



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบติดตามสภาพเครื่องจักรเพื่อคาดการณ์การบำรุงรักษาล่วงหน้า

Machine Condition Monitoring System for Preventive Maintenance



ดอน อิศรากร

สองเมือง นันทขว้าง

600270289

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2558

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ ระบบติดตามสภาพเครื่องจักรเพื่อคาดการณ์การบำรุงรักษาล่วงหน้า
แหล่งเงิน โครงการงบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ.....2558..... จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน..... 50,000..... บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย..... 1..... ปี ตั้งแต่ ค.ศ. 57..... ถึง..... ก.ย. 58.....

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร. ดอน อิศรากร สังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์

ผู้ร่วมโครงการ นายสองเมือง นันทขว้าง สังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีเป้าหมายในการพัฒนาระบบเซ็นเซอร์ที่จะใช้วัดการสั่นสะเทือนที่มีการใช้พลังงานต่ำที่สุด โดยจะทำการวัดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรขณะทำงานและส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ โดยใช้ในการส่งสัญญาณแบบไร้สาย เพื่อใช้ในการติดตามสภาพการทำงานของชิ้นส่วนในเครื่องจักรและสามารถแสดงให้เห็นให้ผู้ใช้งานรู้ว่าเครื่องจักรดังกล่าวต้องมีการซ่อมบำรุงเมื่อไร ในการทดลองการใช้ระบบเซ็นเซอร์ดังกล่าว ระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นจะถูกนำไปใช้ทดลองวัดการสั่นสะเทือนของบอลสกรูในเครื่องจักรตัดแบ่งยูนิท (SINGULATION MODEL : DFD 6340) ของบริษัทยูไทยเทคโนโลยี จำกัด โดยในการทดสอบได้ผลออกมาว่าสามารถแบ่งแยกเครื่องที่บอลสกรูอยู่ในสภาพปกติและเครื่องที่บอลสกรูเริ่มมีการเสื่อมสภาพได้

คำสำคัญ : ระบบติดตามสภาพเครื่องจักร, การติดตามการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร

Research Title: Machine Condition Monitoring System for Preventive Maintenance

Researcher: Asst.Prof.Dr.Don Isarakorn, Mr.Songmoung Nundrakwang

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

ABSTRACT

This research aim at development of a vibration monitoring system which has very low power consumption. The vibration measured by the sensor will be transmitted to computer using wireless communication and predict the condition of the machine. The developed monitoring system will be tested with ballscrew in IC Singulation machine (SINGULATION MODEL : DFD 6340) from UTACThai co.,ltd. The result of the research prove that the monitoring system can separated a good condition ballscrew from bad condition ballscrew.

Keyword : Machine condition monitoring system, vibration monitoring system



กิตติกรรมประกาศ

ทีมงานวิจัยนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้นั้นเกิดจากการที่คณะที่วิจัยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนโครงการงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2558 ทางทีมงานจึงต้องขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเป็นอย่างสูง



ผศ.ดร.ดอน อิศรากร
นายสองเมือง นันทขว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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
บทที่ 3 หลักการออกแบบระบบ.....	5
3.1 การเก็บข้อมูลการสันสะเทือนของบอลสกรู.....	5
3.2 การออกแบบเซ็นเซอร์โหมด.....	10
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	12
4.1 การทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์โหมด.....	12
4.2 การจัดการข้อมูลของเซ็นเซอร์โหมด.....	13
4.3 การทดสอบหาความเข้มการส่งสัญญาณของเซ็นเซอร์โหมด.....	16
4.4 การทดสอบหาการใช้พลังงานของเซ็นเซอร์โหมด.....	17
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	21
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	21
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	21
เอกสารอ้างอิง.....	22
ภาคผนวก.....	24
ภาคผนวก ก.....	25
ประวัตินักวิจัย.....	41

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 อัตราการใช้กระแสของอุปกรณ์ต่างๆในเซ็นเซอร์โหนดที่แสดงในเอกสารข้อมูล.....	18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ภาพถ่ายเครื่องตัดแบ่งยูนิทและชุดนำทางเชิงเส้นในแนวแกน X.....	1
2.1 ลักษณะสัญญาณการสั่นสะเทือนหลังผ่านการแปลงสัญญาณจากโดเมนเวลาไปยังโดเมนความถี่.....	3
2.2 ภาพถ่ายสภาพของบอลสกรูที่ถูกใช้งานเป็นเวลานานและเกิดการแตกหัก.....	4
3.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของชุดนำทางเชิงเส้น.....	5
3.2 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความเร่งที่ฐานแกนเลื่อนของชุดนำทางเชิงเส้น.....	6
3.3 ผลการวัดความเร่งของระหว่างการทำงานของฐานแกนเลื่อน โดยเครื่องที่ 49 53 และ 86 เป็นเครื่องที่บอลสกรูเริ่มเสื่อมสภาพ และเครื่อง 46 64 และ 119 เป็นเครื่องที่ยังมีสภาพปกติ.....	6
3.4 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณความเร่งขณะตัดชิ้นงาน 1 ครั้ง.....	7
3.5 ผลการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็วของสัญญาณความเร่งโดยเครื่องที่ 49 53 และ 86 เป็นเครื่องที่บอลสกรูเริ่มเสื่อมสภาพ และเครื่องที่ 46 64 และ 119 เป็นเครื่องที่ปกติ.....	8
3.6 ผลการเปรียบเทียบสัญญาณข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดความเร่งและ Spectrogram ที่ได้จากข้อมูลดังกล่าว.....	9
3.7 ข้อมูลสัญญาณและผลการแปลงฟูเรียร์เฉพาะช่วงเวลาการตัดชิ้นงานในแนวยาวจากเซ็นเซอร์วัดความเร่งของเครื่อง 49, 53 และ 86 ตามลำดับ.....	9
3.8 ภาพถ่ายเซ็นเซอร์โหนดที่สร้างขึ้น.....	11
4.1 ภาพถ่ายตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์โหนด.....	12
4.2 ผลการวัดค่าความเร่งการสั่นสะเทือนของบอลสกรูในชุดนำทางเชิงเส้น โดยเครื่อง 53, 86 เป็นเครื่องที่มีปัญหาการเสื่อมสภาพของบอลสกรู และเครื่องที่ 64 เป็นเครื่องที่สภาพปกติ.....	12
4.3 ผลการเปรียบเทียบการแปลง FFT ของการวัดการสั่นสะเทือนโดยกราฟเส้นสีน้ำเงินแสดงถึงกราฟการแปลง FFT ของเซ็นเซอร์โหนดที่สร้างขึ้น และกราฟเส้นสีแดงแสดงถึงกราฟการแปลง FFT ที่วัดได้จากการทดลองที่ผ่านมา.....	13
4.4 ขั้นตอนการประมวลผลสัญญาณของเซ็นเซอร์โหนด.....	14
4.5 ผลตอบสนองเชิงความถี่ของสมการกรองความถี่สูงผ่าน.....	14
4.6 ผลการนำข้อมูลความเร่งดิบมาผ่านสมการกรองความถี่สูงผ่านในโดเมนเวลา.....	15
4.7 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังผ่านสมการกรองความถี่สูงผ่านในโดเมนความถี่.....	15
4.8 ผลการวัดค่าเฉลี่ยกำลังสองของการสั่นสะเทือนที่บอลสกรูในเครื่องหมายเลข 64 และ 86.....	16
4.9 ผลข้อมูลค่าความเข้มของสัญญาณเทียบกับระยะทาง.....	17
4.10 วิธีการทดสอบกระแสที่เซ็นเซอร์โหนดใช้งานและผลการวัดกระแสที่เซ็นเซอร์โหนดใช้.....	18

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีการติดตามสภาพของเครื่องจักรเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ในกระบวนการการผลิตด้านอุตสาหกรรมเนื่องจากการติดตามสภาพของเครื่องจักรนั้นสามารถใช้ในการคาดการณ์การเสื่อมสภาพของเครื่องจักรซึ่งช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการลดอันตรายและความสูญเสียที่อาจเกิดจากการทำงานที่บกพร่องของเครื่องจักรได้ นอกจากนี้การติดตามสภาพของเครื่องจักรและบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างเหมาะสมสามารถช่วยในการลดผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องจากกระบวนการผลิตที่บ่อยครั้งจะกลายเป็นขยะมูลฝอยและส่งผลเสียกับสิ่งแวดล้อม ระบบติดตามสภาพเครื่องจักรที่ได้รับความสนใจและเป็นที่ยอมรับมากในปัจจุบันคือ เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network : WSN) เนื่องจากเป็นระบบที่มีความคล่องตัวสูง สะดวกในการติดตั้งบนชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาและยากแก่การติดตั้งสายไฟ ซึ่งหนึ่งในชิ้นส่วนนั้นคือบอลสกรู (Ball Screw) ที่เป็นชิ้นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งของเครื่องจักรที่ต้องการความแม่นยำในการทำงานสูง โดยทั่วไปบอลสกรูถูกใช้ในการเปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงมุมจากการหมุนของมอเตอร์เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น หากบอลสกรูที่ใช้งานนั้นเริ่มชำรุดหรือมีรอยบิ่นจะส่งผลให้ความแม่นยำในการทำงานของเครื่องจักรลดลงอย่างมากและทำให้เกิดชิ้นงานที่เสียได้ ดังนั้นหากสามารถคาดการณ์ได้ว่าบอลสกรูใกล้จะเสื่อมสภาพจะสามารถป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นได้

ระบบที่สร้างขึ้นจากงานวิจัยนี้จะนำไปทดลองใช้งานกับชุดนำทางเชิงเส้นในแนวแกน X ภายในเครื่องตัดแบ่งยูนิต (Singulation model : DFD6340) ของบริษัทยูแทคไทย จำกัด ซึ่งเป็นเครื่องที่ไว้ใช้สำหรับตัดแผ่นเวเฟอร์วงจรรวม (IC Wafer) โดยรูปของชุดนำทางเชิงเส้นในแนวแกน X และเครื่องตัดแบ่งยูนิตที่ใช้ในการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ก) เครื่องตัดแบ่งยูนิต (Singulation model : DFD6340) ข) ชุดนำทางเชิงเส้นในแนวแกน X ภายในเครื่องตัดแบ่งยูนิต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสำหรับใช้คาดการณ์ความเสียหายล่วงหน้าของบอลสกรูภายในเครื่องจักร

