดยสามารถทำงานแบบไม่ต้องมีแหล่งจ่ายภายนอกแต่ยังคงต้องมีการพัฒนาต่อไปในเรื่องของการติดต่สื่อสารกับระหว่างเซนเซอร์แต่ละตัว ในหลายพื้นที่บนสนามบินที่จัดเตรียมไว้สำหรับให้เครื่องบินขับเคลื่อนระหว่างลานจอดอากาศยานกับทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิ่ง (taxiway) เพื่อเพิ่มความถูกต้องแม่นยำและความปลอดภัยต่อไปลักษณะของแบบจำลอง แสดงไว้ดังรูปที่ 1.6

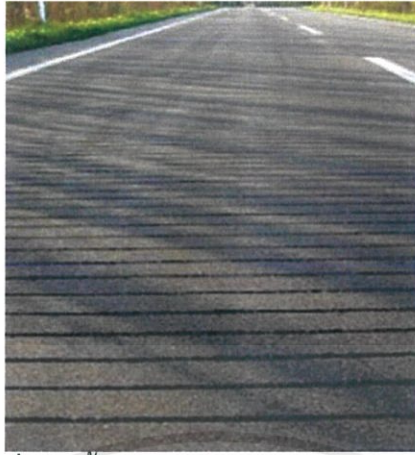


รูปที่ 1.6 แบบจำลองทางขับ ที่ติดตั้งพื้นเพียโซอิเล็กทริก [26]

การรถไฟแห่งประเทศไทยได้ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี [27] ได้มีการนำชุดทดลองแผ่นเพียโซอิเล็กทริกไปติดตั้งไว้ที่รางรถไฟจำนวนหนึ่ง รถไฟมีการวิ่งอยู่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะมีพลังงานเกิดขึ้น 120 kW

ในโครงการนี้จึงเน้นนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นถนนให้มีการดึงพลังงานออกมาใช้ให้มากที่สุด ซึ่งปริมาณการใช้รถในปัจจุบันก็สูงขึ้น ในเอกสารที่ [28] เป็นการติดตั้งเซนเซอร์เพียโซอิเล็กทริกพื้นถนนในประเทศจีนตรงบริเวณทางม้าลายเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการข้ามถนนและประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับสัญญาณไฟและเซนเซอร์และมีการทดลองพื้นกำเนิดพลังงานโดยใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ต่าง ๆ จากพลังงานจลน์เมื่อรถยนต์วิ่งผ่านแล้วแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยติดตั้งเป็นเส้นตามขวางมีความกว้างไม่กี่เซนติเมตร แสดงไว้ดังรูปที่ 1.7 และได้เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางจากแนวคิดการเปลี่ยนความแออัดของการจราจรบนพื้นถนนเป็นแหล่งพลังงานสะอาด พลังงานที่ได้รับประมาณ 400 กิโลวัตต์ ต่อพื้นถนนกำเนิดพลังงาน 1 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.7 พื้นถนนกำเนิดพลังงานประเทศอิสราเอล [28]

จากลักษณะการติดตั้งใช้งานจริงดังที่กล่าวมาข้างต้นเห็นได้ว่าในต่างประเทศได้เห็นความสำคัญของเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริกและได้มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเห็นถึงข้อได้เปรียบของพลังงานทางเลือกนี้อย่างหลากหลาย

สำหรับงานวิจัยเรื่องการพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางจักรยาน ทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษาเกี่ยวกับแผ่นเพียโซอิเล็กทริก และ นำมาสร้างแบบจำลองพื้นกำเนิดพลังงานติดตั้งในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของแรงกระทำทางกลมาก โดยนำมาใช้บริเวณทางวิ่งจักรยาน และผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมา นำมาใช้งานกับระบบสัญญาณไฟ และ ประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์ หรือ วงจรต่าง ๆ ที่ใช้บนพื้นถนน ซึ่งจะใช้ร่วมกับวงจรที่ได้ทำการออกแบบไว้เพื่อกักเก็บพลังงานเข้าสู่แบตเตอรี่ แล้วนำพลังงานไฟฟ้าที่กักเก็บมาใช้กับหลอดแสงสว่างเช่น หลอดไดโอดเปล่งแสง ที่ติดตั้งอยู่บนพื้นถนนให้เป็นไฟส่องทางด้วยต้นทุนที่ต่ำขึ้น [29] แต่พลังงานไฟฟ้าที่ได้จาก เพียโซอิเล็กทริกจะได้ออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งไม่สามารถเก็บเข้าแบตเตอรี่ได้โดยตรง จึงต้องอาศัยวงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรง แล้วจึงนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ โดยมีงานวิจัยของ Smitha [30] มีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทางเลือกและเก็บไว้ในระบบการจัดเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) เพื่อเก็บพลังงานไปใช้งานต่าง ๆ ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานและการจัดเก็บพลังงานของวงจรเพียโซอิเล็กทริก
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วงจรเพียโซอิเล็กทริกในการเก็บเกี่ยวพลังงานจากพื้นจักรยาน
3. เพื่อประยุกต์ใช้วงจรเพียโซอิเล็กทริกในการเก็บเกี่ยวพลังงาน มาเป็นพลังงานทางเลือกสำหรับพลังงานไฟฟ้าในพื้นที่สาธารณะประโยชน์
4. เพื่อออกแบบและพัฒนาวงจรควบคุมการเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากวงจรเพียโซอิเล็กทริก ให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

ขอบเขตในการศึกษาปริญญาโทฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบพื้นกำเนิดพลังงานที่สามารถใช้งานได้จริงจากแรงสั่นสะเทือนบนพื้นจักรยาน โดยใช้วัสดุผสมเพียโซอิเล็กทริกเซรามิก เลคเซอร์โคเนตไททาเนต (Lead zirconate titanate or PZT) มาเป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้า และพัฒนาวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน ที่จ่ายเข้าโพลแสงสว่างหรือเก็บเข้าแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์

1.4 แผนการดำเนินโครงการ

ระยะเวลาดำเนินการ 9 (เดือน) ตั้งแต่ 1 สิงหาคม 2559 ถึง 30 เมษายน 2560

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เคยทำการวิจัยเรื่องเพียโซอิเล็กทริกและการเก็บเกี่ยวพลังงาน
2. ออกแบบวงจรและพัฒนาการเก็บเกี่ยวพลังงานจากเพียโซอิเล็กทริก ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
3. ออกแบบพื้นสำหรับทางจักรยานที่สามารถรับแรงที่กระทำต่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริก
4. ออกแบบและจำลองระบบในโปรแกรม SketchUP, Preteus
5. ทดสอบการใช้งานแผ่นเพียโซอิเล็กทริก สำหรับพื้นจักรยาน
6. ปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ
7. จัดทำรายงานผลการศึกษาระดับสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 ขอบเขตการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ระยะเวลา																																			
	Aug-59				Sep-59				Oct-59				Nov-59				Dec-59				Jan-60				Feb-60				Mar-60				Apr-60			
	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. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำวิจัยมาแล้ว																																				
2. ออกแบบวงจรและพัฒนาระบบพลังงานจากพืชไฮโดรลิค																																				
3. ออกแบบพื้นที่ถนนที่สามารถรับแรงที่จะกระทบต่อแผนเผชิญเหตุไฮโดรลิค																																				
4. ออกแบบและจำลองระบบโปรแกรม คอมพิวเตอร์																																				
5. ทดสอบการใช้งานแผนเผชิญเหตุไฮโดรลิค สำหรับพื้นที่กรรณ																																				
6. ปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทดสอบ																																				
7. จัดทำรายงานผลการศึกษาระดับสมบูรณ์																																				



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ผู้ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

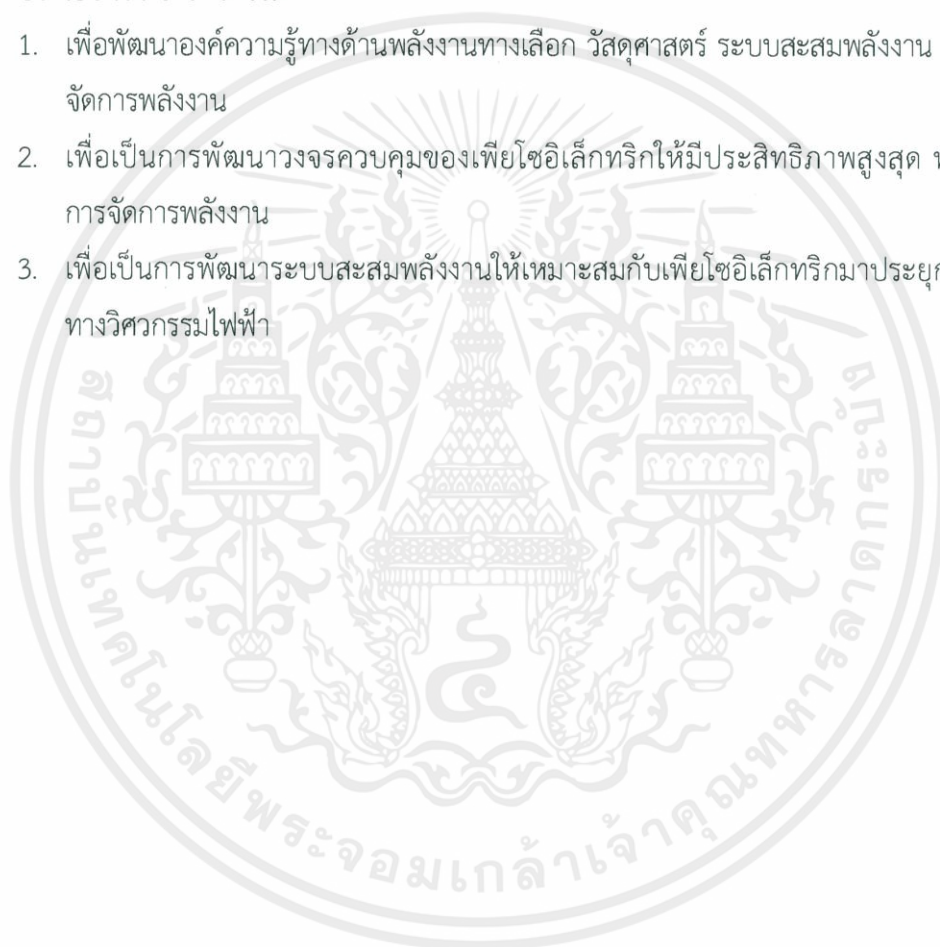
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ประโยชน์ในทางพลังงาน

1. เพื่อให้เกิดพลังงานทางเลือกชนิดใหม่ในประเทศไทย ซึ่งเป็นการนำพลังงานทางกลที่สูญเสียไป อย่างเปล่าประโยชน์ มาแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า
2. เพื่อเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานในพื้นที่ชุมชนรวมไปถึงลดการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ประโยชน์ในเชิงวิศวกรรม

1. เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านพลังงานทางเลือก วัสดุศาสตร์ ระบบสะสมพลังงาน และการจัดการพลังงาน
2. เพื่อเป็นการพัฒนาจรรยาบรรณของเพียโซอิเล็กทริกให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ทางด้านการจัดการพลังงาน
3. เพื่อเป็นการพัฒนาระบบสะสมพลังงานให้เหมาะสมกับเพียโซอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้กับทางวิศวกรรมไฟฟ้า

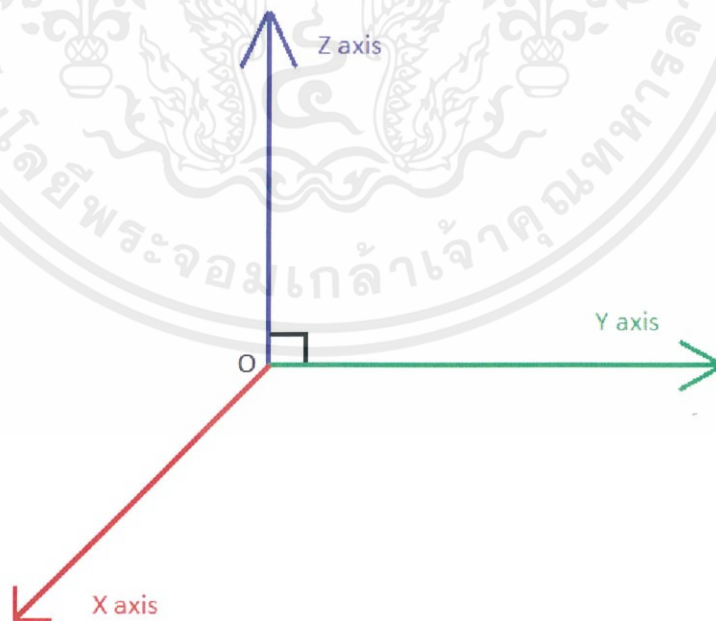


บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric)

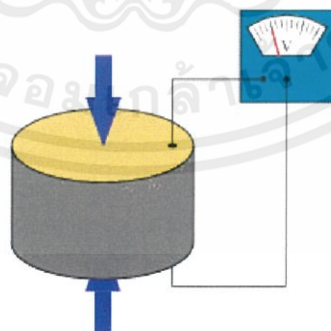
เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric) คือ วัสดุที่มีสมบัติรับแรงกลต่างๆ เช่น แรงดัน ความเร่ง การสั่น แรง เคียด หรือแรงกระทำอื่นๆ โดยเปลี่ยนพลังงานกลต่างๆเหล่านี้ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในทางกลับกันเมื่อให้พลังงานไฟฟ้าแก่วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นเพียโซอิเล็กทริก วัสดุนั้นก็จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลได้เช่นกัน วัสดุหนึ่งๆ ประกอบด้วยผลึก (crystal) จำนวนมาก มีการจำแนกโครงสร้างผลึก (crystal structure) ออกเป็น 7 ระบบ (crystal) ดังนี้คือ ระบบลูกบาศก์ (cubic) เฮกซะโกนัล (hexagonal) รอมโบฮีดรัล/ไตรโกนอล (rhombohedral/trigonal) เทตระโกนัล (tetragonal) ออร์โธโรมบิก (orthorhombic) มอโนคลินิก (monoclinic) และไตรคลินิก (triclinic) ผลึกทุกระบบมีทิศทางผลึก (crystal direction) เข้ามาเกี่ยวข้องกับการวัดค่าต่างๆ ของผลึกเสมอ เช่น ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ที่วัดในแนวระนาบผลึกไม่เท่ากันกับค่าที่วัดในแนวตั้งฉากกับผลึก แม้ว่าจะเป็นผลึกเดียวกัน ดังนี้แสดงว่าค่านี้เป็นสมบัติที่ขึ้นกับทิศทาง (anisotropic property) ความเป็นเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectricity) และความเป็นไพโรอิเล็กทริก (pyroelectricity) จัดเป็นสมบัติที่ขึ้นกับทิศทาง ในการวิเคราะห์ค่าต่างๆ จึงต้องมีแกนอ้างอิง (reference axis) แกนอ้างอิงที่นิยมใช้คือแกนพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แกนพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate)

วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric material) เป็นเซรามิกประเภทหนึ่งที่มีสมบัติพิเศษ กล่าวคือ เมื่อ ได้รับแรงกล (mechanical force) จะให้แรงดันไฟฟ้า (voltage) ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric effect) ในทางกลับกันเมื่อวัสดุได้รับแรงดันไฟฟ้าจะทำให้มีการเปลี่ยนรูปร่าง (deformation) เกิดแรงกลซึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์อินเวอร์สเพียโซอิเล็กทริก (inverse piezoelectric effect) การเปลี่ยนไปมา ระหว่างพลังงานกล และพลังงานไฟฟ้า สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

สมบัติเพียโซอิเล็กทริก จะเกิดขึ้นในวัสดุที่มีสภาพเป็นขั้วทางไฟฟ้าเท่านั้น วัสดุเพียโซอิเล็กทริก มีทั้งที่พบในธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ เช่น คริสตอล (gallium phosphate, quartz, tourmaline) เซรามิก โพลีเมอร์ เป็นต้น ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก หมายถึง ปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงทางกล (mechanical deformation) ในลักษณะถูกกด บีบหรือดึง การทำต่อผลึกจนกระทั่งเกิดความเค้นในผลึก ทำให้มีการกระจัดทางไฟฟ้า (electrical displacement) ของประจุไฟฟ้าบวก (positive charge) หรือไอออนบวก (cation) ให้ไปอยู่ที่ผิวด้านหนึ่งของผลึก ในขณะที่ประจุลบ (negative charge) หรือไอออนลบ (anion) ไปอยู่ที่ผิวอีกด้าน ปริมาณการกระจัดนี้จะแปรผันตามความเค้น จำนวนคู่ประจุบวก-ลบหรือคู่ขั้วหรือโพลไฟฟ้า (electrical dipole) การเรียงตัวของไดโพลไฟฟ้าในผลึก เกี่ยวข้องกับความเป็นขั้ว (polarity) ของผลึกซึ่งจะมีแกนขั้ว (polar axis) ที่อาจเป็นแกนหลักของผลึกหรือเป็นแกนสมมติ (imaginary axis) ก็ได้ แกนสมมติได้จากการลากเส้นตรงผ่านศูนย์กลางของประจุบวกกับศูนย์กลางของประจุลบในผลึก ถ้าต่อแอมมิเตอร์กับผลึกจะสังเกตเห็นกระแสไฟฟ้า การทำให้ผลึกเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกลซ้ำๆ ต่อเนื่องกันจึงเท่ากับทำให้มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นตลอดเวลา



