



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบผลิตพลังงานแบบพึ่งพาตนเองสำหรับการตรวจติดตามสภาพของเครื่องจักร

SELF-POWERED SYSTEM FOR MACHINE CONDITION MONITORING

ดอน อิศรากร

สองเมือง นันทขว้าง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบผลิตพลังงานแบบพึ่งพาตนเองสำหรับการตรวจติดตามสภาพของเครื่องจักร
SELF-POWERED SYSTEM FOR MACHINE CONDITION MONITORING

ดอน อิศรากร

สองเมือง นันทขว้าง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2556
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ ระบบผลิตพลังงานแบบพึ่งพาตนเองสำหรับการตรวจติดตามสภาพของเครื่องจักร

แหล่งเงิน โครงการงบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ.....2556.....จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน.....80,000.....บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย.....1.....ปี ตั้งแต่.....ต.ค. 55.....ถึง.....ก.ย. 56.....

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

หัวหน้าโครงการ ดร. ดอนนิศรากร สังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

ผู้ร่วมโครงการ นายสองเมือง นันทขว้าง สังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการศึกษาเชิงทดลองเรื่องการเก็บเกี่ยวพลังงานจากสิ่งแวดล้อมด้วยอุปกรณ์เก็บพลังงานเพียโซอิเล็กทริกแบบรับแรงกระแทก จุดมุ่งหมายของโครงการนี้คือสามารถนำพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นในรูปแบบการสั่นจากการทำงานของเครื่องจักรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ โดยในการทดลองมีขั้นตอนในการดำเนินการ โดยเริ่มจากทดสอบโครงสร้างของอุปกรณ์ต้นแบบที่จะประกอบตัวเพียโซบัสเซอร์เข้าไปเพื่อจะนำมาใช้เป็นตัวต้นแบบต่อไป เมื่อได้โครงสร้างของอุปกรณ์ต้นแบบที่เหมาะสมแล้วจึงทำการทดสอบการแปลงพลังงานของตัวเพียโซบัสเซอร์ (Piezo Buzzer) เมื่อรับแรงกระแทกจากการสั่นของเครื่องจักร จากนั้นจึงทดสอบการเก็บพลังงานจากตัวเพียโซบัสเซอร์โดยนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากตัวเพียโซบัสเซอร์ผ่านวงจรจัดการพลังงานและนำไปสะสมพลังงานด้วยตัวเก็บประจุ สุดท้ายจึงนำพลังงานไปใช้ติดตามสภาพเครื่องจักรโดยในการทดสอบนี้จะติดตามสภาพเครื่องจักรด้วยการวัดอุณหภูมิ โดยใช้เซ็นเซอร์และอุปกรณ์รับส่งสัญญาณในการวัดอุณหภูมิ และเปรียบเทียบผลที่ได้กับการวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด

คำสำคัญ : การเก็บเกี่ยวพลังงาน, เพียโซอิเล็กทริก, อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานแบบกระแทก, วงจรจัดการพลังงาน

Research Title: Self-Powered System for Machine Condition Monitoring Application

Researcher: Dr.Don Isarakorn, Mr.Songmoung Nundrakwang

Faculty:Engineer.....**Department:**Control.....

ABSTRACT

This thesis presents energy harvesting using an impact type piezoelectric energy harvester to capture waste energy from machine vibrations and convert them into usable electrical energy for low power electronic devices. In this work, the concept of impact energy harvesting is proposed by utilizing a piezo buzzer as a power generator. Its electrical characteristics are evaluated when subjected to impact forces in order to examine the harvestable energy performance. Afterward, the power management circuit is investigated, which is one specific need to realize fully-functional energy harvesting systems.