1.3 ขอบเขตการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบติดตามการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรโดยใช้การส่งข้อมูลแบบไร้สายเพื่อนำไปติดตามสภาพและคาดการณ์ความเสียหายล่วงหน้าของบอลสกรู

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้การศึกษาเชิงปฏิบัติการ โดยเริ่มแรกได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร บทความ งานวิจัย รายงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาระบบติดตามสภาพของเครื่องจักร จากนั้นจึงออกแบบให้ระบบมีราคาถูกและติดตั้งได้ง่าย แล้วจึงนำระบบมาทดสอบการใช้งานกับเครื่องจักรจริง เพื่อวิเคราะห์ ปรับเปลี่ยน แก้ไข ระบบให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

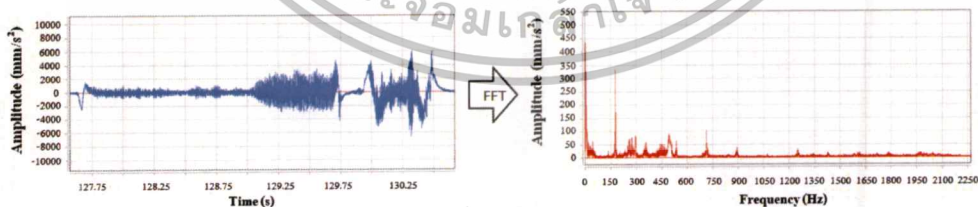
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการการผลิตและเพิ่มคุณภาพของผลผลิตให้มีมาตรฐาน อีกทั้งยังลดขยะที่เกิดจากผลผลิตที่บกพร่อง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

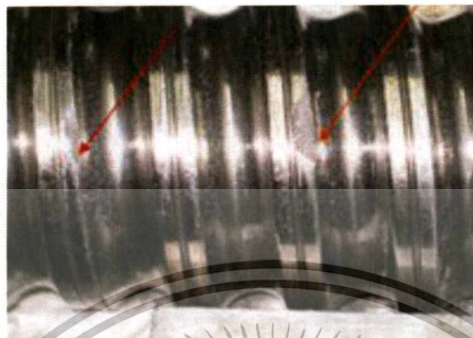
ในขณะที่เครื่องจักรทำงาน ชิ้นส่วนต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องจักรจะเกิดการเคลื่อนไหวซึ่งส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้น อย่างไรก็ตามหากชิ้นส่วนใดๆในเครื่องจักรมีการเสื่อมสภาพ การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจะมีความแตกต่างกับการสั่นสะเทือนในขณะที่เครื่องจักรมีสภาพสมบูรณ์ การสั่นสะเทือนดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุทั้งจากทางกลและทางแม่เหล็กไฟฟ้า [1] เช่น การเสียดสี การเยื้องศูนย์ของอุปกรณ์ และความไม่สมมาตรของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ เป็นต้น ความถี่ของการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจะมีความแตกต่างกันไปตามความเร็วการทำงานของอุปกรณ์และสาเหตุที่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนดังกล่าว [2,3] การวัดค่าการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรสามารถทำได้ด้วยการใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) การใช้เลเซอร์ดีอปเปลอร์ไวโบรมิเตอร์ (Laser Doppler Vibrometer) [4] และการใช้เซ็นเซอร์เสียง (Sound Pressure Transducer) [5] แต่อุปกรณ์ที่นิยมใช้มากที่สุดในการติดตามสภาพของเครื่องจักรคือการใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่ง [6] เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาต่ำ ทนต่อสภาพแวดล้อมและสามารถติดตั้งทั้งไว้ในเครื่องจักรได้ง่าย ตัวแปรที่ถูกใช้ในการวัดการสั่นสะเทือนคือ ความเร่ง ความเร็ว และระยะทางในการเคลื่อนที่ ซึ่งแต่ละตัวแปรมีช่วงการความถี่ที่เหมาะสมกับการใช้งานต่างกัน โดยการวัดความเร่งจะเหมาะกับการวัดที่ความถี่สูงและในทางตรงกันข้ามการวัดความเร็วและระยะทางจะเหมาะกับการวัดที่ความถี่ต่ำ [7] โดยส่วนมากข้อมูลที่วัดได้จากเซ็นเซอร์จะถูกนำมาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงเพื่อวิเคราะห์ถึงสภาพของชิ้นส่วนที่ถูกวัด วิธีการในการวิเคราะห์ที่มีการนำมาใช้คือการวิเคราะห์จากความน่าจะเป็น (Probabilistic Analysis) [8] การวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนเวลา (Time-Domain Signal Analysis) การวิเคราะห์รูปสัญญาณ (Waveform Analysis) [9] และการวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนความถี่ (Frequency-Domain Signal Analysis) [10,11] อย่างไรก็ตามวิธีการวิเคราะห์ที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายและชัดเจนที่สุดคือการวิเคราะห์สัญญาณในโดเมนความถี่ โดยการนำข้อมูลที่วัดได้ในโดเมนเวลามาผ่านกระบวนการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว (Fast Fourier Transform : FFT) [12] ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะสัญญาณการสั่นสะเทือนหลังผ่านการแปลงสัญญาณจากโดเมนเวลาไปยังโดเมนความถี่

ในการวัดการสั่นสะเทือนเพื่อติดตามสภาพของเครื่องจักรส่วนมากจะถูกมุ่งไปที่การวัดการสั่นสะเทือนของอุปกรณ์ที่มีการหมุนเช่น มอเตอร์ ตลับลูกปืน และกล่องเกียร์ ฯลฯ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์หลักที่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนและพบได้มากในเครื่องจักร [13] อย่างไรก็ตามงานวิจัยเกี่ยวกับการติดตามสภาพของบอลสกรูยังมีอยู่น้อยมาก [14] บอลสกรูเป็นอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่พบได้ในเครื่องจักรที่ต้องการความแม่นยำในการทำงานสูงและไวต่อการสั่นสะเทือนซึ่งเมื่อผ่านการใช้งานเป็นเวลานานโดยที่ไม่ได้มีการบำรุงรักษาที่ต่ออย่างสม่ำเสมอจะเกิดการแตกหักของบอลสกรู (รูปที่ 2.2) และมีการสั่นสะเทือนเกิดขึ้น [15] เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของเครื่องจักรอย่างมาก การติดตั้งอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
ตำแหน่งที่ติดตั้งมีผลต่อค่าที่วัดได้ การติดตั้งอุปกรณ์วัดจึงควรติดตั้งให้ใกล้จุดที่เกิดการสั่นสะเทือนมาก
ที่สุดเพื่อให้สามารถวัดข้อมูลได้ถูกต้อง ซึ่งในบางครั้งตำแหน่งที่ยากแก่การติดตั้งและเข้าถึง [16] การใช้
เซ็นเซอร์แบบไร้สายจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการติดตามสภาพของเครื่องจักร



รูปที่ 2.2 ภาพถ่ายสภาพของบอลสกรูที่ถูกใช้งานเป็นเวลานานและเกิดการแตกหัก

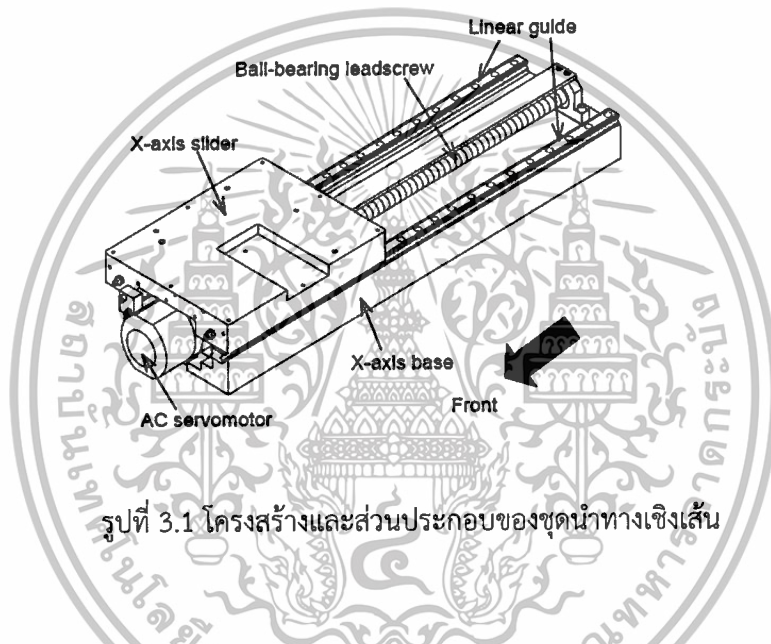


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 หลักการออกแบบระบบ

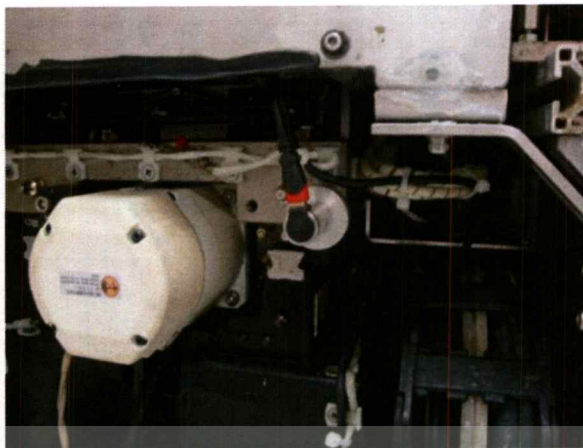
3.1. การเก็บข้อมูลการสั่นสะเทือนของบอลสกรู

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลการสั่นสะเทือนของชุดนำทางเชิงเส้น ในเครื่องจักรตัดแบ่งยูนิต (Singulation model : DFD6340) เพื่อที่จะนำข้อมูลการสั่นสะเทือนที่วัดได้มาใช้ในการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนและความเป็นไปได้ในการคาดการณ์การเสื่อมสภาพของบอลสกรูที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งของชุดนำทางเชิงเส้นดังแสดงในรูปที่ 3.1