รูปที่ 2.2 เพียโซอิเล็กทริกเปลี่ยนแรงกดเป็นพลังงานไฟฟ้า

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงในรูป เป็นปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกแบบตรง (direct piezoelectric effect) ค้นพบใน พ.ศ. 2423 โดยพี่น้องชาวฝรั่งเศสชื่อปีแยร์ คูรี และแจ็ก คูรี (Pierre Curie & Jacques Curie) ผลึกที่นำมาทดลองเป็นผลึกในธรรมชาติ เช่น ควอตซ์ (quartz) โทปาซ (topaz) เกลือโรเซล (Rochelle salt) ทัวร์มาลีน (tourmaline) ในเวลาสองปีต่อมาทั้งสองค้นพบปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกแบบผกผัน (converse piezoelectric effect) เกิดจากการที่ผลึกมีความต้านทานไฟฟ้าในตัวเอง (internal resistance) ดังนั้น ถ้าวางผลึกในสนามไฟฟ้าจะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้ามีผลให้ประจุบวกและลบเคลื่อนที่สัมพัทธ์กัน (relative movement) หมายถึงทิศทางการเคลื่อนที่ตรงกันข้ามกัน การกระจัดของไดโพลจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับทิศของสนามไฟฟ้าภายนอกที่ป้อนให้แก่ผลึกซึ่งจะยืด (extension) หรือหด (contraction) ตามทิศทางของการกระจัด ผลึกจึงมีความเครียด (strain) ถ้าหากเราป้อนไฟฟ้ากระแสสลับ (alternating current, a.c.) ให้แก่ผลึกตลอดเวลา จินตนาการได้ว่าผลึกกำลังสั่น

สมการอย่างง่ายที่อธิบายปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกทั้ง 2 แบบมีดังนี้

ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกแบบตรง $D = dT$ หน่วย pC/N

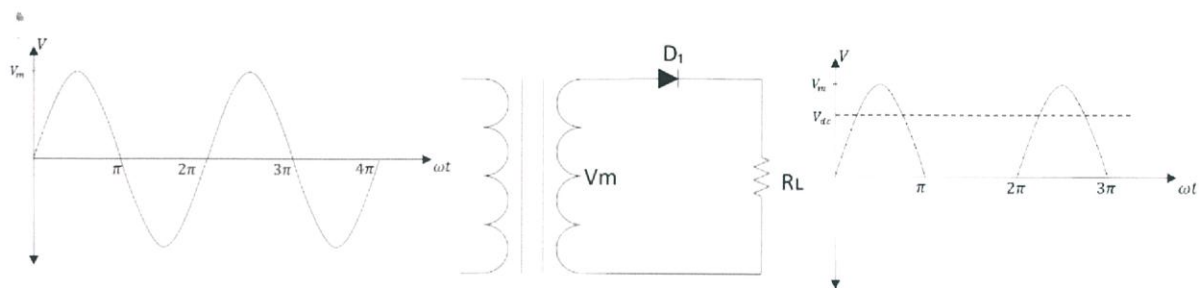
ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกแบบผกผัน $S = dE$ หน่วย pm/V

เมื่อ D คือเวกเตอร์การกระจัดทางไฟฟ้าหรือความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้า (electric flux density)

T คือความเค้น S คือความเครียด E คือความเข้มสนามไฟฟ้า (electric field strength) เป็นปริมาณเวกเตอร์เช่นเดียวกับ D และ d คือสัมประสิทธิ์เพียโซอิเล็กทริก (piezoelectric coefficient) ซึ่งปรากฏในสมการเพียโซอิเล็กทริกทั้ง 2 แบบแสดงว่าปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริกเป็นกระบวนการผกผันได้ (reversible process)

2.2 วงจรเรียงกระแส (rectifier)

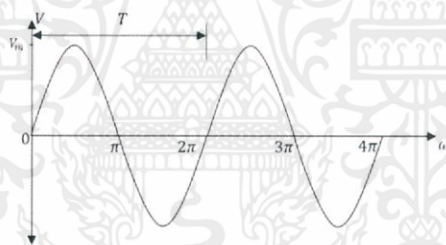
วงจรเรียงกระแสหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเรกติไฟเออร์คือวงจรไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณกระแสสลับให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหรือมีคุณสมบัติยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการแปลงสัญญาณได้แก่ไดโอด



รูปที่ 2.3 ตัวไดโอดและสัญลักษณ์ที่ใช้แทนในวงจร

2.2.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier Circuit)

จากรูป อธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้เมื่อสัญญาณครึ่งบวกเข้ามาไดโอดจะถูกไบอัสตรงทำให้กระแสไหลในวงจรเกิดแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทาน L R ตามลักษณะของสัญญาณขาเข้าแต่เมื่อมีสัญญาณครึ่งลบเข้ามาไดโอดจะถูกไบอัสกลับจึงทำให้ไม่มีกระแสไหลในวงจรแรงดันที่ตกคร่อม L R จึงมีค่าเป็นศูนย์ดังนั้นสัญญาณที่ไหลจึงมีค่าเป็นสัญญาณรูปครึ่งไซเคิลที่เรียกว่าฮาล์ฟเวฟ (Half wave)



รูปที่ 2.4 รูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

- ค่าเฉลี่ย (Average value)

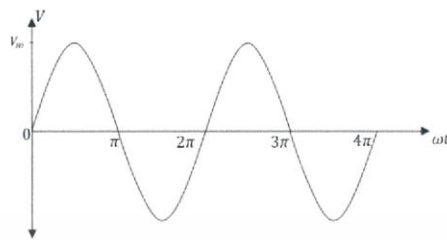
สามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่ได้จากพื้นที่ใต้กราฟของรูปแล้วหารด้วย เวลาของรูปคลื่นโดยคำนวณพื้นที่ใต้รูปคลื่นของสัญญาณที่เรียงกระแสแล้วจะต้องใช้วิธีการอินทิเกรต สัญญาณซึ่งสมการหาค่าเฉลี่ยแสดงได้ดังนี้

$$V_{dc} = V_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt \quad (2.1)$$

- ค่าประสิทธิผล (Effective value or Root Mean Square)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามว่าแรงดันไฟสลับที่ก่อให้เกิดผลทางความร้อนเท่ากับค่าแรงดันไฟตรงเช่นถ้าหากป้อนแรงดันไฟสลับรูปไซน์ค่า 14.14 โวลต์คร่อมตัวต้านทานค่า 1 โอห์มจะก่อให้เกิดความร้อนเท่ากับเมื่อป้อนแรงดันไฟตรงค่า 10 โวลต์



รูปที่ 2.5 สัญญาณที่จะหาค่าประสิทธิผล

จากรูปจะได้สมการการหาค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสคือ

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt} \quad (2.2)$$

การหาค่าแรงดันอาร์เอ็มเอสของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Vrms)

แทนค่าของแรงดัน ในสมการจะได้

$$V_{rms} = \frac{V_m}{2} = 0.5V_m \quad (2.3)$$

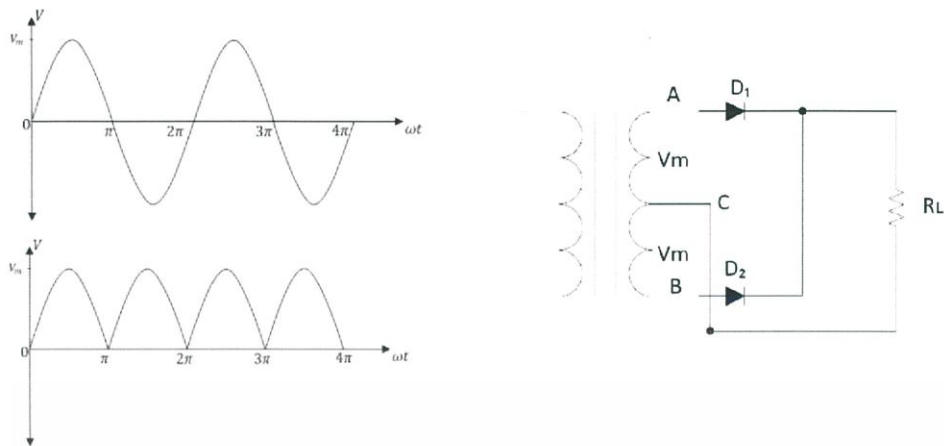
ค่ากระแสอาร์เอ็มเอส (I_{rms})

การหาค่ากระแสอาร์เอ็มเอสจะหาเหมือนกับค่า Vrms จะได้

$$I_{rms} = \frac{I_m}{2} = 0.5I_m \quad (2.4)$$

2.2.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier Circuit)

จากข้อเสียของวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้โดยใช้วงจรที่เรียกว่า วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น วงจรเรียงกระแสแบบนี้จะใช้ไดโอดอย่างน้อย 2 ตัวต่ออยู่ในวงจรเพื่อที่จะทำให้ไดโอดสามารถนำกระแสในแต่ละครึ่งไซเคิลของกระแสสลับไดโอดทั้งสองจึงทำหน้าที่เป็นตัวย้ายกระแสให้กับความต้านโหลดตัวละครึ่งไซเคิลแต่ต้องจ่ายให้ ทิศทางเดียวกันดังนั้นวงจรจึงสามารถจ่ายไฟกระแสตรงได้ตรงกว่าแบบครึ่งคลื่น



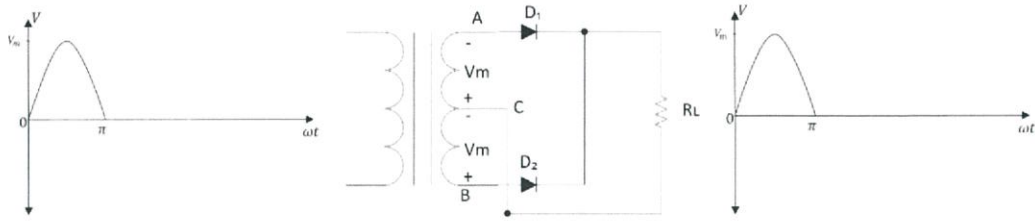
รูปที่ 2.6 วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบเซนเตอร์แทป

2.2.2.1. วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบเซนเตอร์แทป (Center Tap Rectifier Circuit)

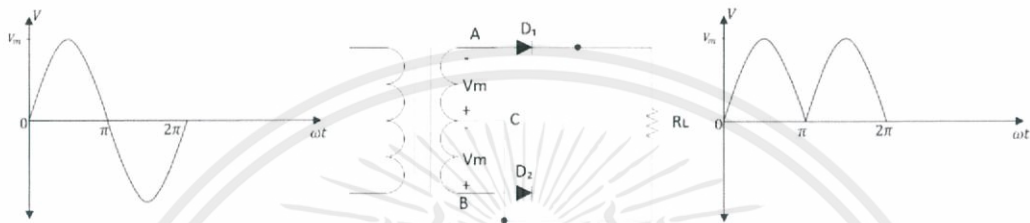
เมื่อมีแรงดันสลับป้อนเข้ามาทางขดปฐมภูมิของหม้อแปลงจะเกิดแรงดันขึ้นทางขดทุติยภูมิคือขั้ว A และ B เนื่องจากจุด C เป็นจุดกึ่งกลางของขดทุติยภูมิดังนั้นแรงดันไฟ ครึ่งหนึ่งจึงเกิดขึ้นที่ขั้ว AC และอีกครึ่งหนึ่งจะปรากฏที่ขั้ว CB และแรงดันระหว่างขดปฐมภูมิ และขดทุติยภูมิจะมีเฟสตรงข้ามกันคือ 180 องศา

เมื่อแรงดันไฟในครึ่งไซเคิลแรกคือครึ่งไฟบวกเข้ามาที่ขาเข้าทางด้านขดปฐมภูมิจักดาไฟฟ้าที่จุด B จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับ A หรือ C และศักย์ไฟฟ้าที่จุด C จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับจุด A ดังนั้น ไดโอด D1 จะไม่นำกระแสไฟฟ้า ส่วนไดโอด D2 จะนำกระแสได้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นในวงจร

เมื่อแรงดันไฟในครึ่งไซเคิลต่อมาคือครึ่งไฟลบเข้ามาที่ขาเข้าทางด้านขดปฐมภูมิจักดาไฟฟ้าที่จุด A จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับ B หรือ C และศักย์ไฟฟ้าที่จุด C จะมีค่าบวกเมื่อเทียบกับจุด B ดังนั้น ไดโอด D2 จะไม่นำกระแสไฟฟ้าส่วนไดโอด D1 จะนำกระแสได้เกิดการไหลของ กระแสไฟฟ้าขึ้นในวงจรตามรูป ค่าแรงดันจะได้อีกครึ่งไซเคิลกระแสผ่านตัวต้านทาน RL จะไหลไปในทิศทางเดียวกับตอนแรก



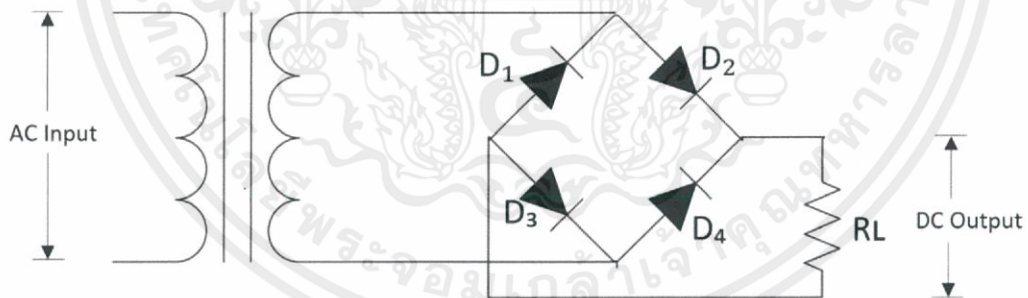
รูปที่ 2.7 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซนเตอร์แทปเมื่อขาเข้าเป็นซีกบวก



รูปที่ 2.8 การทำงานของวงจรเรียงกระแสแบบเซนเตอร์แทปเมื่อขาเข้าเป็นซีกลบ

2.2.2.2. วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave) อีกแบบหนึ่งคือวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะต่อเข้าที่สองมุมของวงจรบริดจ์และจะถูกนำออกที่สองมุมที่เหลือดังในรูป



รูปที่ 2.9 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

ในแต่ละครึ่งไซเคิลของวงจรขาเข้าสมมุติว่าเมื่อขั้ว A ของขดทุติยภูมิมีค่าเป็นบวก และขั้ว B มีค่าเป็นลบจึงเหมือนกับครึ่งไซเคิลลบถูกป้อนเข้าทางขดปฐมภูมิของหม้อแปลง ไดโอด D2 และ D3 จะอยู่ในลักษณะไบอัสตรงดังนั้นกระแสจึงไหลครบวงจรจากขั้ว A ผ่าน ไดโอด D2 ความต้านทานโหลดและไดโอด D3 แล้วกลับเข้าสู่ขั้ว B ของหม้อแปลง และเมื่อแรงดันไฟสลับเปลี่ยนข้างมาเป็นขั้วบวกที่ขั้ว B และเป็นลบที่ขั้ว A การนำกระแสของไดโอดจะเปลี่ยนไปโดยเริ่มจากจุด B ของขดทุติยภูมิผ่าน D4 ความต้านทานโหลดและ D1 กลับเข้าขั้ว A ของหม้อแปลงทิศทางแรงดันตกคร่อมโหลดจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศทางเดียวกับตอนแรกคือมีขั้วบวกอยู่ทางด้านบน ดังนั้นการนำกระแสไดโอดจะเกิดสลับกันทีละสองตัว D2 กับ D3 และ D1 กับ D4 26

- ค่าพารามิเตอร์ในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

ในวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นจะได้สัญญาณเพียงครึ่งไซเคิล แต่ในวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นจะได้สัญญาณทุกรูปคลื่นของสัญญาณขาเข้า ดังนั้นค่าแรงดันหรือ ค่ากระแสมยอมได้มากกว่าแบบครึ่งคลื่นซึ่งการคำนวณค่าโดยใช้สมการเดียวกันแต่จะให้ผลลัพธ์ดังนี้

$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} = 0.636I_m \quad (2.5)$$

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = 0.636V_m \quad (2.6)$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad (2.7)$$

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad (2.8)$$

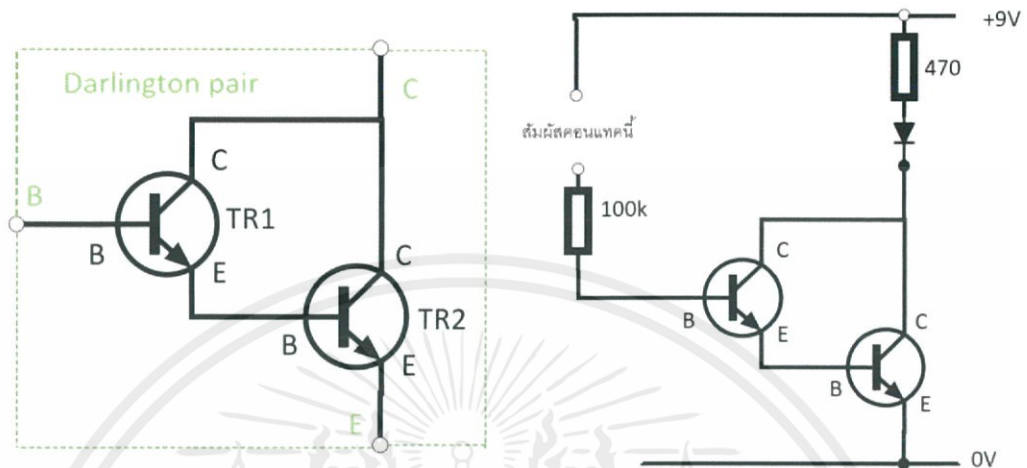
2.3 วงจรดาร์ลิ่งตัน

2.3.1 วงจรดาร์ลิ่งตัน(คู่ดาร์ลิ่งตัน)

ทรานซิสเตอร์สองตัวต่อกัน ทำให้กระแสที่ขยายด้วยตัวแรกถูกขยายต่อด้วยทรานซิสเตอร์ตัวที่สองเกนการขยายกระแสรวมจะเท่ากับเกนของแต่ละตัวคูณกัน

เกนกระแสของคู่ดาร์ลิ่งตัน $h_{FE} = h_{FE1} \times h_{FE2}$ (h_{FE1} และ h_{FE2} คือเกนของทรานซิสเตอร์แต่ละตัว) จึงทำให้คู่ดาร์ลิ่งตันมีเกนกระแสสูงมาก เช่น 10000 เท่า ดังนั้นจึงต้องการกระแสเบสเพียงเล็กน้อยก็ทำให้คู่ดาร์ลิ่งตันสวิทช์ต่อได้ คู่ดาร์ลิ่งตันแทนทรานซิสเตอร์ตัวเดียวที่มีเกนกระแสสูงมาก มีสามขาเช่นกัน (B, C และ E) ซึ่งเทียบเท่ากับขาของทรานซิสเตอร์ตัวเดียว ถ้าจะให้คู่ดาร์ลิ่งตันทำงานต้องมีแรงดัน 0.7 โวลต์ ระหว่างรอยต่อเบส-อิมิตเตอร์ของทั้งคู่ซึ่งต่ออนุกรมกันภายใน ดังนั้นจึงต้องใช้ 1.4 โวลต์ เพื่อให้เปิด(on)

คู่อาร์ลิงตันสามารถหาได้เป็นแพคเกจสำเร็จรูป แต่ก็สามารถทำเองได้เองจากทรานซิสเตอร์สองตัว TR1 เป็นชนิดกำลังต่ำ ส่วน TR2 ปกติต้องการกำลังสูง กระแสคอลเล็กเตอร์สูงสุด $I_C(\max)$ ของคู่อาร์ลิงตันจะเท่ากับ $I_C(\max)$ ของ TR2.



