

# สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญเรื่อง

สารบัญตาราง

สารบัญรูป

บทคัดย่อ

บทที่ 1 บทนำ

- |  |   |
|--|---|
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย                   | 3 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย                              | 5 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย                                    | 5 |
| 1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย | 5 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                                | 7 |

บทที่ 2 ทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

- |  |    |
|--|----|
| 2.1 ตลับลูกปืน   | 8  |
| 2.2 การสั่นสะเทือนและการวิเคราะห์สัญญาณ                                    | 9  |
| 2.3 ตัวแปลที่มีผลกระทบต่ออายุการใช้งานของตลับลูกปืน                        | 15 |
| 2.4 การใช้สัญญาณ Demodulation Enveloping วิเคราะห์ความเสียหายของตลับลูกปืน | 17 |
| 2.5 ทบทวนวรรณกรรม  | 19 |

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

- |   |    |
|---|----|
| 3.1 การจำแนกและวิเคราะห์ความเสียหายเพื่อประเมินหาอายุการใช้งานของตลับลูกปืน | 24 |
| 3.2 การจำแนกระดับความเสียหาย  | 25 |
| 3.3 วิธีการดำเนินงานในการจำแนกความเสียหาย                                   | 26 |
| 3.4 การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน (Vibration Analysis)                         | 26 |
| 3.5 วิธีดำเนินการวัดการสั่นสะเทือน  | 27 |
| 3.6 การวัดการสั่นสะเทือน  | 29 |

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 สัญญาณความถี่จากการวัด	31
3.8 การวิเคราะห์ความเสียหาย	32
3.9 การออกแบบเครื่องทดสอบตลับลูกปืนแบบรับแรงในแนวรัศมีและแนวแกน	32
<b>บทที่ 4 การทดสอบและผลการวิจัย</b>	
4.1 การจำแนกและวิเคราะห์ความเสียหายเพื่อประเมินหาอายุการใช้งานของตลับลูกปืน	38
4.2 การวิเคราะห์ความเสียหายและประเมินหาอายุการใช้งาน	41
4.3 ขั้นตอนการจัดทำเครื่องทดสอบตลับลูกปืน	49
<b>บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 บทสรุป	52
5.2 ข้อเสนอแนะ	53
บรรณานุกรม	54
ประวัตินักวิจัย	ก-1

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการวัดตลับลูกปืน	31
2 แสดงอายุการใช้งานที่เหลืออยู่หรือระยะทางที่ใช้ได้อีกหลังจากผ่านการบำรุงรักษา	38
3 แสดงค่าการสั่นสะเทือนของตลับลูกปืนในหน่วยความเร็ว (mm/s) ของ Class ต่างๆ	41
4 แสดงการคำนวณหาค่าความถี่ในชิ้นส่วนต่างๆของตลับลูกปืน	44
5 แสดงค่าจากการวัดการสั่นสะเทือนของตลับลูกปืนที่เกิดความเสียหายก่อนและ หลังการบำรุงรักษา โดยมีหน่วยเป็น mg (หน่วยความเร่ง)	48
6 ค่าที่ได้จากการทดลองเครื่องทดสอบตลับลูกปืนแบบรับแรงกระทำในแนวรัศมี และแรงกระทำในแนวแกนที่ค่าคงที่ 1,000 นิวตัน	51