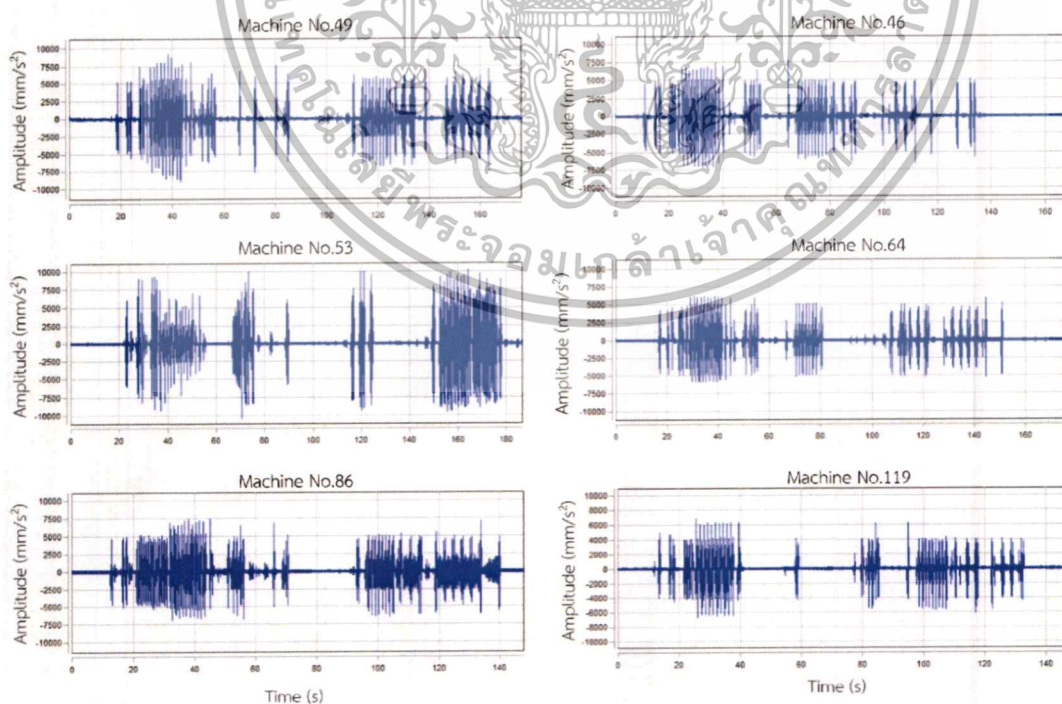
รูปที่ 3.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของชุดนำทางเชิงเส้น

ในการวัดการสั่นสะเทือนของชุดนำทางเชิงเส้นจะใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) กับโปรแกรม EI-Calc ของบริษัท ERBESSD INSTRUMENTS โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดความเร่งเข้าไปบนฐานแกนเลื่อนในแนวแกนเดียวกับการเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความเร่งที่ฐานแกนเลื่อนของชุดนำทางเชิงเส้น

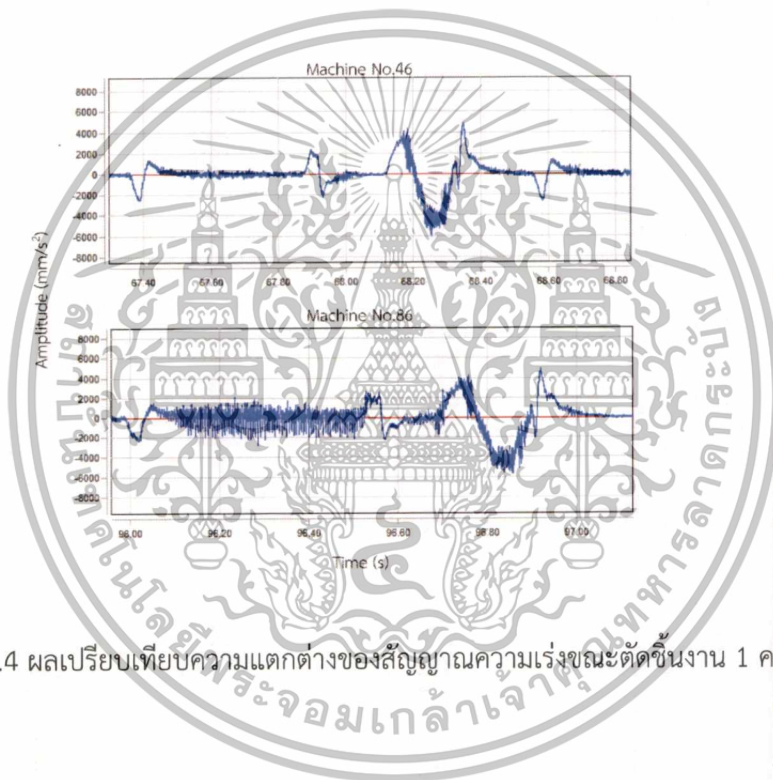
ในการวัดการสั่นสะเทือนดังกล่าวจะทำการวัดการสั่นสะเทือนในช่วงการตัดชิ้นงานแผ่นเวเฟอร์ 64L-NQFN-9x9 mm 4CH Package ด้วยความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดนำทาง 125 mm/s โดยจะทำการวัดเครื่องจักรทั้งหมด 6 เครื่อง ซึ่งแบ่งเป็นเครื่องที่บอลสกรู ยังอยู่ในสภาพปกติ 3 เครื่อง และเครื่องที่บอลสกรู เริ่มมีอาการเสื่อมสภาพ 3 เครื่อง โดยผลการวัดได้แสดงอยู่ในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ผลการวัดความเร่งของระหว่างการทำงานของฐานแกนเลื่อน โดยเครื่องที่ 49 53 และ 86 เป็น

เครื่องที่บอลสกรูเริ่มเสื่อมสภาพ และเครื่อง 46 64 และ 119 เป็นเครื่องที่ยังมีสภาพปกติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.3 เครื่องจักรที่บอลสกรูเริ่มมีเสื่อมสภาพคือเครื่องจักรหมายเลข 49, 53 และ 86 โดยเครื่องที่ 53 จะมีระดับความรุนแรงของการเสื่อมสภาพมากที่สุด ตามด้วยเครื่องที่ 49 และ 53 ตามลำดับ (แยกระดับโดยดูจากความผิดพลาดของชิ้นงานที่ตัดได้จากเครื่องนั้นๆ) ส่วน เครื่องจักรที่ยังมีสภาพปกติคือเครื่องจักรหมายเลข 46, 64 และ 119 ซึ่งจะเห็นได้ว่ายอดความเร่งของเครื่องจักรที่มีปัญหาจะมีค่าที่สูงกว่ายอดความเร่งของเครื่องจักรที่สภาพปกติ โดยความแตกต่างจะสามารถเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเมื่อดูเฉพาะช่วงความเร่งของฐานแกนเลื่อนขณะที่กำลังตัดชิ้นงาน 1 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.4

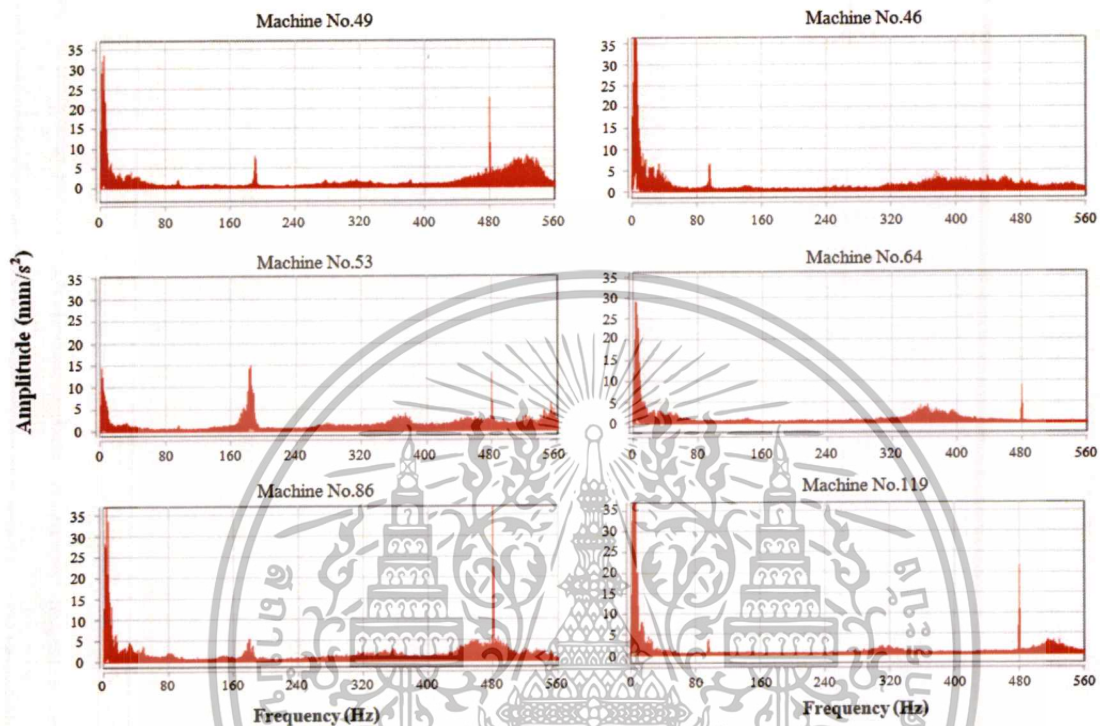


รูปที่ 3.4 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณความเร่งขณะตัดชิ้นงาน 1 ครั้ง

จากรูปเปรียบเทียบสัญญาณความเร่งขณะตัดระหว่างเครื่องที่ปกติ (เครื่อง 46) และเครื่องจักรที่บอลสกรูเริ่มเสื่อมสภาพ (เครื่อง 86) จะพบว่าเครื่องที่บอลสกรูเริ่มเสื่อมสภาพนั้นมีสัญญาณความเร่งความถี่สูงเกิดขึ้นขณะที่กำลังตัดอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งความเร่งดังกล่าวเกิดจากการที่ลูกปืนภายในบอลสกรูเคลื่อนที่ผ่านรอยแตกที่เกิดจากการทำงานอย่างต่อเนื่องของบอลสกรู ซึ่งเมื่อนำรูปสัญญาณจากรูปที่ 3.4 มาผ่านกระบวนการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว (Fast Fourier Transform : FFT) จะสามารถเห็นความถี่ที่แตกต่างกันได้ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ซึ่งจะพบว่าสัญญาณของเครื่องจักรที่เริ่มมีการเสื่อมสภาพของบอล สกรู (เครื่อง 49, 53 และ 86) มีความถี่ในช่วง 180 - 200 Hz เกิดขึ้นสูง เมื่อเทียบกับเครื่องจักรที่มีสภาพปกติ (เครื่อง 46, 64 และ 119) ที่ไม่มีความถี่ในช่วง 180 - 200 Hz เกิดขึ้นหรือมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถสรุปได้ว่าสามารถแบ่งแยกเครื่องจักรที่บอลสกรูเริ่มมีอาการเสื่อมสภาพกับเครื่องจักรที่ยังปกติโดยอาศัยการวัดความถี่ช่วง 180 – 200 Hz