รูปที่ 2.10 วงจรคู่อาร์ลิงตัน

2.4 ดีซี-ดีซี คอนเวอร์เตอร์

2.4.1 วงจรทอนระดับแรงดันหรือวงจรบั๊กคอนเวอร์เตอร์

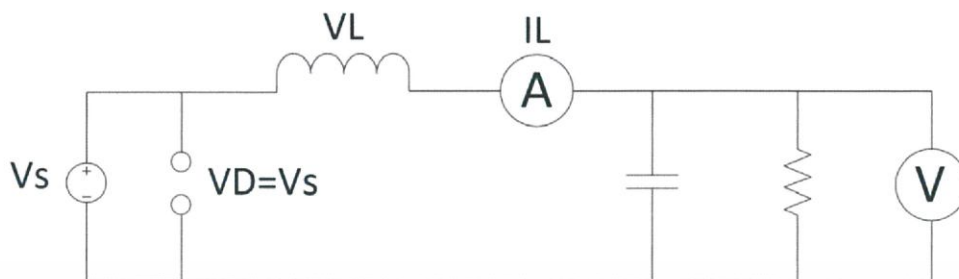
วงจร Buck Converter หรือ วงจร Step down converter เป็นวงจรที่ลดแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงเพื่อเหมาะสมต่อการใช้งาน โครงสร้างของวงจรจะประกอบด้วยสวิตช์ที่สามารถสั่งให้ ON หรือ OFF ได้ทุกขณะตามความต้องการในทางปฏิบัติสวิตช์ที่ใช้ในวงจรจริงคืออุปกรณ์สวิตช์ซึ่งเช่น BJT , MOSFET นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่นๆอีกเช่น Condenser, Inductance และ Diode เป็นต้น

- คุณสมบัติของวงจร
 - แรงดันด้านออกของวงจร (Output voltage) น้อยกว่าแรงดันด้านเข้า (input voltage)
 - ชั่วของแรงดันด้านออกจะตรงกับชั่วของแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า
- หลักการทำงานของวงจร Buck Converter

เพื่อที่จะออกแบบให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกตามที่ต้องการ คือ ต้องเริ่มจากที่ว่า แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลามีค่าเท่ากับศูนย์จากนั้นจะสามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้ การวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมดจะต้องวิเคราะห์ในสภาวะอยู่ตัวดังนี้

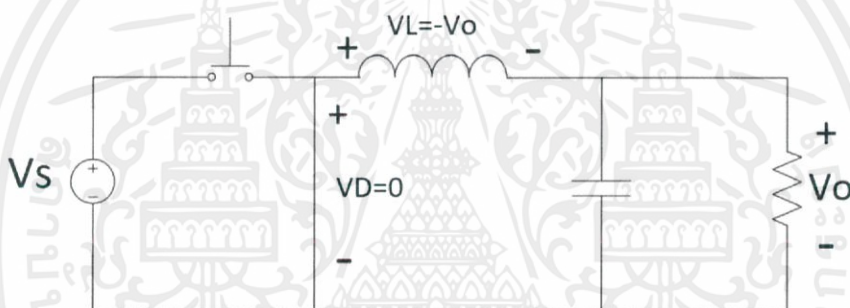
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะสวิตช์นำกระแส กระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหล ผ่านสวิตช์ ผ่านตัวเหนี่ยวนำไปยังโหลดโดยที่กระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะไปเก็บที่ตัวเก็บประจุ



รูปที่ 2.11 Buck Converter at Switch off

เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ไดโอดจะถูกไปอัดไปหน้า (Forward Bias) ให้นำกระแสทำให้ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.12 Buck Converter at Switch on

การออกแบบวงจร Buck Converter นั้นเราจะออกแบบให้ทำงานอยู่ในขอบเขตของโหมด กระแสไม่ต่อเนื่องเพื่อที่จะสามารถควบคุมกระแสได้โดยง่าย

- ส่วนประกอบหลักๆของวงจร buck converter

1. MOSFET ประกอบด้วย 3 ส่วน

1. GATE เป็นส่วนที่ทำมาจากออกไซด์ของโลหะ โดยสร้างให้เกิดความต่างศักย์ตกคร่อมระหว่าง แผ่นสองแผ่นเพื่อ สร้างสนามไฟฟ้าเพื่อควบคุมการเข้าออกของสัญญาณไฟฟ้า
2. SOURCE เป็นส่วนขาเข้าของสัญญาณ
3. DRAIN เป็นส่วนขาออกของสัญญาณ

MOSFET แบ่งเป็น 2 ประเภท

1. nMOS (negative MOSFET) เป็นทรานซิสเตอร์ประเภท NPN เมื่อมีความต่างศักย์เป็นบวก (สนามไฟฟ้าแรง) สัญญาณไฟฟ้าจึงจะไหลจาก source ไป drain ได้
2. pMOS (positive MOSFET) เป็นทรานซิสเตอร์ประเภท PNP เมื่อมีความต่างศักย์ต่ำหรือเป็นลบ (สนามไฟฟ้าอ่อน) สัญญาณไฟฟ้าจึงจะไหลจาก source ไป drain ได้

2.Gating block เป็นสัญญาณกระตุ้นให้ MOSFET ทำงาน โดยสัญญาณจะอยู่ในค่า 0 กับ 1

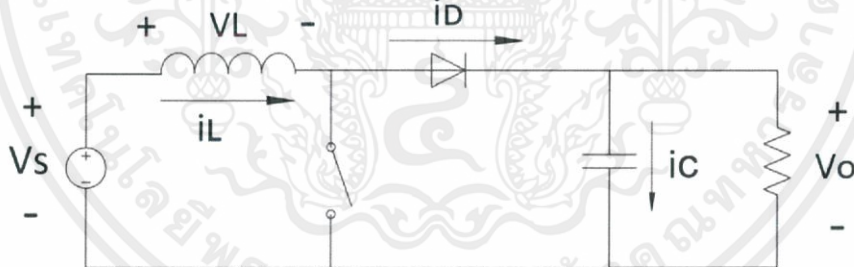
3.Capacitor ตัวเก็บประจุไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สะสมหรือเก็บประจุไฟฟ้า เปรียบเทียบเหมือนแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ที่ต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้า

4.Inductor หลักการทำงานของตัวเหนี่ยวนำใช้หลักการสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวดจะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวด ซึ่งจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้น

5.Diode เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดสองขั้วคือขั้ว p และขั้ว n ที่ออกแบบและควบคุมทิศทางการไหลของประจุไฟฟ้า มันจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางเดียว และกั้นการไหลในทิศทางตรงกันข้าม

2.4.2 วงจรทระดับแรงดันหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

วงจรทระดับแรงดันหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter) ดังที่แสดงในรูปคือ วงจรที่ทำการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้า โดยแรงดันด้านขาออกจะมีค่าสูงกว่าแรงดันด้านขาเข้า



รูปที่ 2.13 วงจรทระดับแรงดันไฟฟ้า

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรทระดับแรงดันในสภาวะคงที่ ได้มีการกำหนดเงื่อนไขในการทำงานของวงจร เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในแต่ละคาบจะมีค่าเป็นบวกและมีค่าเท่ากันเสมอ ดังสมการ

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{\Delta i_{L.off}}{\Delta t} = \frac{-V_o}{L} \quad (2.9)$$

2. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกรวมตัวเหนี่ยวนำแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์ ดังสมการ

$$\Delta i_{L.off} = \left(\frac{-V_o}{L}\right)(1 - D)T \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่เพื่อให้แรงดันด้านขาออกมีค่าคงที่
4. กำลังไฟฟ้าด้านขาเข้าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าด้านขาออก ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของวงจรเป็นหนึ่งในร้อยเปอร์เซ็นต์

หลักการการทำงานของวงจรทบระดับแรงดันเพื่อให้แรงดันด้านขาออกมีค่าตามต้องการ จะเริ่มต้นที่ข้อกำหนดคือ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์และสามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้โดยวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมดการทำงานในสภาวะคงที่

- switch on

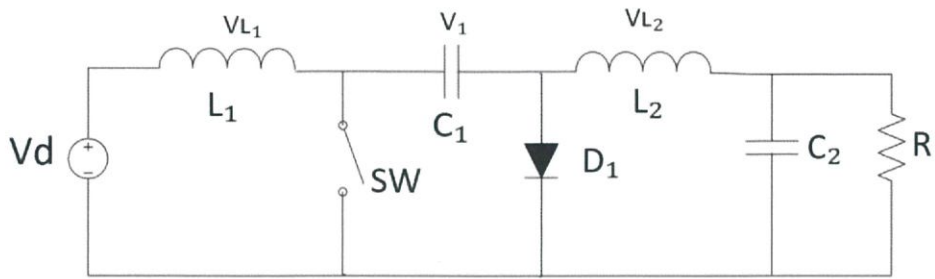
เมื่อสวิตช์นำกระแส กระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำผ่านสวิตช์ซึ่งทำให้ตัวเหนี่ยวนำประจุพลังงานไฟฟ้า ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกกระตุ้นให้ทำงานย้อนกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์

- switch OFF

เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส ตัวเหนี่ยวนำจะคืนพลังงานผ่านทางไดโอดและไหลทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง

2.4.3 วงจรชุกคอนเวอร์เตอร์ (Ćuk converter)

วงจรชุกคอนเวอร์เตอร์ มีการทำงานแบบเพิ่มหรือลดระดับแรงดันไฟฟ้า โดยที่แรงดัน ไฟฟ้าด้านออกมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าเช่นเดียวกับวงจร บั๊ก-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ แต่ปัญหาในวงจรบั๊ก-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ก็คือขนาดกระแสฮาร์มอนิกสูงเนื่องจาก ไม่มีตัวเหนี่ยวนำทำหน้าที่กรองกระแสในด้านเข้า ดังนั้นวงจรชุกคอนเวอร์เตอร์จึงได้ถูกออกแบบเพื่อแก้ปัญหานี้โดยการเพิ่มตัวเหนี่ยวนำทางด้านเข้า และมีวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านชนิด LC ทางด้านออก ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างทางด้านเข้ากับทางด้านออกของวงจรชุกคอนเวอร์เตอร์จะ ใช้ตัวเก็บประจุซึ่งแตกต่างจากวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ และวงจรบั๊ก-บูสต์คอนเวอร์เตอร์ ที่ผ่านมาซึ่งมีการเชื่อมต่อระหว่างด้านเข้ากับด้านออกโดยใช้ตัวเหนี่ยวนำ นอกจากนั้นเมื่อเทียบจำนวนอุปกรณ์ของวงจรชุกคอนเวอร์เตอร์กับวงจรที่ผ่านมา จะพบว่าวงจรชุกคอนเวอร์เตอร์จะมีจำนวนตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้น อย่างละหนึ่งตัว ดังวงจรในรูป



รูปที่ 2.14 วงจรชุกคอนเวอร์เตอร์

ในการวิเคราะห์การทำงานของวงจรชุกคอนเวอร์เตอร์ จะต้องกำหนดให้วงจรทำงานในสถานะอยู่ตัว และกำหนดเงื่อนไขการทำงานของวงจรชุกคอนเวอร์เตอร์ดังนี้

1. ตัวเหนี่ยวนำมีขนาดใหญ่และมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าคงที่
2. ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่และมีผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุมีค่าคงที่
3. กระแสและแรงดันไฟฟ้า ณ เวลาซ้ำกันในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากัน
4. กำลังไฟฟ้าด้านเข้าจะเท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก กรณีนี้จะไม่คำนึงถึงการสูญเสียที่เกิดจากการทำงานของวงจร เนื่องจากอุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติทำให้ประสิทธิภาพรวมของวงจรเป็น 100%
5. ช่วงเวลานำกระแสคือ DT และช่วงหยุดนำกระแสคือ $(1 - D)T$

- หลักการทำงานของชุกคอนเวอร์เตอร์

จะใช้ตัวเก็บประจุ (Capacitor) ในการส่งผ่านพลังงานจากทางด้านขาเข้า (Input) ไปยังทางด้านขาออก (Output) และจะพิจารณาที่แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นหลัก การวิเคราะห์นั้นจะทำการวิเคราะห์ห้อยู่ทั้งหมด 3 สถานะการทำงาน

1. ช่วงวงสถานะคงตัว(Steady State)
2. ช่วงที่สวิตช์ปิด (Switch-ON)
3. ช่วงที่สวิตช์เปิด(Switch-OFF)

- ช่วงสถานะคงตัว(Steady State)

ค่าของแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ L_1 และ L_2 นั้นมีค่าน้อยมากประมาณว่าเท่ากับศูนย์ (V_{L1} และ $V_{L2} = 0$) อันเนื่องมาจากการอิมพัลส์ของสนามแม่เหล็ก ดังนั้นค่าของแรงดันตกคร่อมที่ V_{C1} จะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันขาเข้ากับ ($V_{C1} = V_{in} + V_O$) จะเห็นว่าขนาดของแรงดันที่ตกคร่อมจะ

มีค่าที่สูงดังนั้นขนาดของ ตัวเก็บประจุ C_1 จึงมีขนาดใหญ่ ซึ่งตัวเก็บประจุ C_1 จะสะสม และ ถ่ายเทพลังงานระหว่าง Input และ Output ในช่วงสภาวะคงตัวของวงจร (Steady State)

- ช่วงที่สวิตช์ปิด (Switch-ON)

การทำงานในช่วงที่สวิตช์ปิดนั้น แรงดันที่ตกคร่อมไดโอดนั้นมีค่าเท่ากับแรงดันของตัวเก็บประจุ C_1 ($V_{d1} = -V_{C1}$) ซึ่งแรงดันของตัวเก็บประจุจะต่ออยู่ในลักษณะต้านการไหลของกระแสไดโอด (Reverse Bias) ทำให้ไดโอดเสมือนเปิดวงจร กระแสของ I_{L1} และ I_{L2} จะไหลผ่านสวิตช์ดังกล่าว ช่วงเวลาที่สวิตช์ปิดนี้ ค่าแรงดัน V_{C1} จะมีค่ามากกว่าแรงดัน V_O จึงทำให้ตัวเก็บประจุ C_1 เกิดการถ่ายเทพลังงานไปยัง Output และขดลวดเหนี่ยวนำ L_2 ส่งผลให้ปริมาณของกระแส L_2 เพิ่มขึ้น และในส่วนจางทางด้านแรงดันขาเข้าก็จะถ่ายเทพลังงานให้แก่ L_1 ทำให้ปริมาณของกระแส I_{L1} เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

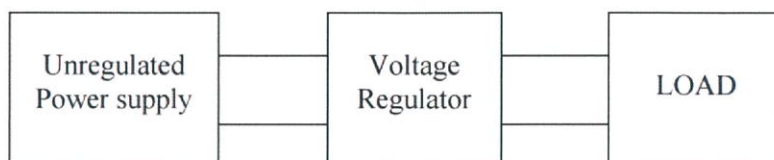
- ช่วงที่สวิตช์เปิด(Switch-OFF)

การทำงานในช่วงที่สวิตช์เปิด (Switch-OFF) กระแสของขดลวดเหนี่ยวนำจาก L_1 และ L_2 คือ L_1 และ L_2 จะไหลผ่านตัวไดโอดหรือว่าไดโอดอน (Forward Bias) ดังภาพ ตัวเก็บประจุ C_1 จะทำการเก็บประจุและเกิดการสะสมพลังงานจากทางด้าน ขาเข้า และปริมาณของกระแส I_{L1} จะมีปริมาณที่น้อยลงอันเนื่องมาจากแรงดันด้านของ V_{C1} จะมากกว่าปริมาณของแรงดัน V_{in} และพลังงานที่สะสมอยู่ที่ L_2 ก็จะมีการถ่ายเทไปยังแรงดันขาออก ส่งผลให้ปริมาณของ I_{L2} ลดน้อยลงด้วย ทำให้ V_O ลดลงด้วย

2.5 วงจรรักษาระดับแรงดัน(Voltage Regulator Circuits)

วงจรรักษาระดับแรงดันคือ วงจรที่ต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรงไม่คงตัว (Unregulator Power Supply) กับโหลด มีหน้าที่จ่ายไฟตรงให้กับโหลดและสามารถรักษาแรงดันให้คงตัว โดยนำมาใช้กับ

1. โหลดเปลี่ยน นั่นคือกระแสขาออกเปลี่ยนแปลง
2. แรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรงไม่คงตัว เปลี่ยนแปลงทั้งนี้รวมถึงระลอกคลื่นด้วย (ripple)
3. อุณหภูมิของวงจรเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2.15 บล็อกไดอะแกรมของวงจรรักษาระดับแรงดัน

จากบล็อกไดอะแกรม จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่ออกมาจากของวงจรกรองแรงดัน คือ บล็อกแรกในรูป ซึ่งยังไม่เรียบเท่าที่ควรยังมีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ ในลักษณะคล้ายสัญญาณฟันเลื่อย เพราะว่าตัวเก็บประจุจะเก็บและคายประจุอยู่ตลอดเวลา ถ้านำวงจรนี้ไปใช้งานเลยก็ได้ แต่ต้องใช้กับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดของแหล่งจ่ายไฟมากนัก

แต่ถ้าเป็นงานที่ต้องการความละเอียดของแหล่งจ่ายไฟ วงจรนี้จะใช้งานไม่ได้ ซึ่งจะนำมาแก้ไขโดยใช้วงจรรักษาระดับแรงดัน จะทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณที่ไม่ราบเรียบอยู่นั้น ให้เรียบจนเกือบ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 100% การสร้างวงจรรักษาระดับแรงดันจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ การสร้างแบบอนุกรมกับโหลด และ แบบขนานกับโหลดดังรูป โดยใช้ ซีเนอร์ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และ ไอซี