Keyword : energy harvesting, piezo buzzer, impact type generator, power management circuit

กิตติกรรมประกาศ

ทำงานวิจัยนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้นั้นเกิดจากการที่คณะที่มิวิจัยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนโครงการงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2556 ทางทีมงานจึงต้องขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเป็นอย่างสูง

ดร.ดอน อิศรากร

นายสองเมือง นันทขว้าง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
บทที่ 3 หลักการออกแบบอุปกรณ์และระบบเก็บพลังงาน.....	12
3.1 การเลือกเครื่องจักร.....	12
3.2 โครงสร้างรับแรงที่ประกอบด้วยเพียโซโซเซออร์.....	14
3.3 ระบบเก็บพลังงาน.....	16
3.4 ระบบติดตามสภาพเครื่องจักร.....	17
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	19
4.1 การทดสอบวัดความถี่สั่นพ้องเครื่องจักร.....	19
4.2 การทดสอบโครงสร้างรับแรงที่ประกอบด้วยเพียโซโซเซออร์.....	21
4.3 การทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบกับวงจรจัดการพลังงาน.....	26
4.4 การทดสอบการทำงานของระบบติดตามสภาพเครื่องจักร.....	29
4.5 การทดสอบระบบผลิตพลังงานแบบพึ่งพาตนเองสำหรับการติดตามสภาพเครื่องจักร.....	36
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	38
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	38
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	38
เอกสารอ้างอิง.....	39
ภาคผนวก.....	41
ภาคผนวก ก.....	42
ภาคผนวก ข.....	63
ประวัตินักวิจัย.....	77

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 พลังงานเอาต์พุตของตัวเก็บพลังงานจากสิ่งแวดล้อม (Energy Harvester)	7
3.1 ตารางแสดงคุณสมบัติเพียโซโซเซอรั่น MCFT-36T-2.6A1-139	14
4.1 ผลค่าความต่างศักย์เฉลี่ยของรากล้างสอง กระแสเฉลี่ยของรากล้างสองและกำลังเฉลี่ยเมื่อเปลี่ยนค่าความต้านทานเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าสูงสุด	22
4.2 แสดงผลค่าความต่างศักย์เฉลี่ยของรากล้างสอง กระแสเฉลี่ยของรากล้างสองและกำลังเฉลี่ยเมื่อเปลี่ยนค่าความต้านทาน	24
4.3 แสดงผลความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตัวเก็บประจุและค่าความต้านทานกับเวลา	27
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดตัวเก็บประจุ ช่วงเวลาการทำงานและกระแสไฟที่สามารถจ่ายได้	35

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แสดงขั้นตอนการเปลี่ยนการสั่นเป็นพลังงานไฟฟ้า.....	1
2.1 แสดงภาพการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรต่างๆขณะทำงาน.....	4
2.2 แสดงภาพชิ้นส่วนเกิดความหลวม.....	4
2.3 การทำงานของการติดตามสภาพพึ่งพาตนเอง.....	5
2.4 แสดงแผนภาพการเก็บเกี่ยวพลังงานจากสิ่งแวดล้อมแบบคร่าวๆ.....	6
2.5 แสดงแผนภาพตัวอย่างการใช้งานEHในเซนเซอร์.....	7
2.6 ผลทางตรงและผลทางอ้อมของปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก.....	8
2.7 แสดงภาพวงจร PMICs แบบหนึ่ง.....	9
2.8 แสดงภาพอินพุตและเอาต์พุตหลังผ่านวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์.....	10
2.9 แสดงภาพบล็อกคอนเวอเตอร์อย่างง่าย.....	10
3.1 แผนผังภาพรวมของระบบผลิตพลังงานแบบพึ่งพาตนเองสำหรับการติดตามสภาพเครื่องจักร.....	11
3.2 เครื่องปั๊มลมขนาดเล็ก รุ่น OL-1204.....	12
3.3 เพียโซเซ็นเซอร์แบบกลม รุ่น MCFT-36T-2.6A1-139.....	14
3.4 แบบร่างโครงสร้างรับแรง.....	15
3.5 โครงสร้างรับแรงที่ประกอบด้วยเพียโซเซ็นเซอร์ หรือ อุปกรณ์ต้นแบบ.....	15
3.6 วงจรจัดการพลังงาน LTC3588-1.....	16
3.7 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์ขนาดความจุต่างๆ.....	17
3.8 แผนผังภาพรวมของระบบติดตามสภาพเครื่องจักร.....	17
4.1 ข้อมูลความเร่งของเครื่องปั๊มลมเมื่อเทียบกับเวลา.....	20
4.2 การวิเคราะห์โดยวิธีฟาสต์ฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม (Fast Fourier Transform) ของแรงสั่นสะเทือนที่ได้จากเครื่องปั๊มลม.....	20
4.3 ภาพแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเพียโซเซ็นเซอร์.....	21
4.4 แผนภาพแสดงการต่อตัวต้านทานขนานกับเพียโซเซ็นเซอร์.....	21
4.5 ภาพอุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานต้นแบบเพียโซเซ็นเซอร์ 1 ตัว.....	22
4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์เฉลี่ยของรอกกำลังสองกับค่าความต้านทาน.....	23
4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสเฉลี่ยของรอกกำลังสองกับค่าความต้านทาน.....	23
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเฉลี่ยกับค่าความต้านทาน.....	23
4.9 อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานต้นแบบต่อแบบคอนโด.....	24
4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างศักย์เฉลี่ยของรอกกำลังสองกับค่าความต้านทาน.....	25
4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากระแสเฉลี่ยของรอกกำลังสองกับค่าความต้านทาน.....	25
4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเฉลี่ยกับค่าความต้านทาน.....	25
4.13 ผลตอบสนองจากวงจรจัดการพลังงาน.....	26
4.14 รูปแสดงตำแหน่งค่าขนาดตัวเก็บประจุและค่าภาระความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงในการทดลอง.....	26
4.15 รูปขณะทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบกับวงจรจัดการพลังงาน.....	27