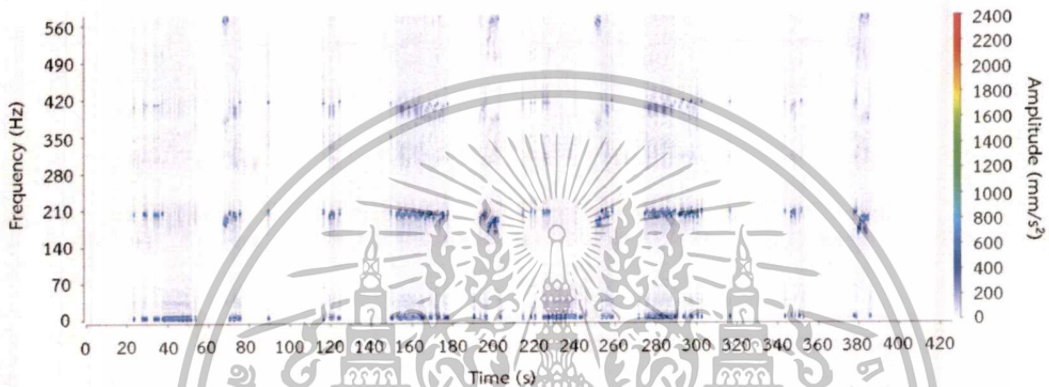


รูปที่ 3.5 ผลการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็วของสัญญาณความเร่งโดยเครื่องที่ 49 53 และ 86 เป็นเครื่องที่บอลสกรูเริ่มเสื่อมสภาพ และเครื่องที่ 46 64 และ 119 เป็นเครื่องที่ปกติ

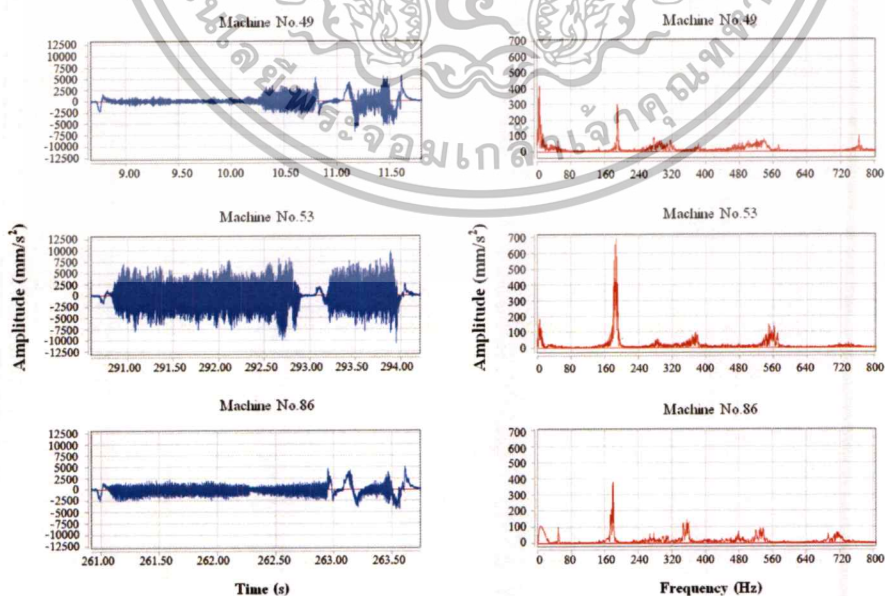
จากรูปที่ 3.5 พบว่าข้อมูลจากการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็วนอกจากจะสามารถใช้ความถี่แบ่งแยกระหว่างเครื่องที่มีปัญหาและเครื่องที่ยังปกติดีแล้ว ยังสามารถแบ่งแยกระดับความรุนแรงของการเสื่อมสภาพได้โดยอาศัยค่าแอมพลิจูดของความถี่ช่วง 180 – 200 Hz ในการแบ่งแยกได้ โดยสังเกตได้ว่าเครื่องที่ตดชิ้นงานและเกิดความผิดพลาดมากที่สุดซึ่งก็คือเครื่องที่ 53 จะมีค่าแอมพลิจูดของช่วงความถี่ 180 – 200 Hz มากที่สุด ถัดมาด้วยเครื่องที่ 49 และเครื่อง 86 ตามลำดับ

ในขั้นตอนถัดมาจะเป็นการวิเคราะห์หาช่วงเวลาที่เกิดการสั่นสะเทือนด้วยค่าความถี่ช่วง 180 – 200 Hz ในระหว่างการทำงานของเครื่อง โดยจะนำข้อมูลที่วัดได้จากเซ็นเซอร์วัดความเร่งไปทำการหา Spectrogram โดยในการทดลองได้นำข้อมูลจากเครื่องที่ 53 ซึ่งเป็นเครื่องที่มีความรุนแรงของการเสื่อมสภาพมากที่สุด โดยจากผลของ Spectrogram ที่แสดงอยู่ในรูปที่ 3.6 สามารถสังเกตได้ว่าความถี่เอกสาร์เป็นเอกสาร์ที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่าน 180 – 200 Hz นั้นจะเกิดขึ้นสูงสุดในช่วงที่มีการเคลื่อนเข้าของฐานแกนเลื่อนในแนวแกน X เพื่อนำชิ้นงานเข้าไปตัด โดยจะเห็นได้ชัดในช่วงเวลาวินาทีที่ 160 – 180 และ วินาทีที่ 285 – 305 ซึ่งเป็นการตัดแผ่นเวเฟอร์ในแนวยาวและมีการเคลื่อนที่ของฐานแกนเลื่อน เป็นระยะทางที่มากที่สุดในการทำงานของเครื่องจักรดังกล่าว ดังนั้นหากนำสัญญาณข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดความเร่งมาทำการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็วเฉพาะส่วนข้อมูลขณะที่มีการเคลื่อนเข้าของฐานแกนเลื่อนเพื่อนำชิ้นงานไปตัดในแนวยาว (รูปที่ 3.7) จะพบว่าค่าความถี่ในช่วง 180 – 200 Hz จะมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น และสามารถแยกออกจากความถี่ค่าอื่นๆได้ง่าย



รูปที่ 3.6 ผลการเปรียบเทียบสัญญาณข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดความเร่งและ Spectrogram ที่ได้จากข้อมูลดังกล่าว



รูปที่ 3.7 ข้อมูลสัญญาณและผลการแปลงฟูเรียร์เฉพาะช่วงเวลาการตัดชิ้นงานในแนวยาวจากเซ็นเซอร์วัด

ความเร่งของเครื่อง 49, 53 และ 86 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่กล่าวมาทำให้สามารถสรุปได้ว่าการเลือกใช้เซ็นเซอร์วัดความเร่งที่จะนำมาสร้างเซ็นเซอร์โหนดจะต้องมีค่าแบนด์วิดท์ (Bandwidth) สูงกว่า 200 Hz และมีความถี่ในการสุ่มตัวอย่างของข้อมูลสูงกว่า 400 Hz (ตาม Nyquist's Sampling Theorem) เพื่อให้สามารถวัดข้อมูลความถี่ที่ใช้แยกเครื่องที่มีการเชื่อมสภาพของบอลสกรูกับเครื่องที่มีสภาพปกติได้ นอกจากนี้การวัดควรเลือกช่วงเวลาในการวัดที่เหมาะสมคือช่วงเวลาที่มีการเคลื่อนที่เข้าของฐานแกนเลื่อนเพื่อนำชิ้นงานเข้าไปตัดในแนวยาวเพื่อให้ผลการแยกเครื่องที่มีปัญหาและไม่มีปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3.2 การออกแบบเซ็นเซอร์โหนด

เซ็นเซอร์โหนดที่ใช้ในการวิจัยนี้มีองค์ประกอบหลักๆประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดความเร่ง, คอนโทรลเลอร์ และโมดูลส่งข้อมูลไร้สาย โดยข้อมูลและหลักการเลือกของแต่ละอุปกรณ์มีดังนี้

3.2.1. เซ็นเซอร์วัดความเร่ง

เซ็นเซอร์วัดความเร่งที่นำมาใช้ต้องมีคุณสมบัติสอดคล้องกับข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากในขั้นตอนเก็บข้อมูล คือต้องมีค่าแบนด์วิดท์มากกว่า 200 Hz ขึ้นไปและสามารถสุ่มตัวอย่างข้อมูลได้ด้วยความถี่ที่มากกว่า 400 Hz และที่สำคัญคือใช้พลังงานในการทำงานต่ำ ซึ่งในงานวิจัยนี้เซ็นเซอร์วัดความเร่ง ADXL203 ของ Analog Device ได้ถูกนำมาใช้เนื่องจากเป็นเซ็นเซอร์วัดความเร่งที่สามารถปรับค่า แบนด์วิดท์ได้ถึง 2500 Hz มีสัญญาณเอาต์พุตเป็นสัญญาณอนาล็อก ซึ่งสามารถนำมาสุ่มตัวอย่างข้อมูลด้วยความถี่ตามที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถสุ่มได้ โดยความถี่ในการสุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ 1000 Hz หรือทุกๆ 1 มิลลิวินาที (5 เท่าของแบนด์วิดท์) และที่สำคัญคือเซ็นเซอร์ ADXL203 นี้ใช้พลังงานในการทำงานต่ำ (ประมาณ 1.65 mW ขณะทำงาน)

3.2.2. คอนโทรลเลอร์

คุณสมบัติสำคัญของคอนโทรลเลอร์ที่จะนำมาใช้คือต้องมีความสามารถในการประมวลผลที่เร็วและเพียงพอต่อความต้องการในการสุ่มตัวอย่างข้อมูลและต้องมีอัตราการใช้พลังงานต่ำ ซึ่งในงานวิจัยได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต ATMEGA168PA ของ AVR เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณสมบัติเพียงพอต่อความต้องการและใช้พลังงานต่ำ (ประมาณ 23 mW ขณะทำงานและประมาณ 5 μ W ในสภาวะประหยัดพลังงาน) โดยได้เลือกใช้คริสตัลสร้างสัญญาณนาฬิกา 16 MHz ประกอบร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้อัตราสัญญาณนาฬิกาที่เร็วพอเพื่อใช้ในการสุ่มตัวอย่างข้อมูลให้ได้ที่ 2000 Hz และนำเอาข้อมูลไปผ่านกระบวนการปรับปรุงสัญญาณ (Signal Conditioning)