ก. แบบอนุกรมกับโหลด

ข. แบบขนานกับโหลด

รูปที่ 2.16 วงจรรักษาระดับแรงดัน

2.6 การเก็บเกี่ยวด้วยการกด (Push-button harvesting)

การเก็บเกี่ยวด้วยการกดคือการแปลงพลังงานจากการออกแรงกดบนปุ่มตลอดจนเป็นต่างๆ จัดเป็นการเก็บเกี่ยวที่เป็นที่นิยมกว่า ง่ายกว่าเมื่อเทียบกับการสั่น เนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีความต่อเนื่องยาวนานเช่น คีย์บอร์ด (keyboard) หรือแป้นพิมพ์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ การกดแป้นพิมพ์แต่ละครั้งทำให้เกิดพลังงานที่สามารถเก็บเกี่ยวไปใช้ต่อได้ถ้าฝังไมโครชิปที่มีวัสดุเพียโซอิเล็กทริกและวงจรเชื่อมต่อใต้แป้นพิมพ์

ในสมการพลังงานจากการกดแป้นต่างๆ มีพลังงานในหน่วยมิลลิจูล (ml) สัมพันธ์กับแรงกดแบบพัลส์ (pulse force) ในหน่วยนิวตัน (N) และระยะที่กดลึกลงไป (stroke) ในหน่วยมิลลิเมตร (mm)

$$E_{input} = \frac{F}{2}(stroke) \quad (2.11)$$

พลังงานในสมการ(บน) เทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าในหน่วยมิลลิจูลเช่นกันดังนี้

$$E_{electricity} = (P)(time) \quad (2.12)$$

เมื่อ P คือกำลังไฟฟ้าในหน่วยมิลลิวัตต์ และ $time$ คือเวลาในหน่วยวินาที (second,s)

ประสิทธิภาพของการแปลงพลังงานคืออัตราส่วนของ $E_{electricity} / E_{input}$ อุปกรณ์เก็บเกี่ยวแรงกดที่มีประสิทธิภาพ 10-20% นับว่าเพียงพอแล้วสำหรับเครื่องควบคุมระยะไกล หรือรีโมทโทรทัศน์ วิทยุทั่วไปโดยไม่จำเป็นต้องใส่แบตเตอรี่ (batteryless remote control) นอกจากนี้การกดรีโมทนี้ไม่มีการจำกัดทิศทาง ไม่จำเป็นต้องตรงกับหน้าจอโทรทัศน์ ปกติการพิมพ์คอมพิวเตอร์จะออกแรงกดเฉลี่ย 130 กรัมบนแป้นพิมพ์ลึกลงไป 1 มิลลิเมตร ให้พลังงาน 1.3 มิลลิจูลต่อการกดแต่ละครั้งหรือไม่ต่ำกว่า 19 มิลลิวัตต์ โดยทั่วไปพลังงานเก็บเกี่ยวโดยวิธีนี้มีค่าระหว่าง 0.2-5 มิลลิจูล สอดคล้องกับกำลังสูงสุดที่ได้ในช่วงเวลาไม่กี่วินาทีประมาณ 90 มิลลิวัตต์ หลักการเดียวกันนี้มีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางกับการเดินย่ำบนทางเท้าหรือบนถนน ที่มีการฝังไมโครชิปเพียโซอิเล็กทริกไว้ในแต่ละแผ่น

2.7 อุปกรณ์กักเก็บพลังงาน

2.7.1 ตัวเก็บประจุยิ่งยวด (Supercapacitor)

ตัวเก็บประจุยิ่งยวด ที่รู้จักในชื่อของ อัลตราคาปาซิเตอร์ (Ultracapacitor) หรือตัวเก็บประจุแบบแผ่นสองชั้น (Electric Double Layer Capacitor: EDLC) ซึ่งตัวเก็บประจุแบบสองชั้นนี้จะแตกต่างจากตัวเก็บประจุแบบปกติ ก็คือ ตัวเก็บประจุแบบแผ่นสองชั้นจะมีความจุมากกว่ามาก อาจมีขนาดเป็นฟารัด ตัวเก็บประจุกักเก็บพลังงานโดยใช้วิธีการเก็บประจุที่คงที่ซึ่งตรงกันข้ามกับปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ต่างกันเข้าที่แผ่นตัวเก็บประจุบวก และแผ่นตัวเก็บประจุลบ

2.7.2 แบตเตอรี่

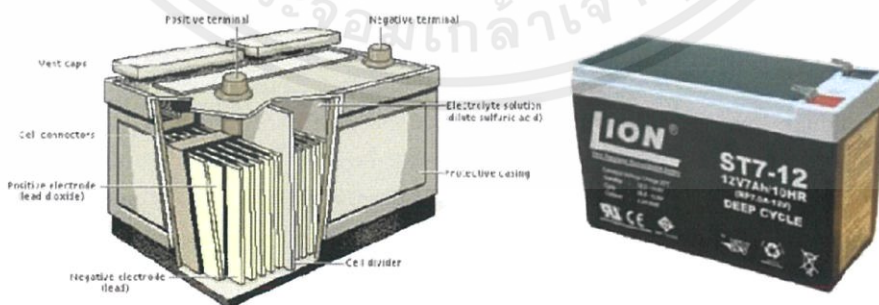
แบตเตอรี่ คือ อุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้กักเก็บพลังงาน ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมี ให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้ โดยแบตเตอรี่จะแบ่งได้ 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

1. แบตเตอรี่ปฐมภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถใช้ได้เพียงครั้งเดียว เมื่อใช้งานหมดแล้วไม่สามารถนำกลับมาอัดประจุไฟฟ้าได้ใหม่ เนื่องจากสารเคมีภายในแบตเตอรี่ปฐมภูมินั้นมีการเปลี่ยนแปลง แล้วไม่สามารถกลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้ แบตเตอรี่ประเภทนี้เหมาะกับอุปกรณ์ขนาดเล็กที่พกพาสะดวก และใช้ไฟน้อย
2. แบตเตอรี่ทุติยภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถอัดประจุได้ใหม่ เมื่อใช้งานหมด เนื่องจากสารเคมีภายในแบตเตอรี่ประเภทนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในรูปเดิมได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ชาร์จเจอร์ เป็นตัวอัดประจุ
 - แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-acid battery)

ประกอบด้วยแผ่นขั้วบวก และแผ่นขั้วลบวางสลับกันจุ่มอยู่ในอิเล็กโทรไลต์ที่ทำจากสารละลายกรดซัลฟิวริก โดยแผ่นเพลทจะวางสลับกัน เพื่อจะได้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอิเล็กโทรไลต์ได้มาก อิเล็กโทรดเป็นขั้วลบจะสร้างขึ้นมาจากตะกั่วบริสุทธิ์ ในขณะที่ขั้วบวกจะสร้างจากส่วนผสมของตะกั่วและตะกั่วเปอร์ออกไซด์

ข้อดี ราคาถูก ผลิตง่ายคายประจุด้วยตัวเองน้อย ความน่าเชื่อถือสูง

ข้อเสีย ความจุของพลังงานต่อน้ำหนัก ทำให้มีน้ำหนักมากเป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 2.17 แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-acid battery)

- แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม (Nickel Cadmium Battery: NiCd)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีส่วนประกอบสำคัญคือนิกเกิลไฮดรอกไซด์ (Ni(OH)_2) ซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และแคดเมียมซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วลบ อิเล็กโทรไลต์อยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

ข้อดี สามารถจ่ายกระแสได้มาก , มีค่าความต่างศักย์ค่อนข้างคงที่ และทนทานต่อการใช้งานหนัก

ข้อเสีย ต้นทุนและวัสดุมีราคาแพง เป็นอันตรายต่อการสูดดม



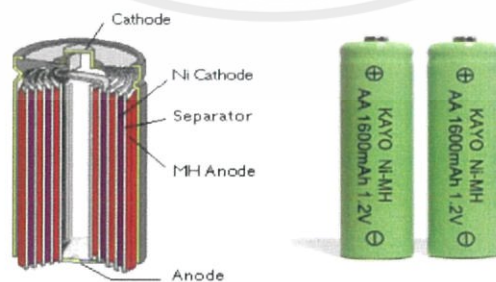
รูปที่ 2.18 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม (Nickel Cadmium Battery: NiCd)

- แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ (Nickel Metal hydride : NiMH)

มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ขั้วอิเล็กโทรดทั้งสองได้แก่ นิกเกิลและเมทัลไฮไดรด์ เป็นการพัฒนาจากนิกเกิล-แคดเมียม เนื่องจากแคดเมียมอันตรายต่อการสูดดม

ข้อดี สามารถจ่ายกระแสได้มาก , มีค่าความต่างศักย์ค่อนข้างคงที่ และทนทานต่อการใช้งานหนักได้

ข้อเสีย อัตราการคายประจุเองและราคาแพง



รูปที่ 2.19 แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-เมทัลไฮไดรด์ (Nickel Metal hydride : NiMH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Advanced Li-Ion battery)

ส่วนประกอบหลักสามส่วนเหมือนแบตเตอรี่ทั่วไป ซึ่งก็คือ ขั้วลบ ขั้วบวก และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยส่วนใหญ่แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่ใช้ จะมีขั้วบวกที่ทำมาจากลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (LiCoO_2) และขั้วลบที่ทำมาจากคาร์บอนหรือกราฟไฟต์ ส่วนสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ คือ เกลือลิเทียมในสารละลายออร์แกนิก (lithium salt in an organic solvent)

ข้อดี กระแสจะมีการไหลที่ค่อนข้างดีและสม่ำเสมอทำให้พลังงานดีกว่าแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด 5 เท่า น้ำหนักเบา

ข้อเสีย เมื่อทำปฏิกิริยาอาจทำให้เกิดการระเบิดได้ เนื่องจากธาตุลิเทียม เป็นธาตุหมู่ 1



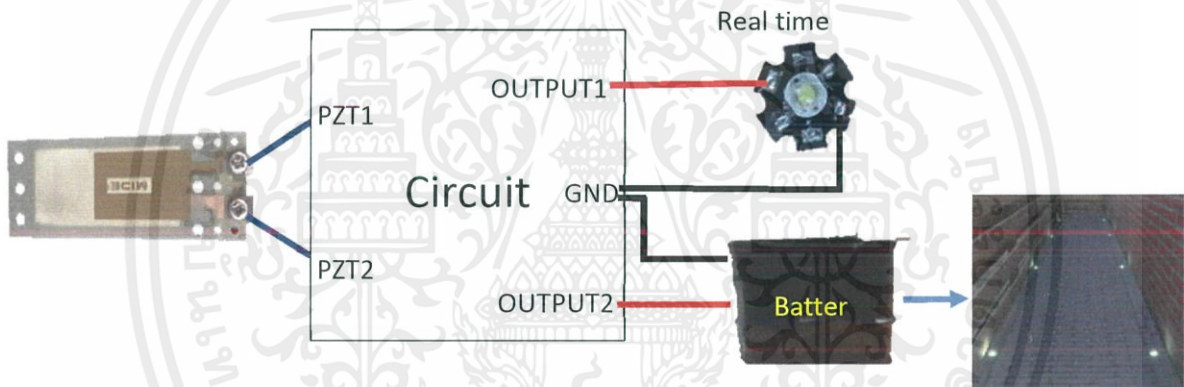
รูปที่ 2.20 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Advanced Li-Ion battery)

บทที่ 3

การออกแบบและจำลองระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก

บทนี้กล่าวถึงการพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยแผ่นเพียโซอิเล็กทริก โดยจะจำลองเป็นพื้นสำหรับทางวิ่งของจักรยาน โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ลักษณะ คือ

- 1) เวลากลางวัน นำพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้ไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อนำไปใช้กับโหลดต่าง ๆ ในบริเวณที่ติดตั้งพื้นกำเนิดพลังงาน
- 2) เวลากลางคืน นำพลังงานที่เก็บเกี่ยวได้ไปจ่ายหลอดแสงสว่างที่ติดตั้งไว้บริเวณพื้นทางวิ่งจักรยาน เพื่อนำทาง และ แสดงตำแหน่งของจักรยานให้เป็นที่สังเกตเห็นได้ง่าย ทำให้มีความปลอดภัยมากขึ้นสำหรับผู้ใช้บริการบนท้องถนน



รูปที่ 3.1 แบบจำลองการนำเพียโซอิเล็กทริกไปประยุกต์ใช้งานจริง

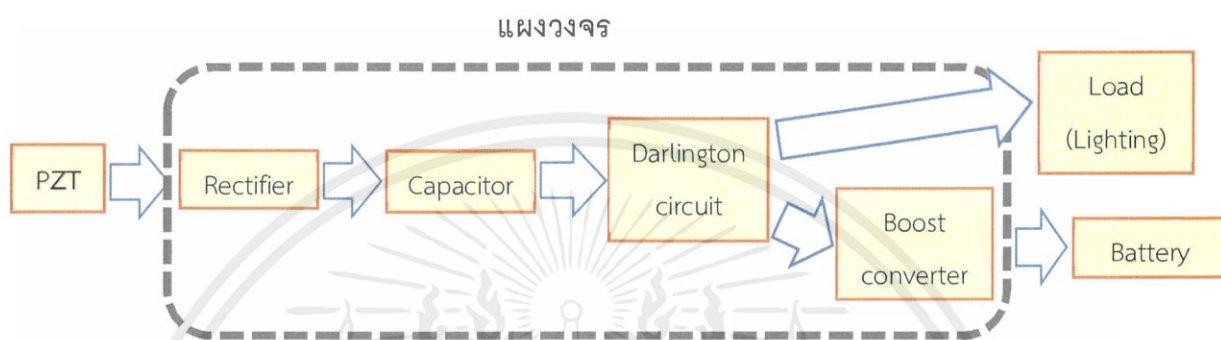
3.1 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

ลักษณะทำงานของการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เมื่อมีพลังงานทางกลผ่านแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจะได้พลังงานไฟฟ้าออกมา จากนั้นแรงดันที่ได้จะมาต่อกับวงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อเปลี่ยนจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง แล้วนำไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้มาต่อเข้ากับตัวเก็บประจุ (Capacitor) เพื่อลดแรงดันกระเพื่อม (Ripple voltage) ให้กับแรงดันขาออก จากนั้นต่อกับวงจรดาร์ลิงตัน เพื่อเพิ่มกระแสให้สูงขึ้น และนำไปต่อกับวงจรเพิ่มแรงดัน (Synchronous boost converter) เพื่อคงที่ระดับแรงดันนั้นไว้ตามต้องการ โดยแบ่งการมาใช้งานเป็น 2 ลักษณะ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเวลากลางวันจะนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเข้าวงจรชาร์จแบตเตอรี่ เพื่อเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล เมทัลไฮไดรด์ แล้วนำไปจ่ายโหลดในบริเวณใกล้เคียง เช่น ไฟทางเดิน เป็นต้น

ในเวลากลางคืนจะนำพลังงานที่ได้เมื่อจักรยานวิ่งผ่านพื้นกำเนิดพลังงาน ไปจ่ายให้กับหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode [LED]) ที่ติดตั้งไว้บริเวณพื้นทางวิ่งจักรยาน เพื่อนำทาง และ แสดงตำแหน่งของจักรยานให้เป็นที่สังเกตเห็นได้ง่าย เพื่อความปลอดภัย

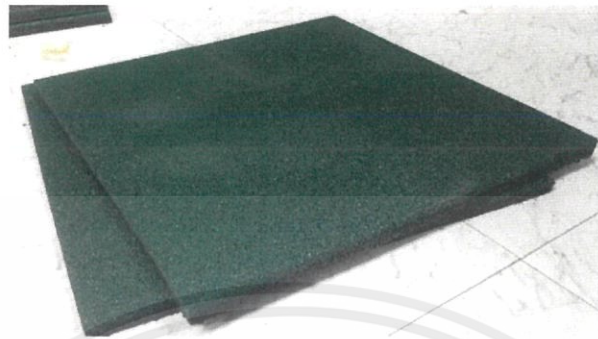


รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมระบบพื้นกำเนิดพลังงาน

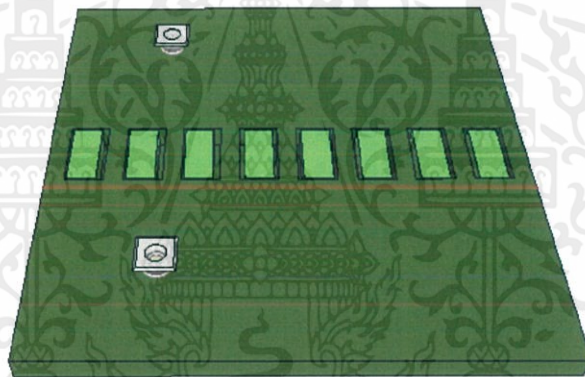
3.2 การออกแบบพื้นกำเนิดพลังงาน

จากการศึกษาพบว่าวัสดุหลายชนิดที่นำมาใช้สำหรับทางวิ่งจักรยาน เช่น วัสดุเหลวสำหรับนำมาปูทางเพื่อเป็นสัญลักษณ์ให้สังเกตเห็นได้ง่าย (Durable Liquid Pavement Markings[DLPM]), พื้นวัสดุยางสังเคราะห์ชนิดเทยาง เอธิลีน โพรพิลีน ไดอีน โมโนเมอร์ (Ethylene Propylene Diene Monomer [EPDM]) เป็นต้น ซึ่งมีลักษณะ กันลื่น รั้น้ำได้ดี ยึดหยุ่นได้ดี ทนทาน ทนได้ทุกอุณหภูมิ มีสีเส้นที่เด่นชัด มองเห็นได้ง่าย