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 แสดงรูปปรดไฟฟ้าของ BTS	4
2 แสดงคลัทช์ลูกปืนล้อรถไฟฟ้า	4
3 แสดงลักษณะตัวเพลาล้อรถไฟฟ้า	6
4 แสดงการรับแรงของคลัทช์ลูกปืน	6
5 แสดงลักษณะการรับแรงของคลัทช์ลูกปืน	8
6 แสดงลักษณะของคลัทช์ลูกปืนกาบ	8
7 แสดงลักษณะของคลัทช์ลูกปืนแบบลูกกลิ้ง	9
8 แสดงลักษณะของคลัทช์ลูกปืนแบบเจอร์นัล	9
9 แสดงลักษณะของคลัทช์ลูกปืนแบบกันรุน	9
10 แสดงลักษณะของคลัทช์ลูกปืนแบบลิเนียร์	9
11 แสดงกราฟการขจัด	11
12 แสดงกราฟความเร็ว	12
13 แสดงกราฟความเร่ง	12
14 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยสัญญาณการสั้นสะเทือน	13
15 แสดงกราฟโดเมนเวลาที่ประกอบไปด้วยความถี่ซ้อนกันหลายความถี่	14
16 แสดงความสัมพันธ์ของการสั้นสะเทือนบนโดเมนเวลากับโดเมนความถี่	14
17 แสดงความละเอียดที่ใช้แสดงผลของความถี่บนจอ	15
18 แสดงคลัทช์ลูกปืนแบบ Taper Roller Bearing	15
19 แสดงลักษณะสเปกตรัมที่เกิดการชำรุดทั้ง 4 ขั้นตอน	17
20 แสดงขั้นตอนการปรับปรุงสัญญาณแบบ Demodulation Enveloping	18
21 แสดงภาพรวมของการดำเนินงานวิจัยที่แบ่งเป็น 2 ส่วน	23
22 แสดงขั้นตอนการจำแนกและวิเคราะห์ความเสียหายเพื่อประเมินอายุการใช้งาน	24
23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการชำรุดและเวลาการใช้งาน	26
24 แสดงขั้นตอนในการวิเคราะห์การสั้นสะเทือน	27
25 เครื่องกลึงล้อ (Under Floor Wheel Lathe)	28

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
26 ชุดต้นกำลังในการขับเคลื่อน	28
27 ชุดอุปกรณ์ในการควบคุมเครื่องกลึงล้อ	28
28 เครื่องมือวัดและบันทึกผลการสั่นสะเทือน	29
29 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย	29
30 ซอฟแวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล	29
31 แสดงการติดตั้งหัววัดในแนวแกนและแนวรัศมี (Axial, Radial)	30
32 แสดงตำแหน่งที่ติดตั้งตั้บลูกปืนในขบวนรถ	30
33 แสดงความถี่จากการวัด	31
34 แสดงลักษณะการรับแรงของจูดรองรับกระบอกนิวแมติกส์	33
35 แสดงลักษณะการส่งกำลังของมอเตอร์	34
36 แสดงลักษณะการรับแรงของเพลลา	35
37 แสดงจุดการรับแรงของเพลลา	35
38 แสดงการรับแรงในลักษณะคานยื่น	35
39 แสดงระยะในการรับแรงของคาน	36
40 แสดงลักษณะการ โกงของเพลลา	37
41 แสดงความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าการสั่นสะเทือน	39
42 แสดงผลในช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ	40
43 การเปรียบเทียบระดับการสั่นสะเทือนของตั้บลูกปืนแต่ละ Class ที่ความเร็วรอบ 150 RPM	41
44 กราฟความถี่ใน Time Domain ของตั้บลูกปืนแต่ละ Class ที่ความเร็วรอบ 150 RPM	43
45 ขั้นตอนในการแสดงความถี่ของชิ้นส่วน	45
46 กราฟความถี่ใน Spectrums Domain ของชิ้นส่วนต่างๆ ที่ความเร็วรอบ 150 RPM	46
47 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของชิ้นส่วนกับพื้นที่ความเสียหายบริเวณผิวที่รับภาระ	47
48 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ใน Time Domain กับพื้นที่ความเสียหายบริเวณผิวที่รับภาระ	47
49 กราฟประเมินอายุการใช้งาน	49
50 แสดงการตัดเหล็กโครงสร้าง	50
51 แสดงการประกอบคัปปลิ้ง	50

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
52 แสดงการประกอบชุดสวิทซ์ไฟฟ้า	50
53 แสดงการประกอบกระบอกนิวแมติกส์	50
54 แสดงการทดสอบด้านข้าง	51
55 แสดงการทดสอบด้านบน	51
56 แสดงการทดสอบด้านเอียงซ้าย	51
57 แสดงการทดสอบด้านเอียงขวา	51