3.2.3. โมดูลส่งข้อมูลไร้สาย

ในการใช้งานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในงานอุตสาหกรรม การใช้งานโมดูลส่งข้อมูลไร้สายควรให้ความสำคัญที่โปรโตคอลและเสถียรภาพในการส่งข้อมูล โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้โมดูลส่งสัญญาณไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพรโตคอล IEEE® 802.15.4 (Zigbee) ในการส่งข้อมูลเนื่องจากเป็นโพรโตคอลที่ใช้พลังงานในการส่งข้อมูลต่ำในขณะที่ระยะการส่งข้อมูลสูงกว่าโพรโตคอลอื่นๆที่ใช้พลังงานใกล้เคียงกัน และใช้พลังงานต่ำที่สุดในขณะที่อยู่ในสภาวะประหยัดพลังงาน นอกจากนี้โพรโตคอล Zigbee สามารถมีจำนวนโหนดสูงสุดในเครือข่ายได้มากกว่าโพรโตคอลอื่นๆ

จากนั้นนำเอาอุปกรณ์ที่กล่าวมาทำเป็นเซ็นเซอร์โหนดโดยทำการออกแบบให้มีขนาดเล็กเนื่องจากด้านในของเครื่องจักรตัดแบ่งยูนิทมีพื้นที่น้อย โดยเซ็นเซอร์โหนดที่ทำขึ้นมาแสดงอยู่ในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ภาพถ่ายเซ็นเซอร์โหนดที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

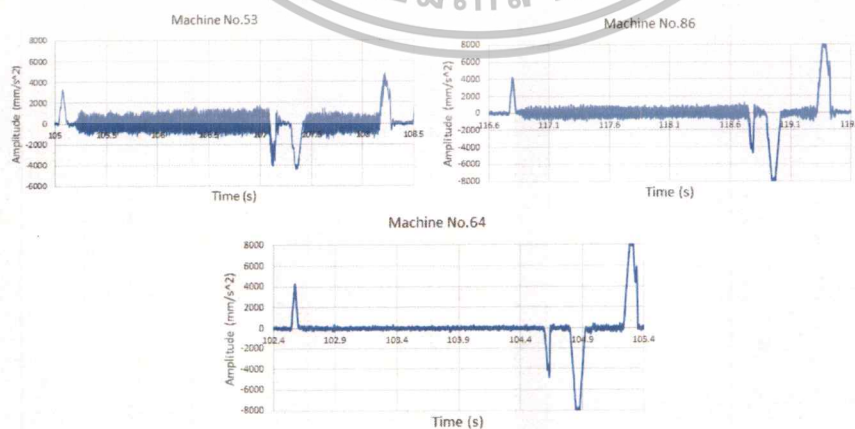
บทที่ 4 ผลการวิจัย

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์โหนดเมื่อนำไปใช้วัดการสั่นสะเทือนของเครื่องตัดแบ่งยูนิท นอกจากนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติการส่งข้อมูลของโมดูลส่งสัญญาณไร้สายและพลังงานที่เซ็นเซอร์ใช้โดยรวม

4.1 การทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์โหนด

จากงานวิจัยในขั้นตอนที่ผ่านมาซึ่งเป็นการออกแบบเซ็นเซอร์โหนดเพื่อใช้ในการวัดค่าความเร่งการสั่นสะเทือนของชุดนำทางเชิงเส้น ในขั้นตอนถัดมาจึงเป็นการนำเซ็นเซอร์โหนดไปทดลองใช้งานจริง โดยการนำเอาเซ็นเซอร์โหนดดังกล่าวไปติดตั้งไว้กับฐานแกนเลื่อนของชุดนำทางเชิงเส้น ดังแสดงใน รูปที่ 4.1 ซึ่งผลที่ได้จากการวัดค่าความเร่งการสั่นสะเทือนของบอลสกรูในชุดนำทางเชิงเส้น ในขณะที่มีการตัดชิ้นงานแผ่นเวเฟอร์ 64L-NQFN-9x9 mm 4CH Package ด้วยความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดนำทาง 125 mm/s ได้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.1 ภาพถ่ายตำแหน่งติดตั้งเซ็นเซอร์โหนด

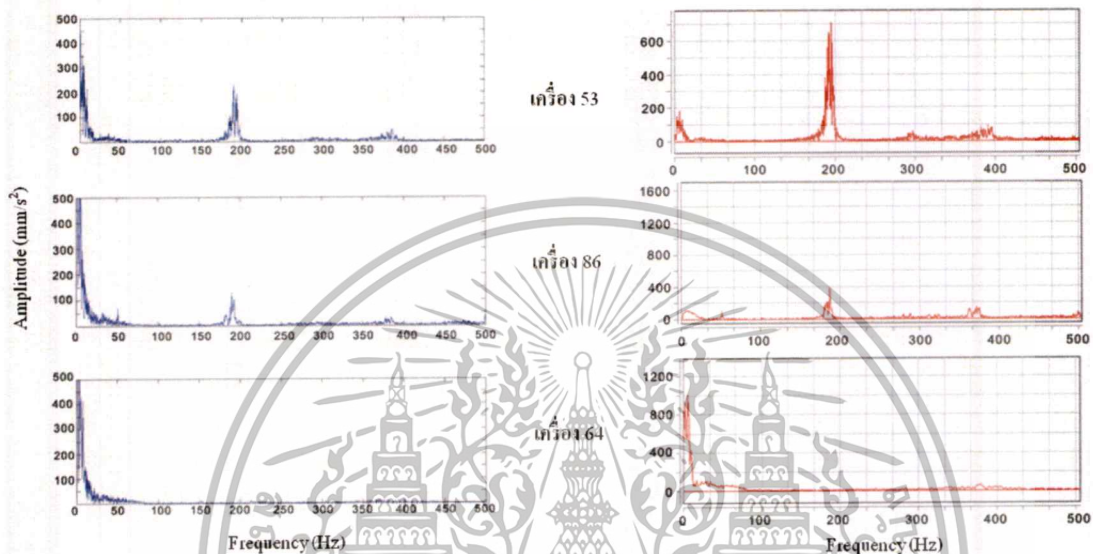


รูปที่ 4.2 ผลการวัดค่าความเร่งการสั่นสะเทือนของบอลสกรูในชุดนำทางเชิงเส้น โดยเครื่อง 53, 86 เป็น

เครื่องที่มีปัญหาการเสื่อมสภาพของบอลสกรู และเครื่องที่ 64 เป็นเครื่องที่สภาพปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจึงนำผลค่าความถี่การสั่นสะเทือนดังกล่าวที่ได้จากการวัดมาผ่านกระบวนการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว (Fast Fourier Transform : FFT) เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบกับผลการแปลง FFT ที่ได้จากการวัดค่าการสั่นสะเทือนในการทดลองก่อนๆที่ผ่านมา โดยผลการเปรียบเทียบได้แสดงในรูปที่ 4.3



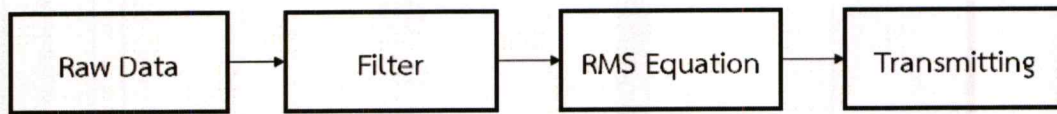
รูปที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบการแปลง FFT ของการวัดการสั่นสะเทือนโดยกราฟเส้นสีน้ำเงินแสดงถึงกราฟการแปลง FFT ของเซ็นเซอร์โหนดที่สร้างขึ้น และกราฟเส้นสีแดงแสดงถึงกราฟการแปลง FFT ที่วัดได้จากการทดลองที่ผ่านมา

จากรูปที่ 4.3 จะสามารถสังเกตเห็นได้ว่าขนาด (Amplitude) ของการสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่ำมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากการวัดด้วยเซ็นเซอร์ที่สร้างขึ้นมีค่า Offset DC จึงทำให้เกิดขนาดการสั่นที่ความถี่ 0 Hz (DC) ติดมาด้วย แต่ผลค่าความถี่การสั่นสะเทือนในย่าน 150 – 200 Hz ที่จะนำมาใช้ในการบ่งบอกการเสื่อมสภาพของบอลสกรูมีค่าใกล้เคียงกัน (แตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากผลของแบนด์วิดท์ของเซ็นเซอร์)

4.2 การจัดการข้อมูลของเซ็นเซอร์โหนด

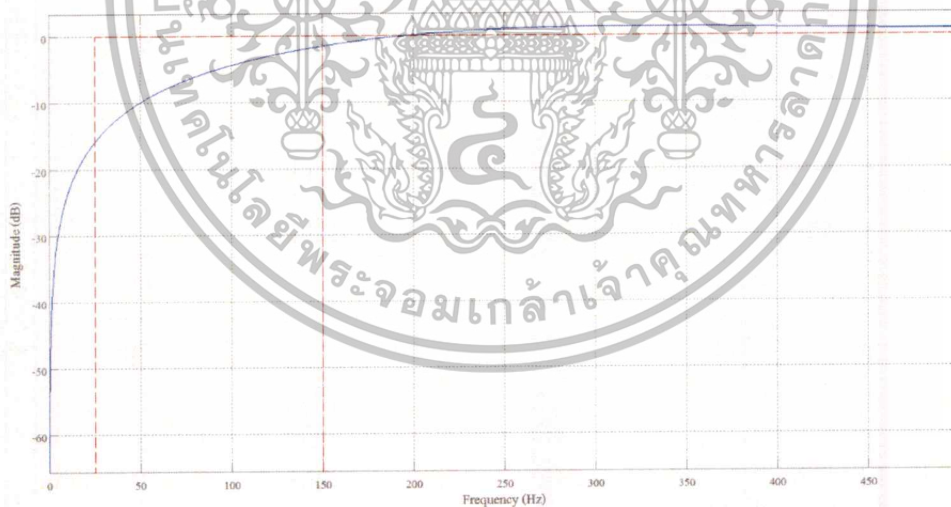
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเอาข้อมูลความถี่การสั่นสะเทือนดิบที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ที่สร้างขึ้น มาปรับปรุงสัญญาณเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถแบ่งแยกว่าบอลสกรูใดเริ่มมีการเสื่อมสภาพ โดยขั้นตอนการประมวลผลได้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