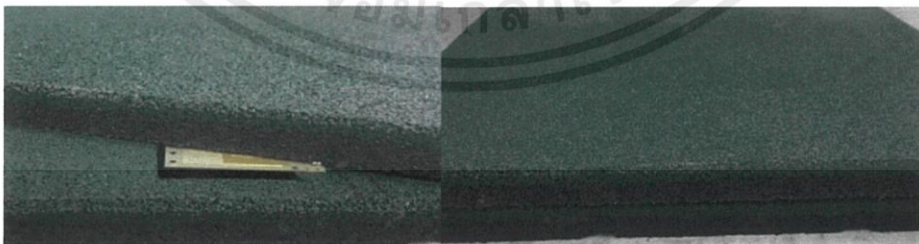
ในปริญญาบัตรฉบับนี้ เลือกใช้วัสดุที่นำมาจำลองเป็นพื้นสำหรับทางวิ่งจักรยาน เป็นพื้นวัสดุยางสังเคราะห์ชนิดเทยาง เอธิลีน โพรพิลีน ไดอีน โมโนเมอร์ (Ethylene Propylene Diene Monomer [EPDM]) ลักษณะเป็นพื้นผิวเรียบ ป้องกันการเกิดรอยบุ๋ม รอยกด รอยแยก มีความยึดหยุ่นสูง กันลื่นทั้งในสภาพพื้นผิวแห้ง และเปียก ป้องกันการติดไฟ ด้านทานการเสียดสี ทนทานปลอดภัย อายุการใช้งานยาวนาน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร หนา 25 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.1 โดยนำแผ่นเพียโซอิเล็กทริกวางไว้ระหว่างแผ่นยาง 2 แผ่น ซึ่งนำมาประกบกันเป็นพื้นสำหรับทางวิ่งจักรยาน



รูปที่ 3.3 พื้นยางสังเคราะห์



รูปที่ 3.4 จำลองการติดตั้งแผ่นเพียโซอิเล็กทริก



รูปที่ 3.5 การติดตั้งวัสดุเพียโซอิเล็กทริกในพื้นที่เกิดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่า การเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะได้ แรงดันที่สูง แต่ได้ กระแสที่ต่ำ ซึ่งพลังงานที่ได้จากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น ได้แรงดันประมาณ 10-15 โวลต์ และ กระแสประมาณ 70-110 ไมโครแอมป์ แล้วเมื่อนำไปต่อกับวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจะได้พลังงาน ออกมาประมาณ 0.1 วัตต์ จึงนำแผ่นเพียโซอิเล็กทริกมาต่อกันแบบวงจรถนนาน จำนวน 8 แผ่น ต่อ พื้นที่ 0.25 ตารางเมตร จะได้พลังงานประมาณ 1 วัตต์ และ เป็นจำนวนที่วางแล้วจักรยานสามารถ ผ่านได้มากที่สุด เพื่อที่จะได้พลังงานที่มากที่สุด และนำไปติดตั้งหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode [LED]) ขนาด 1 วัตต์ ไว้ตามทางของพื้นทางวิ่งจักรยาน

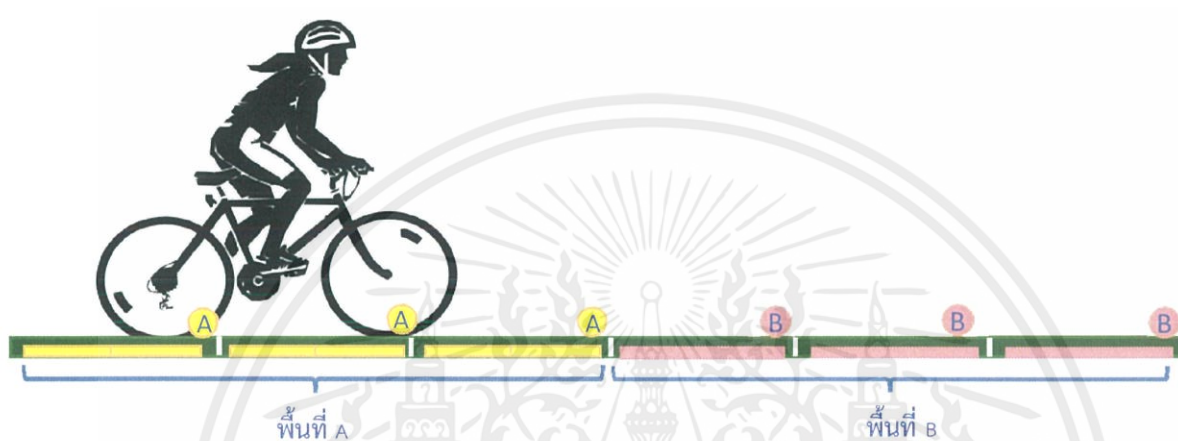
ตารางที่ 3.1 สรุปผลแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น ต่อการออกแรงกด 1 ครั้ง

ลำดับของการเก็บผล	ขนาดแรงดัน (โวลต์)	ขนาดกระแส (แอมป์)
ครั้งที่ 1	15.4	6×10^{-6}
ครั้งที่ 2	17.1	9×10^{-6}
ครั้งที่ 3	14.5	5×10^{-6}
ครั้งที่ 4	16.8	8×10^{-6}
ครั้งที่ 5	14.9	6×10^{-6}
ครั้งที่ 6	18.2	9×10^{-6}
ครั้งที่ 7	16.0	8×10^{-6}
ครั้งที่ 8	15.0	7×10^{-6}
ครั้งที่ 9	14.1	6×10^{-6}
ครั้งที่ 10	15.7	8×10^{-6}
ค่าเฉลี่ย	15.8	7.2×10^{-6}

จากการจำลองลักษณะแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น ผ่านแผ่นวัสดุยางสังเคราะห์เมื่อได้รับ แรงกดโดยตรง จำนวน 10 ครั้ง จึงได้ค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ได้รับต่อแรงกด 1 ครั้ง คือ 15.8 โวลต์ กระแสเฉลี่ย 7.2 ไมโครแอมป์

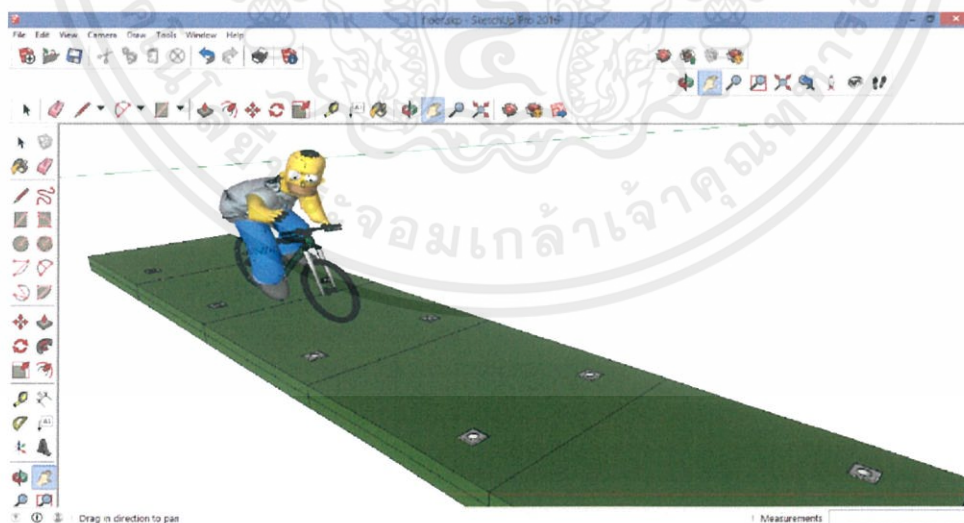
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตั้งหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode [LED]) ไว้ตามทางของพื้นทางวิ่งจักรยานห่างกันดวงละ 50 เซนติเมตร โดยจักรยาน 1 คัน จะเหยียบพื้น 2 จุด เมื่อจักรยานวิ่งผ่านพื้นกำเนิดพลังงานพื้นที่ A หลอดไฟในพื้นที่ A จะติด และ จักรยานวิ่งผ่านพื้นกำเนิดพลังงานในพื้นที่ B หลอดไฟในพื้นที่ B จะติด ซึ่งลักษณะการส่องสว่างรูปแบบนี้ แสงสว่างจะแสดงตำแหน่งของจักรยานและเป็นแสงสว่างนำทางในเวลากลางคืน ดังรูปที่ 3.6



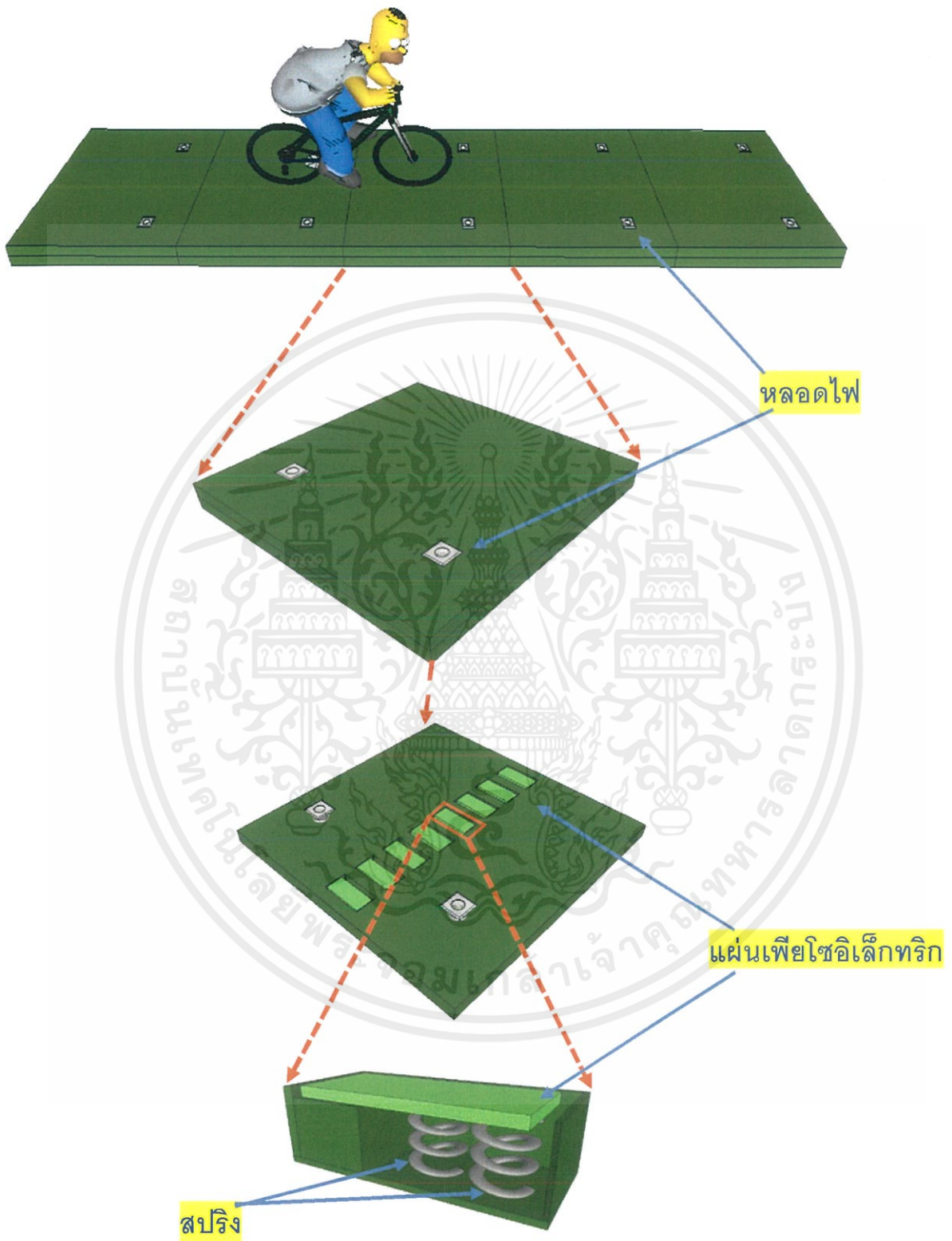
รูปที่ 3.6 ตำแหน่งที่ไฟติด

3.3 แบบจำลองพื้นกำเนิดพลังงานจากโปรแกรม Sketch up



รูปที่ 3.7 การออกแบบโดยโปรแกรม SketchUP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แบบจำลองพื้นกำเนิดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

แบบจำลองการเก็บสัญญาณแรงดันจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น โดยมีสปริงรองไว้ด้านล่าง จากการออกแรงกดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกโดยตรงผ่านแผ่นวัสดุยางสังเคราะห์ชนิดเทยาง เอธิลีน โพรพิลีน ไดอีน โมโนเมอร์ (Ethylene Propylene Diene Monomer [EPDM]) และ ใช้เครื่อง ออสซิลโลสโคป Wave Surfer 3000 Oscilloscopes ในการเก็บผลการจำลอง



รูปที่ 4.1 ลักษณะการวางแผ่นเพียโซอิเล็กทริก โดยมีสปริงวางไว้ใต้แผ่นเพียโซอิเล็กทริก



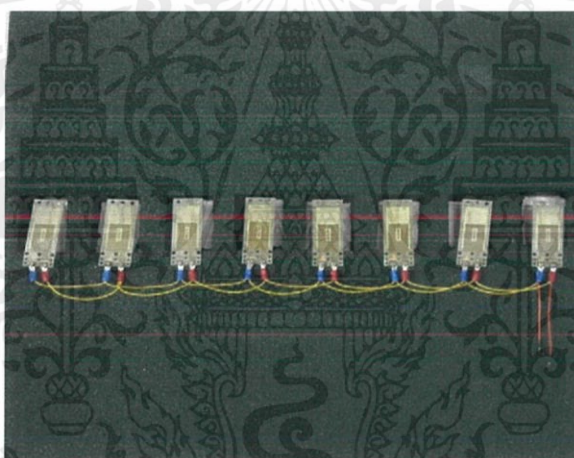
รูปที่ 4.2 ลักษณะแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น ต่อการออกแรงกด 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การออกแบบวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

4.2.1 โครงสร้างแบบจำลอง

เนื่องจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกสามารถเก็บเกี่ยวแรงดันได้สูงแต่มีกระแสที่ต่ำ ในการออกแบบวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานนี้จะนำแผ่นเพียโซอิเล็กทริกมาขนานกัน 8 แผ่น ต่อพื้นที่กำเนิดพลังงาน 0.25 ตารางเมตร เพื่อให้ได้กระแสที่มากขึ้น โดยจะอาศัยแรงกระทำโดยตรง ซึ่งด้านล่างของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจะมีการนำสปริงมาวางรองไว้ เพื่อจำกัดระยะที่เพียโซอิเล็กทริกสั้นเมื่อได้รับแรงกด ไม่ให้เกินระยะที่จะทำให้วัสดุเสียหายได้ และยังเพิ่มความถี่ให้กับแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เพื่อให้วัสดุมีความถี่ใกล้เคียงความถี่ธรรมชาติมากที่สุด ส่งผลให้ผลิตพลังงานออกมาได้มากที่สุด ส่วนด้านบนแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจะวางทับด้วยแผ่นวัสดุยางสังเคราะห์ EPDM เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นเพียโซอิเล็กทริกให้ไม่เสียหายจากการสัมผัสกับแรงภายนอกโดยตรง



รูปที่ 4.3 การติดตั้งแผ่นลงบนพื้นยางสังเคราะห์ EPDM โดยการขนานแผ่นเพียโซอิเล็กทริก



รูปที่ 4.4 ด้านล่างของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกจะมีการนำสปริงมาวางรองไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 วัดแรงดันตอนมีสปริงและไม่มีสปริง

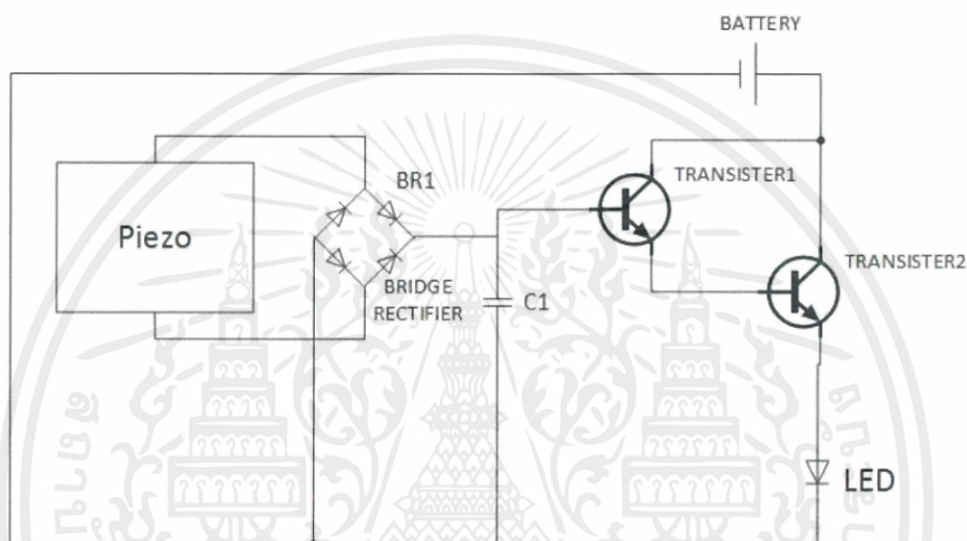
ลำดับของการเก็บผล	แรงดันขณะไม่ได้ติดตั้งสปริง (โวลต์)	แรงดันขณะติดตั้งสปริง (โวลต์)
1	5.12	15.30
2	4.87	16.71
3	4.87	15.66
4	5.57	13.67
5	6.14	15.98
6	5.14	15.14
7	4.98	14.65
8	5.88	14.47
9	5.00	16.11
10	4.31	17.01
ค่าเฉลี่ย	5.188	15.47

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อติดตั้งสปริงรองแผ่นเพียโซอิเล็กทริกแล้วจะได้ขนาดของแรงดันเฉลี่ยที่มากกว่าแรงดันเฉลี่ยขณะที่ไม่ได้ติดตั้งสปริง เนื่องจากการติดตั้งสปริงทำให้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกมีความถี่เข้าใกล้ความถี่ธรรมชาติจากแรงทางกลมากกว่าไม่ติดตั้งสปริง ส่งผลให้มีขนาดของแรงดันที่สูงขึ้น