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.16 กราฟแสดงช่วงเวลาที่ใช้ในการชาร์จ.....	28
4.17 กราฟแสดงช่วงเวลาในการทำงาน.....	28
4.18 รูปสัญญาณเอาต์พุตเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเมื่อผ่านตัวกรองสัญญาณตัวเก็บประจุขนาด 0.1 μF	29
4.19 รูปสัญญาณจากเอาต์พุตเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเมื่อผ่านตัวกรองสัญญาณตัวเก็บประจุขนาด 1 μF และ ตัวต้านทานขนาด 200 Ω	30
4.20 รูปสัญญาณเมื่อจ่ายพลังงานแบบสแต็ปให้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตัวกรองสัญญาณ.....	30
4.21 รูปขณะทำการทดสอบการทำงานของตัวรับ-ส่งสัญญาณ.....	31
4.22 แผนผังการทดสอบการทำงานของตัวรับ-ส่งสัญญาณขั้นแรก.....	31
4.23 รูปสัญญาณที่ได้จากตัวรับ-ส่งสัญญาณเมื่อทำการทดสอบการทำงานขั้นแรก.....	31
4.24 แผนผังการทดสอบการทำงานของตัวรับ-ส่งสัญญาณเมื่อตัวรับสัญญาณใช้พลังงานจากส่วน แสดงผล.....	32
4.25 รูปสัญญาณจากตัวรับ-ส่งสัญญาณเมื่อตัวรับสัญญาณใช้พลังงานจากส่วนแสดงผล.....	32
4.26 แผนผังแสดงการทดสอบระบบติดตามสภาพด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	33
4.27 รูปแสดงสัญญาณที่ได้รับบนหน้าจอแสดงผลเมื่อใช้ 9,600 BAUDRATE.....	33
4.28 รูปแสดงสัญญาณที่ได้รับบนหน้าจอแสดงผลเมื่อใช้ 2,400 BAUDRATE.....	34
4.29 รูปแสดงการคำนวณช่วงเวลาในระบบจำเป็นต้องใช้ในการทำงาน.....	35
4.30 รูปแสดงการคำนวณกระแสไฟที่ระบบจำเป็นต้องใช้ในการทำงาน.....	35
4.31 รูปแสดงการทดสอบระบบฯเมื่อจ่ายไฟให้ส่วนส่งสัญญาณ.....	36
4.32 รูปแสดงการทดสอบระบบฯส่วนรับสัญญาณและส่วนแสดงผล.....	36
4.33 รูปแสดงผลการวัดอุณหภูมิ ณ อุณหภูมิห้อง (25 $^{\circ}\text{C}$).....	37
4.34 กราฟเปรียบเทียบผลการวัดอุณหภูมิระหว่างระบบฯและเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด.....	37