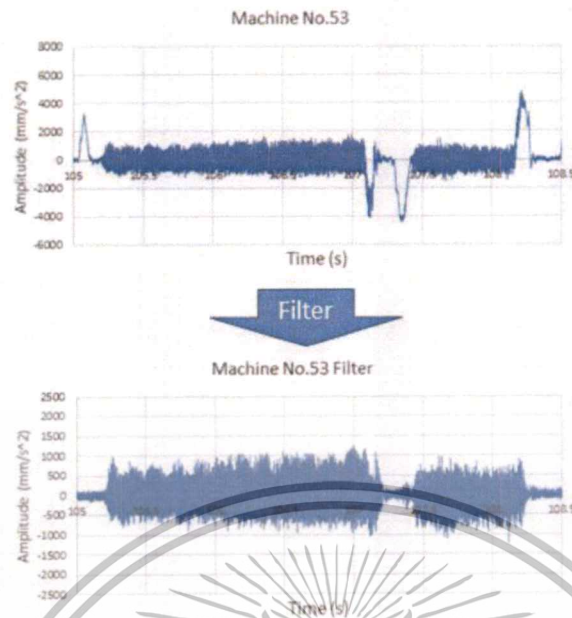


รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการประมวลผลสัญญาณของเซ็นเซอร์โหนด

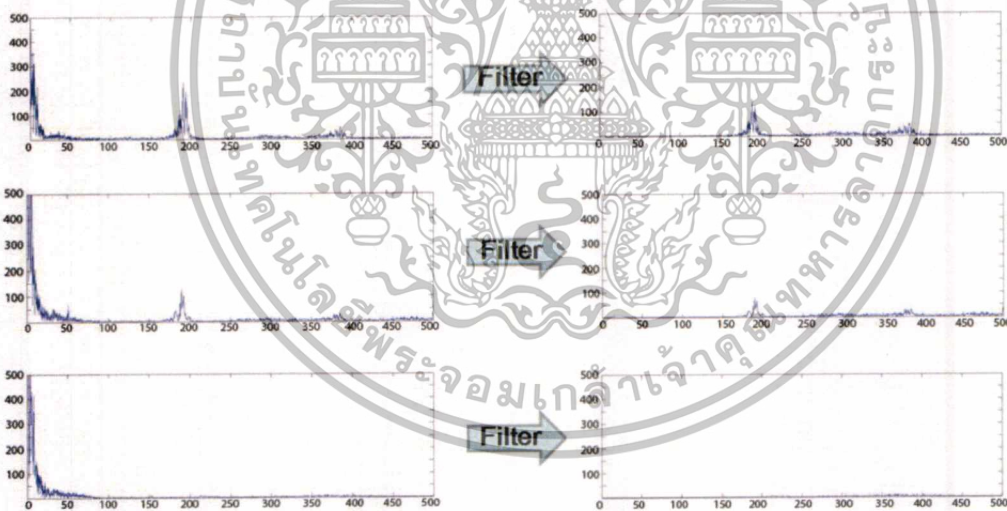
ในขั้นตอนแรกการประมวลผลสัญญาณทำโดยการนำมาผ่านสมการกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) เนื่องจากตัวเซ็นเซอร์นั้นมีแบนด์วิดท์ซึ่งทำหน้าที่คล้ายเป็นตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) ในตัวเองอยู่แล้ว โดยสมการกรองความถี่สูงผ่านได้ใช้เป็นตัวกรองดิจิทัลลำดับสามความถี่สูงผ่านแบบ FIR (Digital FIR-High Pass Filter order 3th) ที่มีผลตอบสนองเชิงความถี่ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และผลที่ได้หลังจากนำข้อมูลดิบผ่านสมการดังกล่าวได้แสดงอยู่ในรูปที่ 4.6 และผลการเปรียบเทียบข้อมูลในโดเมนความถี่แสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.5 ผลตอบสนองเชิงความถี่ของสมการกรองความถี่สูงผ่าน



รูปที่ 4.6 ผลการนำข้อมูลความเร่งดิบมาผ่านสมการกรองความถี่สูงผ่านในโดเมนเวลา



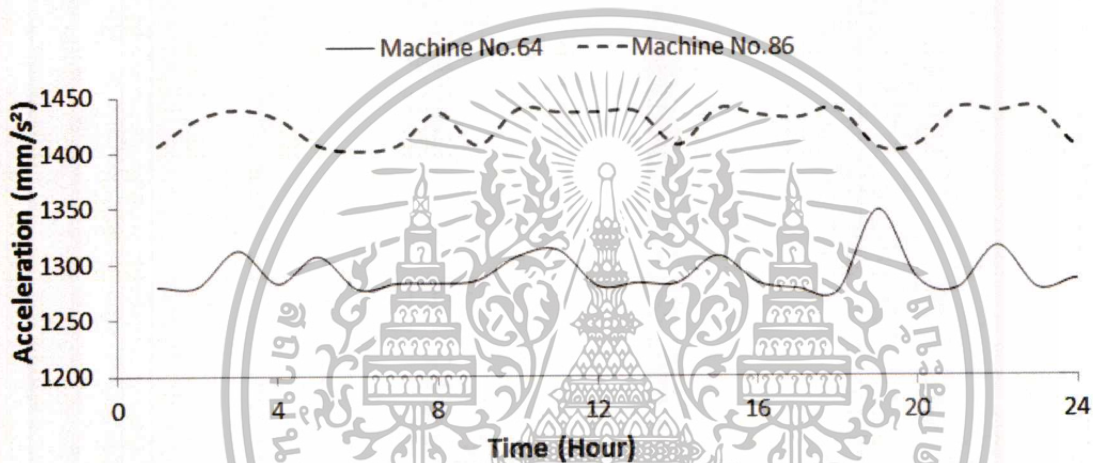
รูปที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังผ่านสมการกรองความถี่สูงผ่านในโดเมนความถี่

จากรูปที่ 4.7 จะพบว่าหลังผ่านสมการกรองความถี่สูงผ่านแล้วข้อมูลที่ได้ออกจะถูกตัดความถี่ต่ำออกไป และเหลือเฉพาะค่าความถี่ในช่วง 150 – 200 Hz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่จะใช้ในการแบ่งแยกเครื่องที่มีปัญหา บอลสกรูเสื่อมสภาพ สังเกตจากเครื่องที่ 64 ซึ่งเป็นเครื่องที่บอลสกรูมีสภาพปกติดีหลังจาก High

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pass Filter แล้วจะพบว่ามีความถี่ในการสั่นสะเทือนต่าง ๆ น้อยมากเนื่องจากไม่มีความถี่ที่เกิดขึ้นจากการเสื่อมสภาพของบอลสกรู

ในขั้นตอนถัดไปเป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการผ่านสมการกรองความถี่สูงเข้ามาเข้าสมการเพื่อหาค่าเฉลี่ยกำลังสอง (RMS) โดยจะทำการเก็บข้อมูลจำนวน 1000 ข้อมูลแล้วนำมาหาค่า RMS ตามเวลาจริงทุกๆ 1 วินาที (ค่าความถี่การเก็บข้อมูล 1000 Hz) โดยผลที่ได้จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผลให้ผู้ใช้งาน ในรูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่างการวัดการสั่นสะเทือนจากเครื่องจักรที่บอลสกรูมีปัญหาและไม่มีปัญหา

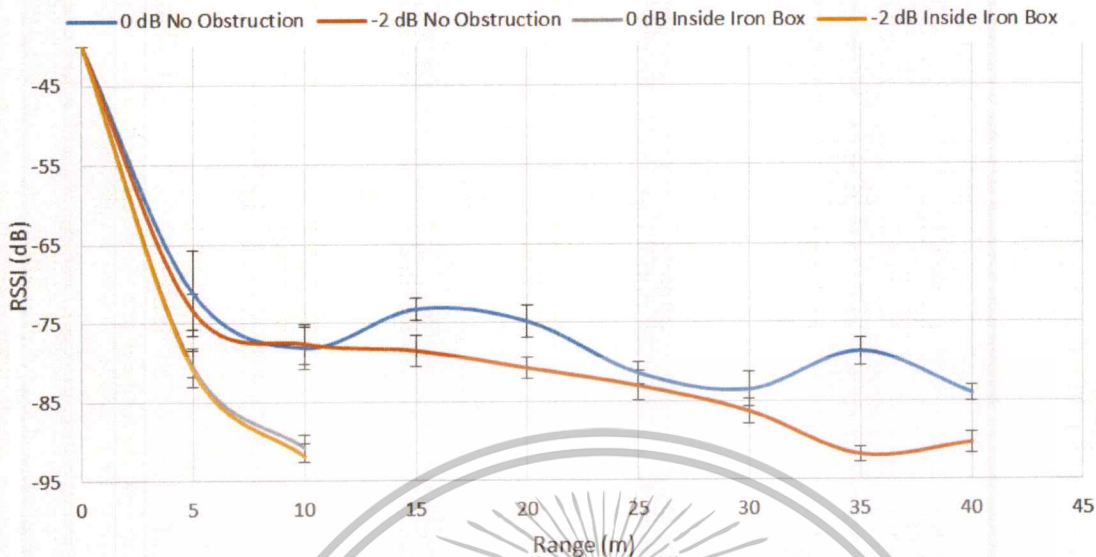


รูปที่ 4.8 ผลการวัดค่าเฉลี่ยกำลังสองของการสั่นสะเทือนที่บอลสกรูในเครื่องหมายเลข 64 และ 86

4.3 การทดสอบหาความเข้มการส่งสัญญาณของเซ็นเซอร์โหนด

ขั้นตอนถัดไปเป็นการทดสอบหาความเข้มสัญญาณ (Receive Signal Strength Indicator : RSSI) ของโมดูลส่งสัญญาณไร้สายเพื่อที่จะหาระยะทางที่เหมาะสมในการวางเซ็นเซอร์โหนดโดยที่ยังสามารถส่งข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดสอบทำโดยการนำเอาโมดูลส่งสัญญาณไร้สาย Xbee Series 2 จำนวน 2 ตัวมาต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องและนำไปไว้ในระยะที่ต่างๆในทีโล่ง คือ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 และ 40 เมตรตามลำดับ และเนื่องจากเครื่องจักรตัดแบ่งยูนิทมีโครงเป็นโลหะซึ่งทำให้คลื่นวิทยุผ่านได้ยากถัดมาจึงต้องทดสอบโดยนำโมดูลส่งสัญญาณใส่ไว้ในกล่องโลหะ และทดสอบส่งข้อมูลโดยใช้ระยะต่างๆ เท่ากับการทดสอบครั้งแรก ในการทดสอบจะทดสอบโดยปรับกำลังส่งของโมดูลส่งสัญญาณไร้สายไว้ที่ 0 dB และ -2 dB ตามลำดับ โดยผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.9