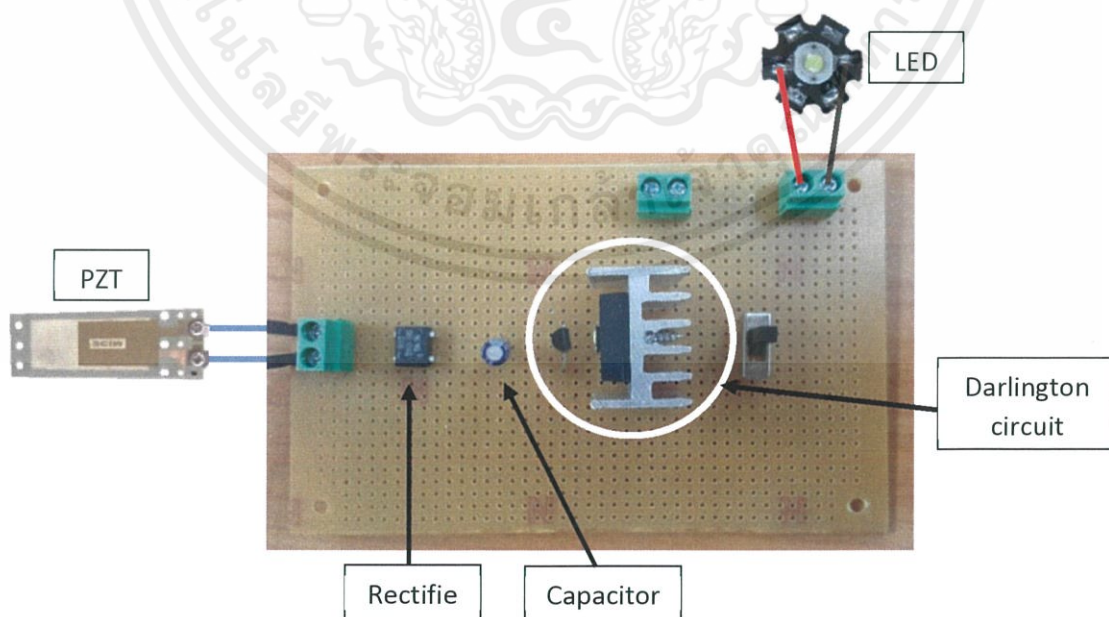
4.2.2 การออกแบบวงจร

4.2.2.1 วงจรจ่ายโพลตแสงสว่างเวลากลางคืน

สำหรับการออกแบบวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจะต่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริกกับวงจรเรียงกระแส (Rectifier) และตัวเก็บประจุขนาด $1\mu\text{F}$ เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และลดแรงดันกระแสเพื่อให้กับแรงดันขาออก จากนั้นขยายกระแสให้สูงขึ้นโดยต่อเข้ากับวงจรดาร์ลิงตัน เพื่อจ่ายพลังงานให้กับโพลตแสงสว่างในเวลากลางคืน



รูปที่ 4.5 ออกแบบวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานในเวลากลางคืน

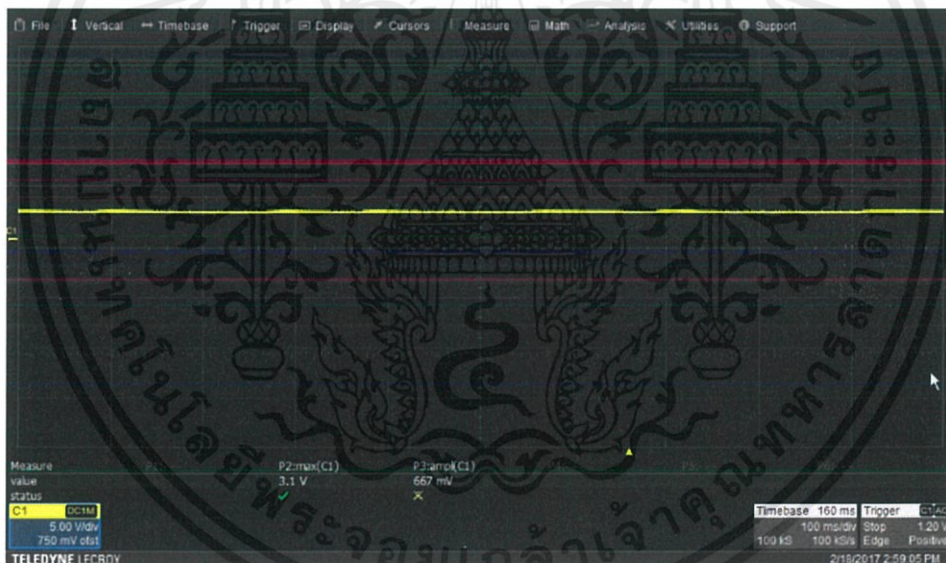


รูปที่ 4.6 วงจรเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อจ่ายให้กับหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแส และตัวเก็บประจุ



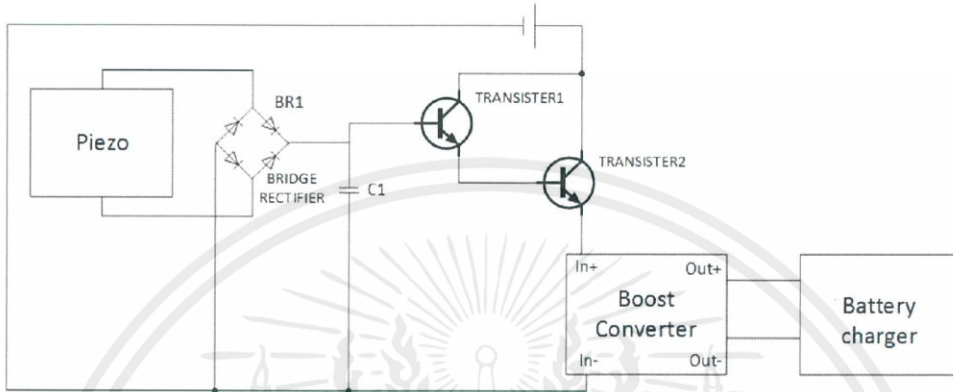
รูปที่ 4.8 กราฟแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแส ตัวเก็บประจุ และวงจรดาร์ลิ่งตัน

จากรูปที่ 4.7 และ 4.8 จะเห็นได้ว่าเมื่อผ่านวงจรดาร์ลิ่งตันแรงดันจะลดลงเนื่องจากมีแรงดันสูญเสียในทรานซิสเตอร์ แต่สามารถเพิ่มกระแสได้ถึงหมื่นเท่า ทำให้สามารถจ่ายหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง (LED) ได้สว่างมากขึ้น และยังหน่วงการติดหลอดไฟได้นานขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

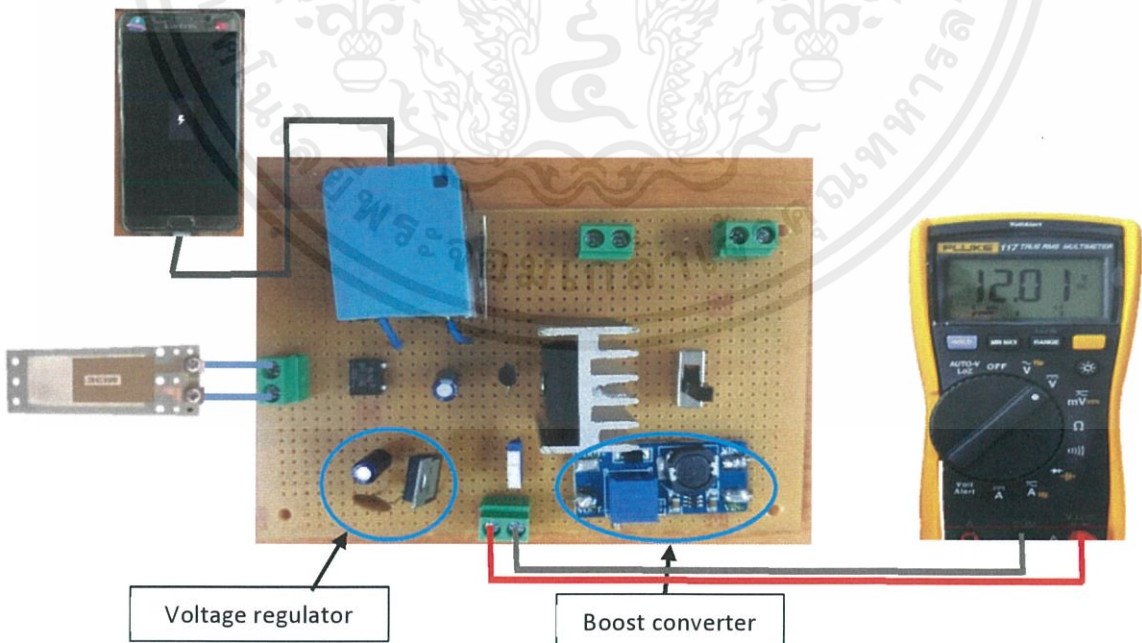
4.2.2.2 วงจรชาร์จแบตเตอรี่ในเวลากลางวัน

สำหรับวงจรชาร์จแบตเตอรี่ เลือกใช้แบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (NiMH) ขนาด 12 โวลต์ โดยต่อวงจรขยายแรงดัน (Boost converter) เข้ากับวงจรตรึงระดับแรงดัน เพื่อคงที่ระดับแรงดันนั้นไว้ตามต้องการ แล้วต่อเข้ากับแบตเตอรี่ในตอนกลางวัน ไปใช้ประโยชน์ต่างๆ



รูปที่ 4.9 ออกแบบวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานในเวลากลางวันโดยโปรแกรม Proteus

เพื่อแสดงให้เห็นว่าสามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้จริง จึงได้ต่อวงจรเข้ากับวงจรรักษาระดับแรงดัน โดยใช้ ไอซี 3 ขา รุ่น MC7805 ให้แรงดันออกมาคงที่ โดยแรงดันที่ได้ออกมา นี้ นำมาชาร์จให้กับ โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้



รูปที่ 4.10 วงจรชาร์จแบตเตอรี่และแสดงการวัดค่าแรงดันขาออก

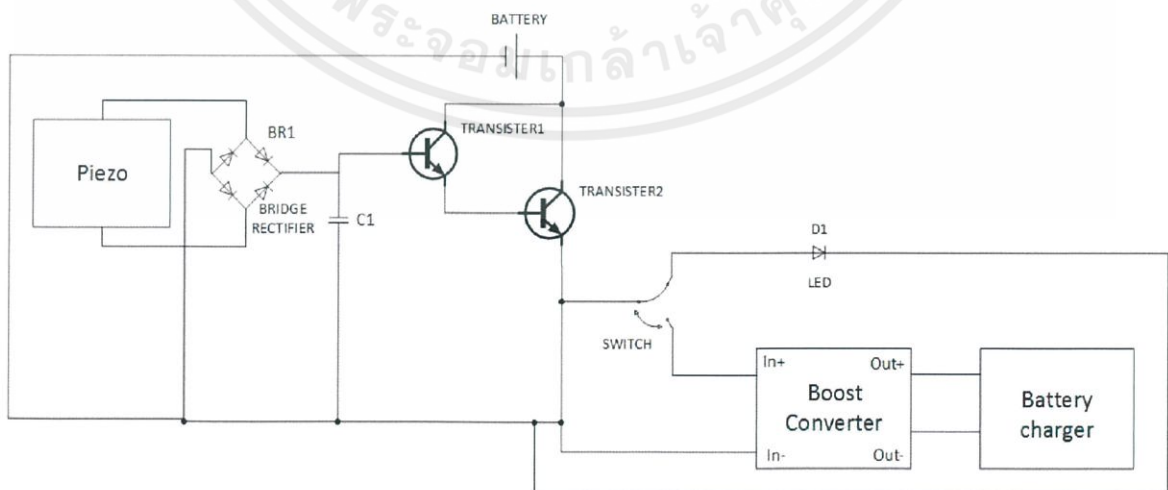
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแส ตัวเก็บประจุ วงจรดาร์ลิ่งตัน และวงจรเพิ่มแรงดัน

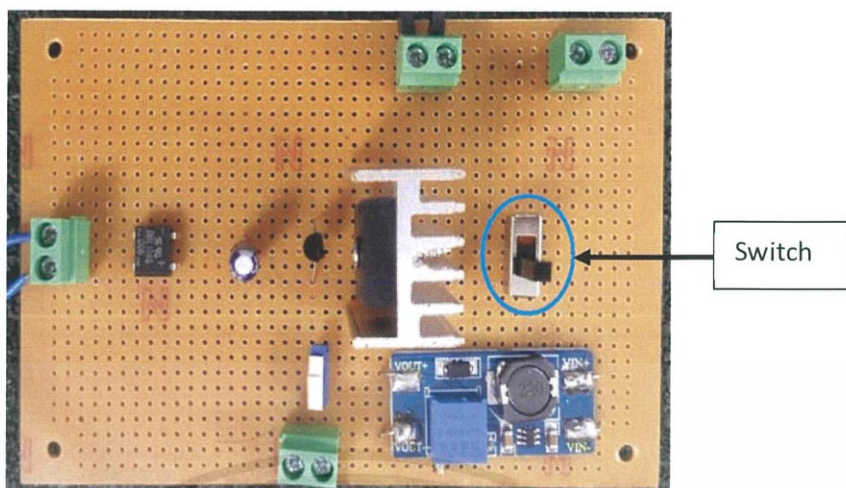
จากรูปที่ 4.11 เป็นแรงดันที่ออกจากวงจรเพิ่มแรงดันซึ่งจะชาร์จเข้าแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ โดยจะปรับให้แรงดันสูงกว่า 12 โวลต์เล็กน้อย เนื่องจากในการชาร์จควรมีความต่างศักย์ที่สูงกว่าแบตเตอรี่ให้ชาร์จพลังงานเข้าได้

การประกอบวงจรจากที่ออกแบบ จะใช้สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ในการแบ่งช่วงเวลากลางวัน และเวลากลางคืน ในการใช้งานจริงพลังงานที่นำมาจ่ายให้กับวงจรดาร์ลิ่งตันจะใช้พลังงานที่เก็บเกี่ยวมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นการผสมผสานระบบการทำงานร่วมกันระหว่างพลังงานทดแทนทั้งสองระบบเข้าด้วยกัน



รูปที่ 4.12 การออกแบบวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานในเวลากลางวันและกลางคืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 วงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน

จากการทดลองเมื่อนำพลังงานที่ได้จากการกดวัสดุเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น มาผ่านวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน จะได้กระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากระดับไมโครแอมป์เป็น 72 มิลลิแอมป์ แรงดัน 3.1 โวลต์ จากวงจรดาร์ลิ่งตัน เพราะฉะนั้นเมื่อจักรยานเคลื่อนที่ผ่านพื้นกำเนิดพลังงาน 1 ครั้ง จะเหยียบแผ่นเพียโซได้ 4 แผ่น ได้กำลังไฟฟ้า $4 \times (3.1 \times 0.072) = 0.8928$ วัตต์ และเมื่อผ่านวงจรเพิ่มแรงดันเป็น 12 โวลต์ จะได้กระแส 13 มิลลิแอมป์ เพราะฉะนั้นต่อระยะทาง 1 เมตร ซึ่งมีแผ่นเพียโซอิเล็กทริกทั้งหมด 32 แผ่น จะได้กำลังไฟฟ้า $32 \times (12 \times 0.0186) = 7.1424$ วัตต์

4.3 การออกแบบพื้นกำเนิดพลังงาน

สำหรับการออกแบบพื้นกำเนิดพลังงานจะวางแผ่นเพียโซอิเล็กทริกที่ขนานกันในแนวเส้นตรง บริเวณกึ่งกลางของพื้นยางสังเคราะห์ซึ่งจำลองเป็นตำแหน่งที่จักรยานเคลื่อนที่ผ่าน โดย 1 ชุดวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจะขนานเพียโซอิเล็กทริกจำนวน 24 แผ่นต่อระยะทาง 1.5 เมตร และมีหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง (Light Emitter Diode [LED]) ติดตั้งอยู่ทั้งหมดจำนวน 6 หลอด โดยจะจำลองพื้นกำเนิดพลังงานทั้งหมด 2 ชุด เพื่อแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งการสว่างของหลอดไฟเมื่อจักรยานเคลื่อนที่ผ่านในเวลากลางคืน



รูปที่ 4.14 พื้นกำเนิดพลังงาน 1.5 เมตรต่อ 1 ชุดวงจร



รูปที่ 4.15 การจำลองพื้นเมื่อติดตั้งบนท้องถนน

ตารางที่ 4.2 กำลังไฟฟ้าขาออกจากเพียโซอิเล็กทริกเมื่อจักรยานเคลื่อนที่ผ่านด้วยความเร็วที่ต่างกัน

ความเร็ว (ก.ม./ ช.ม.)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้า เฉลี่ย (วัตต์)
5	3.31	0.321	1.0625	1.0508
	3.23	0.315	1.0174	
	3.32	0.323	1.0723	
10	3.28	0.318	1.0430	1.0434
	3.2	0.313	1.0016	
	3.34	0.325	1.0855	
20	3.05	0.307	0.9363	0.9809
	3.21	0.314	1.0079	
	3.19	0.313	0.9984	

จากการทดลองเมื่อจักรยานเคลื่อนที่ผ่านพื้นกำเนิดพลังงานด้วยความเร็วที่ต่างกัน พบว่าในแต่ละย่านความเร็วจะได้ขนาดกำลังไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน โดยจะผลิตกำลังเฉลี่ย 1.0250 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 กำลังไฟฟ้าขาออกจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อได้รับแรงกดจากน้ำหนักที่ต่างกัน

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (วัตต์)
55	2.95	0.319	0.94105	0.944426667
	2.93	0.337	0.98741	
	2.81	0.322	0.90482	
75	3.23	0.388	1.25324	1.166066667
	3.11	0.352	1.09472	
	3.16	0.364	1.15024	
90	3.35	0.382	1.2797	1.306093333
	3.27	0.401	1.31127	
	3.31	0.401	1.32731	

จากการทดลองเมื่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อได้รับแรงกดจากน้ำหนักที่มากขึ้นพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จะมากขึ้นด้วย เนื่องจากน้ำหนักที่มากขึ้นส่งผลให้เกิดแรงที่มากขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแรงดันที่ได้แปรผันตามน้ำหนัก