Xbee RSSI vs. Range



รูปที่ 4.9 ผลข้อมูลค่าความเข้มของสัญญาณเทียบกับระยะทาง

จากรูปที่ 4.9 พบว่า ค่าความเข้มของสัญญาณมีลักษณะแปรผกผันกับระยะทาง ยิ่งระยะทางระหว่างโมดูลส่งและโมดูลรับมากขึ้นค่าความเข้มของสัญญาณยิ่งลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเข้มสัญญาณของการส่งข้อมูลผ่านกล่องเหล็กมีค่าต่ำกว่าความเข้มสัญญาณการส่งข้อมูลในที่โล่งมาก และที่ระยะมากกว่า 10 เมตร การส่งข้อมูลผ่านกล่องเหล็กมีการสูญหายของข้อมูลมากกว่า 90% จึงสามารถสรุปได้ว่า ระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์โหนด ในการส่งข้อมูลผ่านกล่องเหล็กควรมีค่าน้อยกว่า 10 เมตร เพื่อให้ไม่มีการสูญหายของข้อมูลที่ต้องการจะส่ง

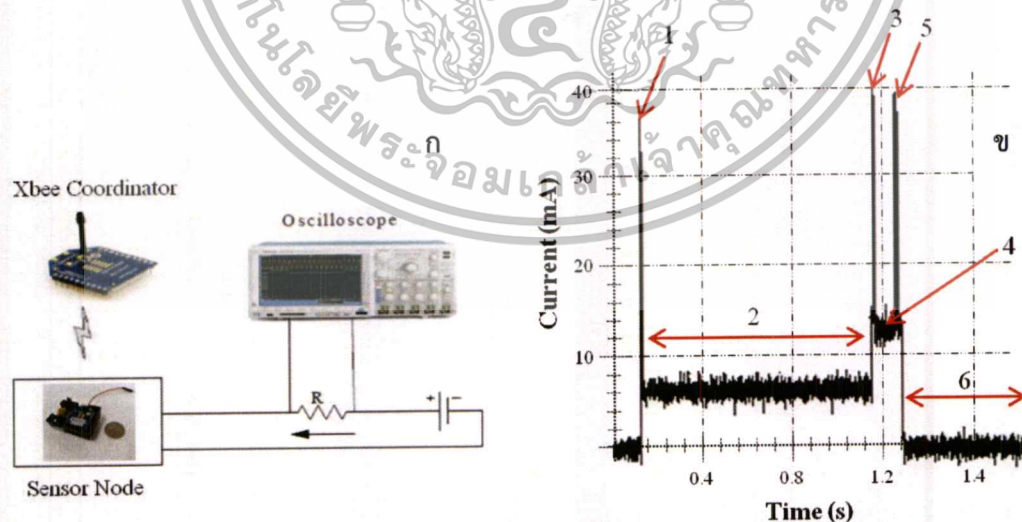
4.4 การทดสอบหาการใช้พลังงานของเซ็นเซอร์โหนด

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำเอาเซ็นเซอร์โหนดที่สร้างขึ้นมาทดสอบหาอัตราการใช้พลังงานของเซ็นเซอร์โหนดโดยจะทำการคำนวณหาพลังงานที่ใช้จากค่ากระแสที่วัดได้และเปรียบเทียบกับเอกสารข้อมูล (Datasheet) ของอุปกรณ์ ซึ่งจากเอกสารข้อมูลของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ได้แสดงอัตราการใช้กระแสในสถานะต่างๆไว้ดังในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อัตราการใช้กระแสของอุปกรณ์ต่างๆในเซ็นเซอร์โหนดที่แสดงในเอกสารข้อมูล

Device		Current Consumption
Zigbee (Xbee Series 2)	Idle mode ($I_{z,i}$)	10 mA
	Listen and Transmission ($I_{z,t}$)	40 mA
	Hibernate ($I_{z,h}$)	1 μ A
Microcontroller (ATMEGA168)	Supply Current ($I_{m,t}$)	6 mA @ 16Mhz
	Hibernate Current ($I_{m,h}$)	1.6 μ A
Sensor (ADXL203)	Sensor Supply Current (I_s)	700 μ A

ในการทดสอบหาค่ากระแสที่ใช้จะทำการต่อตัวต้านทานอนุกรมกับเซ็นเซอร์โหนดและวัดค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (รูปที่ 4.10(ก)) จากนั้นใช้กฎของโอห์มเพื่อคำนวณหากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน ซึ่งจะมีค่าเท่ากับกระแสที่เซ็นเซอร์โหนดใช้งาน โดยผลการวัดค่ากระแสดังกล่าวถูกแสดงไว้ในรูปที่ 4.10(ข)



รูปที่ 4.10 ก) วิธีการทดสอบหากระแสที่เซ็นเซอร์โหนดใช้งาน ข) ผลการวัดค่ากระแสที่เซ็นเซอร์โหนดใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.10(ข) จะพบว่าเซ็นเซอร์โหนดมีช่วงการทำงานแบ่งออกได้เป็น 6 ช่วงที่มีอัตราการใช้งานกระแสแตกต่างกันคือ

ช่วงที่ 1 ช่วงไมโครคอนโทรลเลอร์ตื่นจากสภาวะจากสภาวะประหยัดพลังงาน

ช่วงนี้จะเป็นช่วงที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เปลี่ยนสภาวะจากสภาวะประหยัดพลังงานเป็นสภาวะทำงาน (Active Mode) ซึ่งทำให้เกิดการไหลของกระแสสูงในระยะเวลาสั้นๆ

ช่วงที่ 2 ช่วงไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการวัดข้อมูล

ช่วงนี้จะเป็นช่วงที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะทำงาน ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งไฟไปเลี้ยงเซ็นเซอร์วัดความแรงเพื่อให้เซ็นเซอร์วัดความแรงทำงานและทำการวัดข้อมูล ในช่วงนี้กระแสไฟที่เซ็นเซอร์โหนดต้องการที่วัดได้มีค่าอยู่ที่ประมาณ 6.74 mA ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลอัตราการใช้กระแสที่ได้จากเอกสารข้อมูล ระยะเวลาที่เซ็นเซอร์โหนดอยู่ในช่วงนี้คือ 1.05 วินาที

ช่วงที่ 3 ช่วงโมดูลส่งสัญญาณไร้สายตื่นจากสภาวะประหยัดพลังงาน

ช่วงนี้จะเป็นช่วงที่โมดูลส่งสัญญาณไร้สายเปลี่ยนจากสภาวะประหยัดพลังงานเป็นสภาวะเตรียมรับส่งข้อมูล (Idle Mode) ซึ่งในช่วงนี้จะมีการใช้กระแสสูงในระยะเวลาสั้นๆ

ช่วงที่ 4 ช่วงโมดูลส่งสัญญาณไร้สายเตรียมรับส่งข้อมูล

ในช่วงนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการหยุดการจ่ายไฟไปยังเซ็นเซอร์วัดความแรงเพื่อลดการใช้กระแส และทำการส่งข้อมูลที่วัดได้เข้าไปยังบัฟเฟอร์ของโมดูลส่งสัญญาณไร้สายเพื่อให้โมดูลส่งสัญญาณไร้สายเตรียมส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ ในช่วงนี้กระแสไฟที่เซ็นเซอร์โหนดต้องการที่วัดได้มีค่าอยู่ที่ประมาณ 14 mA ซึ่งมีค่าน้อยกว่าข้อมูลอัตราการใช้กระแสที่ได้จากเอกสารข้อมูลอยู่ประมาณ 2.7 mA ระยะเวลาที่เซ็นเซอร์โหนดอยู่ในช่วงนี้อยู่ที่ประมาณ 150 ms

ช่วงที่ 5 ช่วงโมดูลส่งสัญญาณไร้สายส่งข้อมูล

ในช่วงนี้โมดูลส่งสัญญาณไร้สายจะทำการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ โดยทำการส่งข้อมูล 1 ไบต์ ซึ่งใช้เวลาในการส่งประมาณ 6 ms อัตราการใช้กระแสไฟของเซ็นเซอร์โหนดในช่วงนี้ที่วัดได้คือประมาณ 39 mA ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอัตราการใช้กระแสที่ได้จากเอกสารข้อมูลอยู่ประมาณ 7 mA

ช่วงที่ 6 ช่วงเข้าสู่สภาวะประหยัดพลังงาน

ในช่วงนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลส่งสัญญาณไร้สายจะเปลี่ยนสภาวะไปอยู่ในสภาวะประหยัดพลังงานเพื่อลดอัตราการใช้กระแส โดยในช่วงนี้อัตราการใช้กระแสที่วัดได้มีค่าอยู่ที่ 6.5 μ A ในขณะที่ Watchdog Timer ทำงานและ 2.6 μ A ในขณะที่ Watchdog Timer ไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟในรูปที่ 3.19(ข) สามารถนำมาใช้หาค่ากระแสเฉลี่ยได้โดยการหาค่าประจุ (พื้นที่ใต้กราฟ กระแส - เวลา) แล้วนำไปหารด้วยเวลาทั้งหมด ซึ่งจะได้ว่าค่ากระแสเฉลี่ยมีค่าอยู่ที่ 7.97 mA ในกรณีนี้ที่ใช้แรงดัน 3.3V จะทำให้สามารถหาค่าพลังงานเฉลี่ยที่เซ็นเซอร์โหนดใช้งานได้ว่ามีค่าประมาณ 26.3 mW