4.4 การประยุกต์ใช้งาน

การออกแบบพื้นกำเนิดพลังงานในปริศยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทางวิ่งจักรยานบริเวณท้องถนนได้ ซึ่งจะสามารถแสดงตำแหน่งของจักรยานบริเวณท้องถนนในเวลากลางคืนได้ จากแสงสว่างที่เกิดขึ้นบนทางจักรยาน ทำให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้นกับผู้ขี่จักรยาน และ ผู้ที่ใช้บริการบนท้องถนนได้อีกด้วย



รูปที่ 4.16 จำลองการใช้งานพื้นกำเนิดพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ออกแบบพื้้นกำเนิดพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกสำหรับทางจักรยาน โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ลักษณะ คือ 1.นำมาใช้เป็นไฟแสดงตำแหน่งและนำทางให้กับจักรยานในเวลากลางคืน 2. เก็บพลังงานลงแบตเตอรี่ในเวลากลางวันเพื่อนำไปจ่ายโหลดไว้ใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ซึ่งได้ใช้วัสดุพื้้นยางสังเคราะห์ชนิดเทยาง เอธิลีน โพรพิลีน ไดอีน โมโนเมอร์ (Ethylene Propylene Diene Monomer [EPDM]) 2 แผ่น มาประกอบเป็นพื้้น และ นำสปริงมาวางรองไว้ใต้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกซึ่งวางไว้ระหว่างพื้้นยางสังเคราะห์สองแผ่นจะได้พลังงานที่สูงกว่าขณะไม่ได้ติดตั้งสปริง เนื่องจากสปริงทำให้ความถี่ของวัสดุใกล้เคียงความถี่ธรรมชาติของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก โดยยังมีความถี่ใกล้เคียงความถี่ธรรมชาติก็ยิ่งทำให้ได้พลังงานมากขึ้นด้วย

จากการทดลองเมื่อเก็บสัญญาณแรงดันจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่นำมาประกอบไว้ในพื้้นกำเนิดพลังงานจะเห็นได้ว่าจะได้แรงดันเฉลี่ย 15.8 โวลต์ ซึ่งในการออกแบบจะขนานแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเพื่อให้ได้กระแสที่สูงขึ้น แล้วจึงนำมาต่อกับวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน เพื่อนำมาจ่ายให้กับโหลดแสงสว่าง ซึ่งประกอบด้วย วงจรเรียงกระแส, ตัวเก็บประจุ และ วงจรดาร์ลิ่งตัน เมื่อจักรยานเคลื่อนที่ผ่านพื้้นกำเนิดพลังงานที่ได้ออกแบบไว้ 1 ครั้ง จะเหยียบวัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้ล้ละ 2 แผ่น จักรยาน 1 คันจึงสามารถเคลื่อนที่ผ่านวัสดุเพียโซอิเล็กทริกได้ครั้งละ 4 แผ่น จะได้กำลังไฟฟ้า 0.8928 วัตต์ โดย 1 ชุดวงจร จะจ่ายพลังงานให้หลอดไดโอดเปล่งแสงขนาด 1 วัตต์ ทั้งหมด 6 ตัว ในเวลากลางคืน ซึ่งติดตั้งบนพื้้นกำเนิดพลังงานเป็นระยะทาง 1.5 เมตร ส่วนในเวลากลางวันจะต่อวงจรเพิ่มแรงดัน และเก็บพลังงานลงแบตเตอรี่ โดยระยะทาง 1 เมตร จะมีแผ่นเพียโซอิเล็กทริกทั้งหมด 32 แผ่น จะได้กำลังไฟฟ้า 7.1424 วัตต์ ต่อตารางเมตร และเลือกใช้แบตเตอรี่นิเกิลเมทัลไฮไดรด์ (NiMH) ขนาด 12 โวลต์ เพราะเป็นย่านแรงดันที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ซึ่งการแบ่งช่วงเวลากลางวัน และ เวลากลางคืน มีการใช้สวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ในการสลับวงจร

โดยพลังงานที่เก็บเกี่ยวจากพื้้นกำเนิดพลังงานนั้น จะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย คือ ความต่อเนื่องของแรงที่มากกระทำ, กำลังทางกล, ประสิทธิภาพของวงจรเก็บเกี่ยวพลังงาน รวมถึงประสิทธิภาพของวัสดุเพียโซอิเล็กทริกด้วย ซึ่งได้พัฒนางจรควบคุมเพียโซอิเล็กทริกให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ในด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการพลังงาน และยังเป็นการพัฒนาระบบสะสมพลังงานให้เหมาะสมกับเพียโซอิเล็กทริกเพื่อมาประยุกต์ใช้ในเชิงวิศวกรรม และ ประโยชน์ด้านอื่น ๆ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอแนวคิดในการนำพลังงานที่สูญเสียในชีวิตประจำวันไปโดยเปล่าประโยชน์กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เป็นหนึ่งในแนวทางของพลังงานทางเลือกในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

1. สำหรับการนำพืนกำเนิดพลังงานไปใช้งานในพื้นที่จริง ควรวางแผนเพียโซอิเล็กทริกในลักษณะกระจายให้ทั่วพืน เพื่อเพิ่มพืนที่กำเนิดพลังงานเมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่านในจุดอื่น ๆ บนพืนกำเนิดพลังงานให้มากขึ้น
2. ถ้านำไปประยุกต์ใช้จริงสามารถสลับวงจรกลางวันและกลางคืนได้โดยใช้สวิตซ์ที่ควบคุมอัตโนมัติด้วยแสง เพื่อความสะดวกในการใช้งานได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, แหล่งที่มา : https://www.m-society.go.th/article_attach/17971/20094.pdf
- [2] ชมพูนุท วีรภิตติ และ ปิยวรรณ กลิ่นศรีสุข, Converse Energy for Future, แหล่งที่มา : <http://www.tcdc.or.th/articles/technology-innovation/22396/#Converse-Energy-for-Future>
- [3] K. Bobby, K. Aleena Paul, J.A. Thomas, and K.K. Nimisha, "Footstep Power Generation Using Piezo Electric Transducers," International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), vol. 3, no. 10, pp. 264-267, 2014
- [4] L. Shi, X. Wei and Y. Wei, "Comparative analysis on piezoelectric effect and electromagnetic effect for the further study of multi-piezoelectric effect," 2012 International Conference on Measurement, Information and Control (MIC), Harbin, 2012, pp. 907-911
- [5] A. Singh, "Preparation and characterization of piezoelectric materials," 2014 International Conference for Convergence of Technology (I2CT), Pune, 2014, pp. 1-5
- [6] H.A. Sodano, D.J. Inman, and G. Park, "Comparison of piezoelectric energy harvesting devices for recharging batteries," Journal of Intelligent Material Systems and Structures, vol. 16, no. 10, pp.799-807, 2015.
- [7] T.H. Ng, and W.H. Liao. "Sensitivity analysis and energy harvesting for a self-powered piezoelectric sensor," Journal of Intelligent Material Systems and Structures, vol.16, no. 10, pp.785-797, 2005.
- [8] X. Zhang and Y. Zhou, "Piezoelectric self-powered source of wireless bridge health monitoring nodes," 2016 IEEE Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, Chongqing, China, 2016, pp. 910-913.

- [9] ดร.จันทรชัย หญิงประยูร, เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric), แหล่งที่มา : <https://sites.google.com/site/550305161111pongsatornhun/phey-so-xi-lek-thrikh-piezoelectric>
- [10] Waqar, S., et al. (2015). "Piezoelectric energy harvesting from intelligent textiles." *Electronic Textiles*. T. Dias. Oxford, Woodhead Publishing: 173-197.
- [11] Sung Joo Hwang and Hyun Jun Jung, "Designing and manufacturing a piezoelectric tile for harvesting energy from footsteps," *Current Applied Physics*, 2015, pp.669-674.
- [12] Minami, Y. and E. Nakamachi (2012). "Development of enhanced piezoelectric energy harvester induced by human motion." *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE*.
- [13] Hatti, N., et al. (2011). "A PZT modeling for energy harvesting circuits." *Applications of Ferroelectrics (ISAF/PFM), 2011 International Symposium on and 2011 International Symposium on Piezoresponse Force Microscopy and Nanoscale Phenomena in Polar Materials*.
- [14] Pandey, H., et al. (2014). "Walking based wearable mobile phone charger and lightening system." *Medical Imaging, m-Health and Emerging Communication Systems (MedCom), 2014 International Conference on*.
- [15] Meier, R., et al. (2014). "A piezoelectric energy-harvesting shoe system for podiatric sensing." *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2014 36th Annual International Conference of the IEEE*.
- [16] Kymissis, J., et al. (1998). "Parasitic power harvesting in shoes." *Wearable Computers, 1998. Digest of Papers. Second International Symposium on*.
- [17] Mitcheson, P. D., et al. (2008). "Energy Harvesting From Human and Machine Motion for Wireless Electronic Devices." *Proceedings of the IEEE* 96(9): 1457-1486.
- [18] [12] A.N. Tripathi, H. Mishra and A. Mishra, "Eco-Friendly Alternative Of Energy Harvesting Piezoelectricity," *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET)*, vol. 2, no. 1, pp. 213-216, 2015.

- [19] Guoliang, Y., et al. (2009). "Optimization of a piezoelectric system for energy harvesting from traffic vibrations." Ultrasonic Symposium (IUS), 2009 IEEE International.
- [20] Kasuga, T., et al. (2011). "Design of a Lane Marker Lighting System Based on Piezoelectric Power Generation." Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 2011 IEEE.
- [21] Vazquez-Rodriguez, M., et al. (2012). "Energy harvesting input stage model for piezoelectric materials involved in road traffic applications." Industrial Technology (ICIT), 2012 IEEE International Conference on.
- [22] Qingyuan, Z., et al. (2012). "Vibration energy harvesting in automobiles to power wireless sensors." Information and Automation (ICIA), 2012 International Conference on.
- [23] Kaustubh, P. and N. Vaish (2012). "Highly efficient PVDF film energy harvester for self- charging vehicle system." Industrial and Commercial Use of Energy Conference (ICUE), 2012 Proceedings of the 9th.
- [24] Rajab, S. A., et al. (2012). "Novel vehicle and motorcycle classification using single element piezoelectric sensor." Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2012 15th International IEEE Conference on.
- [25] Tsung-Tsi, W., et al. (2010). "Analysis of high efficiency piezoelectric floor on intelligent buildings." SICE Annual Conference 2010, Proceedings of.
- [26] Leung, C. S., et al. (2013). "Piezoelectric sensors for taxiway airport traffic control system." Technologies for Sustainability (SusTech), 2013 1st IEEE Conference on.
- [27] Qian, H.-b. and H. Han (2010). "The Applications and Methods of Pedestrian Automated Detection." Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA), 2010 International Conference on.
- [28] นราธิป วิทยากร, ภาควิชาเคมีคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แหล่งที่มา : <http://www.vcharkarn.com/varticle/38157>.

[29] S. D. Smitha, J. S. Savier and F. Mary Chacko, "Intelligent control system for efficient energy management in commercial buildings," 2013 Annual International Conference on Emerging Research Areas and 2013 International Conference on Microelectronics, Communications and Renewable Energy (AICERA/ICMiCR), Kanjirapally, 2013, pp. 1-6.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาพื้นกำเนิดพลังงานด้วยเพียโซอิเล็กทริก

The development of power generation floor with piezoelectric modules

นิธิวัฒน์ ตรงฤทธิชัยการ สุภัก ธรรมจรัสแสง สุรภกิจ พันธุ์ไพศาล

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

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

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบพื้นกำเนิดพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก โดยจำลองสำหรับทางวิ่งจักรยาน ซึ่งวัสดุเพียโซอิเล็กทริก มีคุณสมบัติพิเศษคือเมื่อได้รับแรงกลจะให้แรงดันไฟฟ้าจากปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก แต่ข้อจำกัดของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกนั้นเป็นวัสดุเปราะบางเสี่ยงต่อการแตกหักได้ง่าย จึงได้มีการนำแผ่นยางสังเคราะห์มาทำเป็นพื้นประกบไว้กับแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เพื่อเป็นการลดแรงกดภายนอก และเพิ่มความถี่ให้กับแผ่นเพียโซอิเล็กทริกโดยการติดตั้งสปริงไว้ข้างล่างแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เพื่อเพิ่มความถี่ของวัสดุให้มีความถี่ใกล้เคียงความถี่ธรรมชาติมากที่สุด ส่งผลให้ผลิตพลังงานออกมาได้มากที่สุด นำพลังงานที่ได้ผ่านวงจรสำหรับเก็บเกี่ยวพลังงานเพื่อชาร์จพลังงานให้กับแบตเตอรี่ในตอนกลางวัน และ จ่ายให้กับหลอดแสงสว่างในตอนกลางคืน การออกแบบพื้นสะสมพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกในรูปแบบนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการติดตั้งบริเวณที่มีการสัญจรในปริมาณมาก หรือที่สาธารณะ เป็นการนำพลังงานที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ กลับมาใช้ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ถือว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการอนุรักษ์พลังงาน

Abstract

This project aims to present the design of electrical power generation flooring from piezoelectric materials, used for bicycle lane. The piezoelectric material has specific property to be able to generate voltage when getting mechanical force. The limitation of piezoelectric plate is its fragility. So this leads to the using of rubber covering piezoelectric plate in order to protect it from the stress. And applying spring under the piezoelectric plate to increase its frequency in order to generate the maximum power. The power is accumulated by energy harvesting circuit in order to be stored into the battery during the daytime and supplied to the lighting loads during the nighttime. This power generation flooring design can be applied

in the public and traffic areas which can bring up the daily life energy to be used again as the energy conservation.

Keywords: PZT, Piezoelectric, Energy Harvesting, Storage Device, Generation Flooring

1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ และมีความต้องการสูงขึ้นเรื่อย ๆ จึงมีการส่งเสริมในการใช้พลังงานทางเลือกที่สูงขึ้น เป็นการนำสิ่งต่าง ๆ รอบตัวมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งวัสดุเพียโซอิเล็กทริก [1] เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการนำพลังงานกล เช่น แรงดัน ความเร่ง แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยพลังงานที่ได้จะเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ จึงต้องนำไปผ่านวงจรต่าง ๆ เช่น วงจรเรียงกระแส [2], วงจรดาร์ลิ่งตัน [3] เพื่อเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริกให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และนำพลังงานที่ได้ไปเก็บเข้าแบตเตอรี่ หรือจ่ายให้หลอดแสงสว่างต่าง ๆ ต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เพียโซอิเล็กทริก

[1] เป็นวัสดุที่มีสมบัติพิเศษคือ เมื่อได้รับแรงกลจะเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้า (voltage) จากปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงทางกลกระทำต่อผลึกจนกระทั่งเกิดความเค้นในผลึก ทำให้มีการกระจัดทางไฟฟ้า ของประจุไฟฟ้าบวกให้ไปอยู่ที่ผิวด้านหนึ่งของผลึก ในขณะที่ประจุลบ ไปอยู่ที่ผิวอีกด้าน ปริมาณการกระจัดนี้จะแปรผันตามความเค้น จำนวนคู่ประจุบวก-ลบหรือคู่อิออนหรือโพลไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าออกมา

2.2 วงจรเรียงกระแส

[2] วงจรเรียงกระแสหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เรคตีไฟเออร์ คือวงจรไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณกระแสสลับให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงหรือมีคุณสมบัติยอมให้ไฟฟ้าไหล ผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ซึ่งในที่นี้ใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น

2.3 วงจรดาร์ลิ่งตัน

คือวงจรทรานซิสเตอร์สองตัวต่อกัน ทำให้กระแสที่ขยายด้วยตัวแรกถูกขยายต่อด้วยทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง [3] เกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขยายกระแสรวมจะเท่ากับเกนของแต่ละตัวคูณกัน จึงทำให้คูคาร์ลิงตันมีเกนกระแสสูงมาก เช่น 10000 เท่า

2.4 ดีซี-ดีซี คอนเวอร์เตอร์

[4] เป็นวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายที่มีค่าคงที่ ให้ได้แรงดันเอาต์พุตกระแสตรงที่สามารถปรับค่าได้ตามต้องการ โดยใช้หลักการ เปิดและปิด อิเล็กทรอนิกส์ สวิตช์ หรือ chopping DC voltage ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบคือ 1.แบบ Constant-frequency เป็นวงจร chopper ที่ควบคุมให้ time period (T) คงที่แล้วปรับเวลา ON time การควบคุมในลักษณะนี้เรียกว่า pulse-width-modulation (PWM) 2.แบบ Variable-frequency เป็นวงจร chopper ที่ปรับ time period (T) โดยการปรับ ON time หรือ OFF time การควบคุมนี้เรียกว่า frequency-modulation แต่เนื่องจากการควบคุมลักษณะนี้มีความถี่มีการเปลี่ยนแปลงในย่านกว้างทำให้ยากในการกรองความถี่

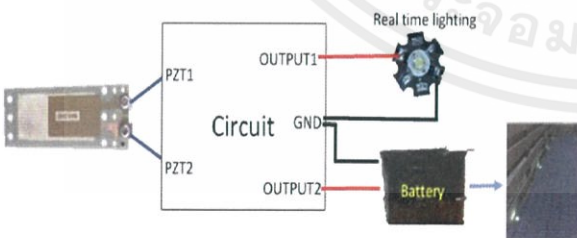
2.5 วงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulator Circuit)

วงจรรักษาระดับแรงดันคือ วงจรที่ต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงไม่คงที่ (Unregulated Power Supply) กับโหลด มีหน้าที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับโหลดและสามารถรักษาแรงดันให้คงตัวขณะที่

1. โหลดเปลี่ยน นั่นคือกระแสขาออกเปลี่ยนแปลง
2. แรงดันของแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงไม่คงที่
3. อุณหภูมิของวงจรเปลี่ยนแปลง

3. การออกแบบและจำลองระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก

3.1 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก



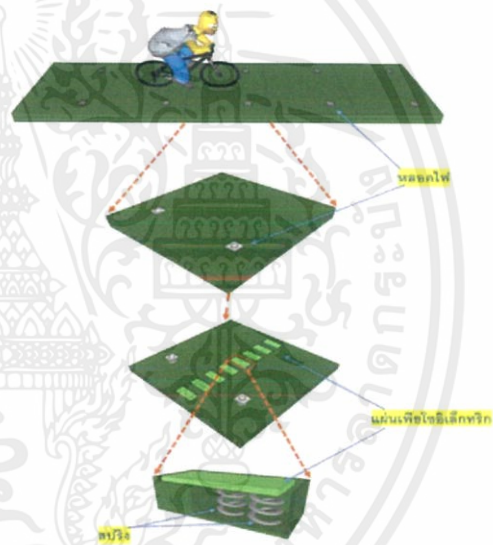
รูปที่ 1 แบบจำลองการนำเพียโซอิเล็กทริกไปประยุกต์ใช้งานจริง

ลักษณะทำงานของการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เมื่อมีพลังงานทางกลผ่าน แผ่นเพียโซอิเล็กทริกจะได้พลังงานไฟฟ้าออกมา จากนั้นแรงดันที่ได้จะมาต่อกับวงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อเปลี่ยนจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง แล้วนำไฟฟ้า

กระแสตรงที่ได้มาต่อเข้ากับตัวเก็บประจุ (Capacitor) เพื่อลดแรงดันกระเพื่อม (Ripple voltage) ให้กับแรงดันขาออก จากนั้นต่อกับวงจรคาร์ลิงตัน เพื่อเพิ่มกระแสให้สูงขึ้น และนำไปต่อกับวงจรซิงโครนัสบูสต์ คอนเวอร์เตอร์ เพื่อคงที่ระดับแรงดันนั้นไว้ตามต้องการ โดยแบ่งการมาใช้งานเป็น 2 ลักษณะ คือ ในเวลากลางวันจะนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเข้าวงจรชาร์จแบตเตอรี่ เพื่อเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ แล้วนำไปจ่ายโหลดในบริเวณใกล้เคียง เช่น ไฟทางเดิน เป็นต้น

ในเวลากลางคืนจะนำพลังงานที่ได้เมื่อจักรยานวิ่งผ่านพื้นกำเนิดพลังงาน ไปจ่ายให้กับหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode [LED]) ที่ติดตั้งไว้บริเวณพื้นทางวิ่งจักรยาน เพื่อนำทาง และแสดงตำแหน่งของจักรยานให้เป็นที่สังเกตเห็นได้ง่าย เพื่อความปลอดภัย

3.2 แบบจำลองพื้นกำเนิดพลังงานจากโปรแกรม Sketch up



รูปที่ 2 แบบจำลองพื้นกำเนิดพลังงาน

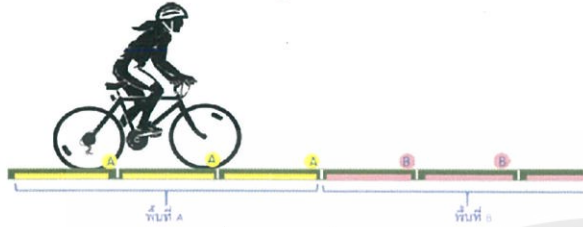
3.3 การออกแบบพื้นกำเนิดพลังงาน

เลือกใช้วัสดุที่นำมาจำลองเป็นพื้นสำหรับทางวิ่งจักรยาน เป็นพื้นวัสดุยางสังเคราะห์ชนิดเทยาง เอธิลีน โพรพิลีน ไดอีน โมโนเมอร์ (Ethylene Propylene Diene Monomer [EPDM]) ลักษณะเป็นพื้นผิวเรียบ ป้องกันการเกิดรอยบุ๋ม รอยกด รอยแยก มีความยืดหยุ่นสูง กันลื่นทั้งในสภาพพื้นผิวแห้ง และเปียก ป้องกันการตีไฟ ด้านทานการเสียดสี ทนทาน

จากการจำลองลักษณะแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น ผ่านแผ่นวัสดุยางสังเคราะห์เมื่อได้รับแรงกดโดยตรง จำนวน 10 ครั้ง จึงได้ค่าเฉลี่ยของแรงดันที่ได้รับต่อแรงกด 1 ครั้ง คือ 15.8 โวลต์ กระแสเฉลี่ย 7.2 ไมโครแอมป์ และติดตั้งหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode [LED]) ไว้ตามทางของพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางวงจรกิจยานห่างกันดวลง 50 เซนติเมตร โดยจรกิจยาน 1 คัน จะเหยียบพื้น 2 จุด เมื่อจรกิจยานวิ่งผ่านพื้นกำเนิดพลังงานพื้นที่ A หลอดไฟในพื้นที่ A จะติด และ จรกิจยานวิ่งผ่านพื้นกำเนิดพลังงานในพื้นที่ B หลอดไฟในพื้นที่ B จะติด ซึ่งลักษณะการส่องสว่างรูปแบบนี้ แสงสว่างจะแสดงตำแหน่งของจรกิจยาน และเป็นแสงสว่างนำทางในเวลากลางคืน ดังรูปที่ 6

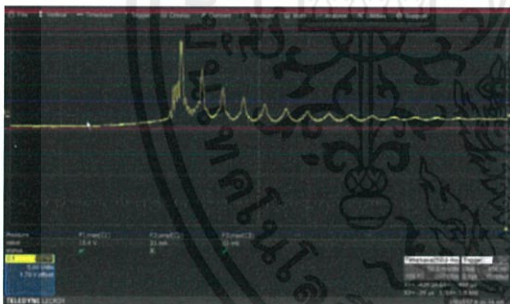


รูปที่ 3 ตำแหน่งที่ไฟติด

4. การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

แบบจำลองการเก็บสัญญาณแรงดันจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น โดยมีสปริงรองไว้ด้านล่าง จากการออกแรงกดแผ่นเพียโซอิเล็กทริกโดยตรงผ่านแผ่นวัสดุยางสังเคราะห์ชนิดเทยาง เออีดีเอ็ม โพลีลีน ไดอีน โมโนเมอร์ (Ethylene Propylene Diene Monomer [EPDM]) และ ใช้เครื่องออสซิลโลสโคป Wave Surfer 3000 Oscilloscopes ในการเก็บผลการจำลอง



รูปที่ 4 ลักษณะแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก 1 แผ่น ต่อการออกแรงกด 1 ครั้ง

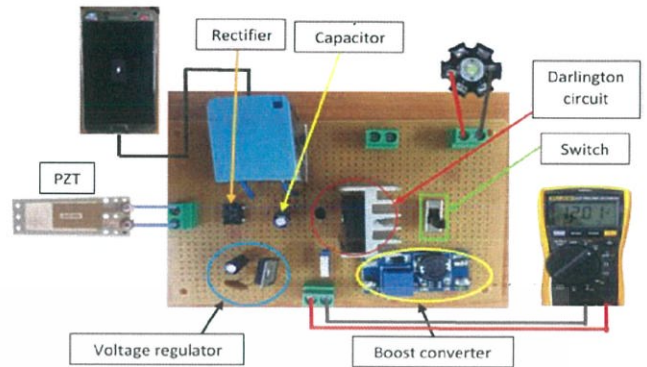
4.2 โครงสร้างแบบจำลอง

ตารางที่ 1 วัดแรงดันตอนมีสปริงและไม่มีสปริง

ลำดับของการเก็บผล	แรงดันขณะไม่ติดตั้งสปริง (โวลต์)	แรงดันขณะติดตั้งสปริง (โวลต์)
1	5.12	15.30
2	4.87	16.71
3	4.87	15.66
4	5.57	13.67
5	6.14	15.98

จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อติดตั้งสปริงรองแผ่นเพียโซอิเล็กทริกแล้วจะได้ขนาดของแรงดันเฉลี่ยที่มากกว่าแรงดันเฉลี่ยขณะที่ไม่ได้ติดตั้งสปริง

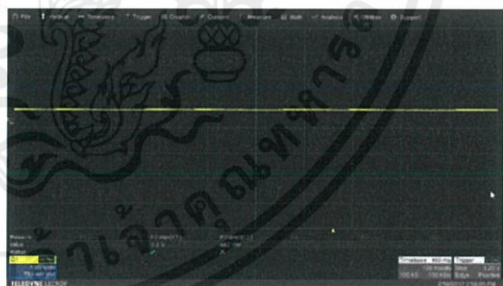
4.3 การออกแบบวงจร



รูปที่ 5 วงจรเก็บเกี่ยวพลังงานจ่ายหลอดแสงสว่าง และ ชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 6 กราฟแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแส และตัวเก็บประจุ



รูปที่ 7 กราฟแรงดันของแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อผ่านวงจรเรียงกระแส ตัวเก็บประจุ และวงจรดาร์ลิงตัน

จากรูปที่ 6 และ 7 จะเห็นได้ว่าเมื่อผ่านวงจรดาร์ลิงตันแรงดันจะลดลงเนื่องจากมีแรงดันสูญเสียในทรานซิสเตอร์ แต่สามารถเพิ่มกระแสได้ถึงหมื่นเท่า ทำให้สามารถจ่ายหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง (LED) ได้สว่างมากขึ้น และยังหน่วงการติดหลอดไฟได้นานขึ้นอีกด้วย

ตารางที่ 2 แรงดันขาออกจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อจรกิจยานเคลื่อนที่ผ่านด้วยความเร็วที่ต่างกัน

ความเร็ว (ก.ม./ชม.)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
5	0.352	3.2	1.1264
10	0.309	3.12	1.0976
20	0.343	3.2	0.96408

จากการทดลองเมื่อจักรยานเคลื่อนที่ผ่านพื้นกำเนิดพลังงานด้วยความเร็วที่ต่างกัน พบว่าในแต่ละย่านความเร็วจะได้ขนาดกำลังไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกัน โดยจะผลิตกำลังเฉลี่ย 1.0627 วัตต์

ตารางที่ 3 แรงดันขาออกจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อได้รับแรงกดจากน้ำหนักที่ต่างกัน

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	แรงดัน (โวลต์)	กระแส (แอมป์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
55	2.87	0.328	0.9414
75	3.17	0.363	1.1507
90	3.33	0.403	1.3420

จากการทดลองเมื่อแผ่นเพียโซอิเล็กทริกเมื่อได้รับแรงกดจากน้ำหนักที่มากขึ้นพบว่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จะมากขึ้นด้วย เนื่องจากน้ำหนักที่มากขึ้นส่งผลให้เกิดแรงที่มากขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแรงดันที่ได้แปรผันตามน้ำหนัก

4.4 การประยุกต์ใช้งาน



รูปที่ 8 จำลองการใช้งานพื้นกำเนิดพลังงาน

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษารวบรวมเกี่ยวกับพลังงานจากแผ่นเพียโซอิเล็กทริก เมื่อรถจักรยานเคลื่อนที่ผ่านพื้นกำเนิดพลังงาน 1 ครั้ง จะเหยียบแผ่นเพียโซอิเล็กทริกได้ 4 แผ่น ได้ 0.8928 วัตต์ โดย 1 ชุดวงจร จะจ่ายให้หลอดไดโอดเปล่งแสงขนาด 1 วัตต์ ทั้งหมด 6 ตัว ซึ่งติดตั้งบนพื้นกำเนิดพลังงานเป็นระยะ 1.5 เมตร และในส่วนการเก็บพลังงานลงแบตเตอรี่ต่อระยะทาง 1 เมตร ซึ่งมีแผ่นเพียโซอิเล็กทริกทั้งหมด 32 แผ่น จะได้กำลังไฟฟ้า 7.1424 วัตต์ ต่อตารางเมตร และเลือกใช้แบตเตอรี่นิเกิลเมทัลไฮไดรด์ (NiMH) ขนาด 12 โวลต์ เพราะเป็นย่านแรงดันที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ซึ่งการแบ่งช่วงเวลากลางวัน และเวลากลางคืน มีการใช้สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ในการสลับวงจร ซึ่งก็ได้พัฒนางจรควบคุมของเพียโซอิเล็กทริกให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในด้านการจัดการพลังงานอีกด้วย และยังเป็นการพัฒนาาระบบสะสม

พลังงานให้เหมาะสมกับเพียโซอิเล็กทริกมาประยุกต์ใช้กับทางวิศวกรรมไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชมพูนุท วิรภิตติ และ ปิยวรรณ กลิ่นศรีสุข, Converse Energy for Future, แหล่งที่มา : <http://www.tcdc.or.th/articles/technology-innovation/22396/#Converse-Energy-for-Future>
- [2] จักรพงษ์ จารุมิทร์, การออกแบบอิเล็กทรอนิกส์กำลัง, พิมพ์ครั้งที่ 1, พฤษภาคม, กรุงเทพฯ, บริษัท เอสพีเอส พรินต์ติ้ง จำกัด, 2554.
- [3] ไอซีอี, คู่มือตั้งต้น, แหล่งที่มา: <http://icelectronic.com/beginner/study/trancirc.htm>
- [4] พิชรี ชูชาติ, "การวิเคราะห์การตรวจจับกระแสอินดักเตอร์ทางอ้อมแบบต่างๆในวงจรเชิงโรนัสส์บัสคอนเวอร์เตอร์", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549.

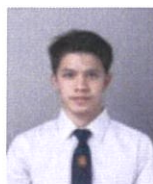
ประวัติผู้เขียนบทความ



นายนิธิวัฒน์ ตรงฤทธิ์ชัยการ
เกิดวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2537
ที่อยู่ 34/263 ถนนวิภาวดีรังสิต
แขวงสนามบิน เขตดอนเมือง
กรุงเทพมหานคร 10210 โทรศัพท์
0891092537
E-mail: nithiwat_09@gmail.com



นางสาวสุภัก ธรรมจรัสแสง
เกิดวันที่ 7 ตุลาคม พ.ศ. 2537
ที่อยู่ 19/15 ถนนกาญจนาภิเษก
แขวงคูบางหลวง เขตลาดหลุมแก้ว
ปทุมธานี 12140
โทรศัพท์ 0853565924
E-mail:supak_tham@hotmail.com



นายสุรกิจ พันธุ์ไพศาล เกิดวันที่ 15
กันยายน พ.ศ.2537
ที่อยู่ 99/151 หมู่บ้านสัปดาห์มัย-ปิ่น
เกล้า ต.บางคูเวียง อ.บางกรวย
จ.นนทบุรี 11130
โทรศัพท์ 0972351364
E-mail: drivesrk@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



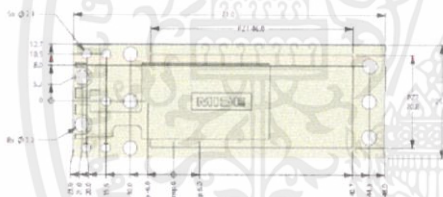
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESCRIPTION

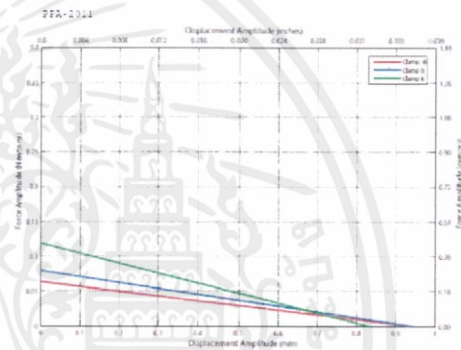
Performance data for the PPA-2011 is summarized in the following tables and plots. Refer to Section 6 for information on how this data was gathered. Please note that this data is to be used only as reference and that there is some variability from unit to unit. Temperature, clamp conditions, drive quality, all can contribute to additional variability. All test data was gathered at room temperature and with the PPA-9001 clamp kit hardware.

ตารางที่ ข.1 คุณสมบัติของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

Overview	
Capacitance (nF)	190
Mass (g)	4.0
Full Scale Voltage Range (V)	± 120



รูปที่ ข.1 เพียโซอิเล็กทริก



รูปที่ ข.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำ และการโค้งตัวของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

ตารางที่ ข.2 แสดงประสิทธิภาพการทำงานของแผ่นเพียโซอิเล็กทริก

Energy Harvesting Data for Middle Clamp Location									
Acceleration Amplitude (g)	Frequency (Hz)	Tip Mass (gram)	RMS Power (mW)	RMS Voltage (V)	RMS Current (mA)	Resistance (k Ω)	RMS Open Circuit	Peak to Peak Displacement (mm)	Peak to Peak Displacement (in)
0.25	154.0	0.0	0.1	0.9	0.1	7.0	2.3	0.6	0.03
0.50	152.0	0.0	0.4	1.2	0.3	4.0	3.7	1.0	0.04
1.00	149.0	0.0	1.2	2.0	0.6	3.3	6.0	1.6	0.06
2.00	147.0	0.0	4.0	4.5	0.9	5.1	9.2	2.6	0.10
0.25	60.0	3.5	0.5	2.3	0.2	10.5	6.3	1.6	0.06
0.50	60.0	3.4	1.5	3.7	0.4	9.0	9.1	2.3	0.09
1.00	60.0	3.3	4.3	7.9	0.5	14.7	14.8	4.3	0.17
2.00	60.0	3.4	10.4	13.7	0.8	18.2	23.3	6.9	0.27
0.25	24.0	25.3	4.1	9.9	0.4	24.0	23.3	4.8	0.19
0.50	24.0	25.3	11.5	21.3	0.5	39.4	35.9	7.9	0.31
1.00	23.8	25.3	31.0	31.0	1.0	30.9	49.6	12.0	0.47
2.00	23.0	25.3	34.0	34.0	2.0	17.2	61.5	18.5	0.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



นายนิธิวัฒน์ ทรงฤทธิ์ชัยการ เกิดวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2537
 ที่อยู่ 34/263 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงสนามบึง เขตดอนเมือง
 กรุงเทพมหานคร 10210
 โทรศัพท์ 0891092537 E-mail: nithiwat_09@gmail.com



นางสาวสุภักดิ์ ธรรมจรัสแสง เกิดวันที่ 7 ตุลาคม พ.ศ. 2537
 ที่อยู่ 19/15 ถนนกาญจนาภิเษก แขวงคูบางหลวง เขตลาดหลุมแก้ว
 ปทุมธานี 12140
 โทรศัพท์ 0853565924 E-mail: supak_tham@hotmail.com



นายสุรกริช พันธุ์ไพศาล เกิดวันที่ 15 กันยายน พ.ศ.2537
 ที่อยู่ 99/151 หมู่บ้านลัดดารมย์-ปิ่นเกล้า ต.บางคูเวียง อ.บางกรวย
 จ.นนทบุรี 11130
 โทรศัพท์ 0972351364 E-mail: drivesrk@hotmail.com