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองระบบติดตามสภาพของเครื่องจักรโดยใช้การวัดการสั่นสะเทือนแล้วส่งข้อมูลแบบไร้สายเข้าคอมพิวเตอร์สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- 5.1.1. การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากการที่บอลสกรูเสื่อมสภาพจะมีค่าการสั่นสะเทือนที่ความถี่ย่าน 150 – 200 Hz สูงกว่าเครื่องที่มีสภาพปกติ
- 5.1.2. เพื่อให้ระบบมีการใช้พลังงานต่ำที่สุดการส่งข้อมูลผ่านการส่งแบบไร้สาย ข้อมูลดิบที่ได้จากเซ็นเซอร์จะถูกประมวลผลเป็นค่า RMS เพื่อลดปริมาณข้อมูลที่ ต้องส่งลง
- 5.1.3. ระบบสามารถแยกเครื่องจักรที่บอลสกรูเริ่มเสื่อมสภาพกับเครื่องจักรที่บอลสกรูสภาพปกติได้ โดยเครื่องที่บอลสกรูเสื่อมสภาพจะมีค่าการสั่นสะเทือน RMS อยู่ในช่วง 1400 – 1450 mm/s² และเครื่องที่มีสภาพปกติจะมีการสั่นสะเทือน RMS อยู่ในช่วง 1250 – 1300 mm/s²
- 5.1.4. ระบบสามารถส่งข้อมูลเป็นระยะไกลที่สุดที่ 40 เมตร ในสภาพการใช้งานภายในอาคารที่ไม่มีสิ่งกีดขวางและส่งข้อมูลได้ไกลสุด 10 เมตรเมื่อมีสิ่งกีดขวาง
- 5.1.5. พลังงานเฉลี่ยที่ระบบใช้ในการส่งข้อมูลคือ 26.3 mW

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองพบว่าระบบติดตามสภาพเครื่องจักรสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบสภาพของบอลสกรูภายในเครื่องตัดแบ่งยูนิทที่นำมาใช้ทดลองได้ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวควรนำไปใช้ทดลองเพิ่มกับเครื่องจักรชนิดอื่นด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Michael J. Costello, "Understanding The Vibration Forces in Induction Motor", Proceedings of the Nineteenth Turbomachinery Symposium, pp. 67 – 76.
- [2] Glenn H. Bate, "Vibration Diagnostics for Industrial Electric Motor Drives", Application Note Bruel&Kjaer.
- [3] Dennis H. Shreve, "Introduction to Vibration Technology", IRD Mechanalysis, Inc., 1994.
- [4] Hani H. Nassif, Mayrai Gindy, Joe Davis, "Comparison of laser Doppler vibrometer with contact sensors for monitoring bridge deflection and vibration", NDT & E International, Volume 38, Issue 3, pp. 213 – 218, April 2005.
- [5] R. B. W. Heng and M. J. M. Nor, "Statistical Analysis of Sound and Vibration Signals for Monitoring Rolling Element Bearing Condition", Applied Acoustics, Vol. 53, No. 1-3, pp. 211 – 226, 1998.
- [6] Commtest Instruments, "Beginner's Guide to Machine Vibration", Commtest Instruments Ltd.
- [7] Bruel&Kjaer, "Measuring Vibration", Bruel&Kjaer, September 1982.
- [8] H. Ohta and N. Sugimoto, "Vibration Characteristics of Tempered Roller Bearings", Journal of Sound and Vibration, vol. 190, pp. 137 – 147, 1996.
- [9] J. I. Taylor, "The Vibration Analysis Handbook, first edition", Vibration Consultants Inc, 1994.
- [10] Bo Li, Gregory Goddu, Mo-Yuen Chow, "Detection of Common Motor Bearing Faults Using Frequency-Domain Vibration Signals and a Neural Network Based Approach", Proceedings of the American Control Conference, pp. 2032 – 2036, June 1998.
- [11] S. A. McInerney and Y. Dai, "Basic Vibration Signal Processing for Bearing Fault Detection", IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION, VOL.46, NO. 1, pp. 149 – 156, February 2003.
- [12] Y. T. Su and S. J. Lin, "On initial fault detection of a tapered roller bearing: Frequency domain analysis", Journal of Sound and Vibration, Vol. 155, Issue 1, pp. 75 – 84, May 1992.
- [13] K. N. EDE and *et al.*, "Vibration Monitoring of Rotating Systems", Scientific Research Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 46 – 54, January 2010.
- [14] Guo-Hua Feng, Yi-Lu Pan, "Establishing a cost-effective sensing system and signal Processing method to diagnose preload levels of ball screws", Mechanical Systems and Signal Processing, pp. 78 – 88, 2012.

[15] Min-Chi Chang and *et al.*, “Fractal Analysis for Vibrational Signals Created in a Ball-Screw Machine Operating in Short- and Long-Range Tribological Tests”, *Journal of Tribology*, Vol. 135, July 2013.

[16] Hans-Christian Mohring Oliver Bertram, “Integrated autonomous monitoring of ball screw drives”, *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, pp. 355 – 358, 2012.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 รอบ 6 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2558

แหล่งงบประมาณแผ่นดิน(แบบปกติ) แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ระบบติดตามสภาพเครื่องจักรเพื่อคาดการณ์การบำรุงรักษาล่วงหน้า

(ภาษาอังกฤษ) Machine Condition Monitoring System for Preventive Maintenance

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) ผศ.ดร.ดอน อิศราว

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี เดือนตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 50,000 บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ด/ป) 1 ตุลาคม 2557

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร:ค่าจ้างชั่วคราว			
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน			
ค่าใช้สอย	5,000	5,000	0
ค่าวัสดุ	45,000	45,000	0
ค่าสาธารณูปโภค			
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์			
รวม	50,000	50,000	0

(นพ.ดร.ดอน อิศราว)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน
28 / 10 / 58

()
ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

หมายเหตุ : นักวิจัยหรือเจ้าหน้าที่การเงินสามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมข้อความได้ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับการดำเนินงาน อาทิเช่น นักวิจัยอยู่ระหว่างการดำเนินการเคลียร์ด้านเอกสารทางการเงิน หรือข้อความอื่นๆ

ประวัติคณะผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)สองเมือง นันทขว้าง.....

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)..... Mr. Songmoung Nundrakwang.....

ตำแหน่ง.....อาจารย์.....

ประวัติการศึกษาสูงสุด

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
M.Eng.	Control Engineering	KMITL	2005
B.Eng.	Control Engineering	KMITL	2003

ประสบการณ์วิจัยหรือสาขาที่ชำนาญ..... Machine Design, Mechatronic System Modeling, Control Systems.....

ผลงานวิจัย

- 2012 ผู้ร่วมวิจัย “การออกแบบและพัฒนารถเข็นผู้ป่วยไฟฟ้าแบบปรับยีนได้”
งบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2556
- 2012 ผู้ร่วมวิจัย “ระบบผลิตพลังงานแบบพึ่งพาตัวเองสำหรับการตรวจติดตาม
สภาพของเครื่องจักร” งบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี
2556
- 2012 หัวหน้าโครงการวิจัย “การออกแบบและพัฒนาชุดคิทหุ่นยนต์ราคาถูก
สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา” งบประมาณเงินรายได้คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2556
- 2012 หัวหน้าโครงการวิจัย “การออกแบบและพัฒนาชุดทดลองเรื่องระบบเก็บ
เกี่ยวพลังงานลมสำหรับเด็ก” งบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์
ประจำปี 2556
- 2006-2012 ผู้ร่วมโครงการวิจัย UEC – KMITL IT Crossover Mechatro Remote
Control Project

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)ดอน อิศรากร.....

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ).....Dr. Don Isarakorn.....

ตำแหน่ง.....อาจารย์.....

ประวัติการศึกษาสูงสุด

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
Ph.D.	Microsystems and Microelectronics	Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Switzerland	2011
M.Eng.	Control Engineering	KMITL	2003
B.Eng.	Electronics Engineering	KMITL	2000

ประสบการณ์วิจัยหรือสาขาที่ชำนาญ..... Microsensors and microactuators..... Piezoelectric materials for sensing and actuating applications, MEMS process development..... Energy harvesting systems, PowerMEMS.....

ผลงานวิจัย

- 2012 หัวหน้าโครงการวิจัย “ระบบฐานข้อมูลภาพถ่ายและซอฟต์แวร์คัดกรองผู้ป่วยเบาหวานเข้าจอตาเบื้องต้นโดยการใช้ภาพถ่ายจอตา” ทุนนักวิจัยใหม่ (วท.) ประจำปี 2555
- 2012 หัวหน้าโครงการวิจัย “การออกแบบและพัฒนาารถเข็นผู้ป่วยไฟฟ้าแบบปรับเปลี่ยนได้” งบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2556
- 2012 หัวหน้าโครงการวิจัย “ระบบผลิตพลังงานแบบพึ่งพาตัวเองสำหรับการตรวจติดตามสภาพของเครื่องจักร” งบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2556
- 2012 ผู้ร่วมวิจัย “การออกแบบและพัฒนาชุดคิพหุ่นยนต์ราคาถูกลำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา” งบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2556
- 2012 ผู้ร่วมวิจัย “การออกแบบและพัฒนาชุดทดลองเรื่องระบบเก็บเกี่ยวพลังงานลมสำหรับเด็ก” งบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2556
- 2010-2011 ผู้ร่วมวิจัย “Si- μ Scalpel – Micromachined Ultrasonic Scalpel for CMF and Plastic Surgery,” The Commission for Technology and Innovation CTI, Switzerland

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2010 ผู้ร่วมวิจัย “Electronic materials for energy systems and other applications,” NCCR-MaNEP of the Swiss National Science Foundation, Switzerland
- 2006-2010 ผู้ร่วมวิจัย “MEMS fabrication based on epitaxial piezoelectric thin films on silicon,” NCCR-MaNEP of the Swiss National Science Foundation, Switzerland
- 2005-2007 ผู้ร่วมวิจัย “Cross-over IT Mechatronics Contest Between KMITL and UEC,” GP-UEC Project, Japan
- 2005 หัวหน้าโครงการวิจัย “Design of Micro Manipulator by Using Stick-Slip Motors,” Faculty of Engineering, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang
- 2005 หัวหน้าโครงการวิจัย “Design of Micro Robot for Micro/Nano Applications,” Faculty of Engineering, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang
- 2004 ผู้ร่วมวิจัย “Development of Control System for Multiple Autonomous Robots,” Faculty of Engineering, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang
- 2004 ผู้ร่วมวิจัย “Electrochemical-Metallizing Power Supply,” Research Center for Communications and Information Technology, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang
- 2003 ผู้ร่วมวิจัย “Speed and Position Control of Ultrasonic Motor using PDFF Controller Designed by Coefficient Diagram Method,” Research Center for Communications and Information Technology, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang