

ศึกษาและวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของมอเตอร์เพื่อ
ในสภาวะแรงดันไม่สมดุล

STUDY AND ANALYSIS THE VIBRATION OF INDUCTION MOTOR IN
UNBALANCE CONDITIONS



นายจักรีวุฒิ สาวยาม รหัส 51362985
นายอรรถวุฒิ วงศ์ รหัส 51364569

ห้องสูญคณและวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... ๑๒.๘.๒๕๕๕
เลขทะเบียน..... ๑๖๐๖๖๒๒
เลขเรียกหนังสือ..... ๙๙
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๑๒๓๔
๒๙๙

ปริญญาaniพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา ๒๕๕๔



ใบรับรองปริญญาบัตร

ชื่อหัวข้อโครงการ ศึกษาผลกระทบการสันสะเทือนของน้ำท่อร์เหนือขัน 3 เฟลในสภาวะ
แรงดันไม่สมดุล

ผู้ดำเนินโครงการ นายจักรวุฒิ สว่างงาน รหัส 51362985
นายอรรถวุฒิ วงศ์ รหัส 51364569

ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร เรืองสินชัยวนิช
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีวกรรมไฟฟ้า

ที่ปรึกษาโครงการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร เรืองสินชัยวนิช)

กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แพ้มーン)

กรรมการ
(ดร. ชัยรพันธ์ วงศ์ gangha)

ชื่อหัวข้อโครงการ	ศึกษาและวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุล	
ผู้ดำเนินโครงการ	นายจักรีวุฒิ สวยงาม	รหัส 51362985
	นายอธรรถวุฒิ วงศ์	รหัส 51364569
ที่ปรึกษาโครงการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร เรืองสินชัยวนิช	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2554	

บทคัดย่อ

ปริญญาในพื้นที่นี้นำเสนอด้วยงานการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับการสั่นสะเทือนของนอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส โดยการสั่นสะเทือนนี้จะอยู่ในรูปของพลังงานที่สูญเสียไปซึ่งการสั่นสะเทือนนี้เกิดจากปัญหาของนอเตอร์ที่แสดงผลออกมาให้เห็นทางกล ซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์สูญเสียพลังงานและสมรรถนะการทำงาน ในโครงงานนี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับการสั่นสะเทือนของนอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุล โดยวิเคราะห์หาค่าแอนเพลจูดของแรงดันสั่นสะเทือนของนอเตอร์จากกราฟสเปกตรัมด้วยหัววัดการสั่นสะเทือนแบบหัววัดความเร่ง ด้วยกรณีศึกษาหลายกรณี เผื่องการปรับค่าแรงดันไม่สมดุล 1 เฟส การปรับค่าแรงดันไม่สมดุล 2 เฟส เลือกจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล 5 ระดับขณะไร้ภาระทางกลและขับภาระทางกลผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อค่าสภาวะแรงดันไม่สมดุล 1 เฟส 2 เฟส ขณะไร้ภาระทางกลค่าแอนเพลจูดที่ได้จากการสั่นสะเทือนจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบความไม่สมดุลนี้ค่าเพิ่มขึ้น และจากการปรับสภาวะแรงดันไม่สมดุล 1 เฟส 2 เฟส ขณะขับภาระทางกลพบว่าค่าแอนเพลจูดสูงสุดจากการสั่นสะเทือนมีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและขับภาระทางกลเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

Project title	Study and Analysis the Vibration of Induction Motor in Unbalance		
	Conditions		
Name	Mr. Jakkreewut	Sauyngam	ID. 51362985
	Mr. Ahtawut	Wongsa	ID. 51364569
Project advisor	Assistant Professor Somporn Ruangsinchaiwanich, Ph.D.		
Major	Electrical Engineering		
Department	Electrical and Computer Engineering		
Academic year	2011		

Abstract

This thesis of study was to analyze vibration of a three-phase induction motor. The vibration was form energy loss and caused by the motor problem shows in mechanical which resulting to loss energy and efficiency. The present work was undertaken to study the vibration of a three-phase induction motor with conditions voltage imbalance and determine amplitude value of the vibration from graph spectrum with acceleration probe. The case study such as one and two phase voltage imbalance on five-level voltage imbalance. When there don't drive the mechanical load. The results showed that one and two-phase voltage imbalance when there don't drive the mechanical load was higher amplitude value of vibration when percentage imbalance increased. And found that one and two-voltage imbalance when there drive the mechanical load was higher of maximum amplitude value when percentage imbalance and drive the mechanical load increased.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมพร เรืองสินชัยวนิชซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการและให้ความกรุณาในการตรวจทาน ปริญญาในพิณฑ์คณะผู้ดำเนิน โครงการขอรบกวนเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณา ของท่านไว้ตลอดไป

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านและนายเกรียงศักดิ์ ไกรกิจรายภูร์ที่ประสีที่ประสาทวิชา ความรู้ให้กับคณะผู้ดำเนินงานนอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณภาควิชาศึกษาไฟฟ้าและ คอมพิวเตอร์ที่ให้ข้อมูลอุปกรณ์และเครื่องมือวัสดุมาใช้งานงานทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

เนื้อสั่งอื่นใดคณะผู้ดำเนิน โครงการขอรบกวนมาดำเนินการด้วยความรักความ เมตตา สถิติปัญญารวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างด้วยเยาว์จวบจนถึงปัจจุบัน คงเป็นกำลังใจทำ ให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกๆ คนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนิน โครงการ ที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี่ด้วย

นายจักรีฤทธิ์ สวขาน

นายอรรถาธิ วงศ์

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาบัตร.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ฉ

บทที่ 1 บทนำ.....	1
-------------------	---

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 แนวทางการดำเนินโครงการ.....	1
1.4 ขอบเขตการดำเนินโครงการ.....	2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ.....	3
1.7 งบประมาณ.....	3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....	4
---------------------------------------	---

2.1 ทฤษฎีการสั่นสะเทือน.....	4
2.1.1 ความดี.....	4
2.1.2 แอนมพลิจูด.....	5
2.1.3 ความเร็ว.....	5
2.1.4 ความเร่ง.....	5
2.2 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของการสั่นสะเทือนความหมายของกำลังไฟฟ้า.....	7
2.2.1 การเคลื่อนที่แบบชาร์มนิก.....	7
2.2.2 การเคลื่อนที่แบบไม่เป็นชาร์มนิก.....	9
2.3 หัววัดการสั่นสะเทือนแบบความเร่ง.....	11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1 การเลือกหัววัดแบบความเร่ง.....	13
2.3.2 การติดตั้งหัววัดแบบความเร่ง	13
2.4 การปรับเปลี่ยนหัววัดการสั่นสะเทือน	17
2.5 สัญญาณของการสั่นสะเทือน	18
2.5.1 ความถี่	18
2.5.2 ขนาดของการสั่นสะเทือน	19
2.5.3 มนุษย์	19
2.6 หน่วยวัดขนาดของการสั่นสะเทือน.....	19
2.7 กราฟโดยเมณเดลา	20
2.8 กราฟสเปกตรัม.....	21
2.9 สถานะทางไฟฟ้า	21
2.9.1 ไฟเกิน	22
2.9.2 ไฟตก.....	22
2.10 แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล	23
2.11 ทฤษฎีของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส.....	24
2.11.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	25
2.12 การกำหนดปริมาณของแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าในสถานะไม่สมดุล.....	27
 บทที่ 3 วิธีการทดสอบและผลกระทบ.....	31
3.1 อุปกรณ์การทดสอบ.....	31
3.2 ขั้นตอนการทดสอบ.....	33
3.2.1 วิธีในการทดสอบและถกยังไงในการติดตั้งหัววัดในการทดสอบ	33
3.2.2 การทดสอบเพื่อคุ้มค่าและพิจารณากราฟสเปกตรัมของการสั่นสะเทือนใน สถานะต่างๆ.....	34
3.2.3 การทดสอบเพื่อคุ้มค่าและพิจารณากราฟสเปกตรัม.....	34
3.3 อุปกรณ์การวัดและวิเคราะห์การสั่นสะเทือน	35
3.3.1 หัววัดสัญญาณการสั่นสะเทือน.....	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.2 สายนำสัญญาณการสั่นสะเทือน	35
3.3.3 เครื่องวัดและบันทึกผลการสั่นสะเทือน.....	35
3.3.4 คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์.....	36
3.4 ระบบการวัดการสั่นสะเทือน.....	36
3.5 ผลกระทบที่เกิดกับมอเตอร์	37
3.5.1 ผลกระทบที่มีต่อมอเตอร์เมื่อแรงดันไม่สมดุล.....	37
3.5.2 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของมอเตอร์ไฟฟ้านี้จากสามาหรูแรงดันไฟฟ้า ไม่สมดุล.....	38
3.5.3 สมรรถนะของมอเตอร์ไฟฟ้าลดลงเมื่อแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล	39
บทที่ 4 ผลกระทบ	41
4.1 จุดประสงค์การทดลอง.....	41
4.2 ผลการทดลอง.....	43
4.2.1 กราฟที่ได้จากการทดสอบการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ในสภาวะที่แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล ขณะไร้ภาระทางกล.....	43
4.2.2 กราฟที่ได้จากการทดสอบการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะที่แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล ขณะขับภาระทางกล	49
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	76
5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....	76
5.1.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบการทดสอบมอเตอร์ ในสภาวะไร้ภาระทางกล.....	76
5.1.2 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบการทดสอบมอเตอร์ ในสภาวะขับภาระทางกล.....	77
5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบและแนวทางแก้ไข	78
5.3 ประเมินผล	78
5.4 แนวทางสำหรับการพัฒนา	78

สารบัญ (ต่อ)

หน้า	
เอกสารอ้างอิง	79
ภาคผนวก กราฟสเปกตรัมจากการทดสอบ	80
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	83



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 อุณหภูมิสูงสุดที่ขึ้นให้เพิ่มขึ้นสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำทั้ง 1 เฟส และ 3 เฟส	38
4.1 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าในสภาวะไม่สมดุลงานนิยามของ PVUR (%)	42
4.2 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนขณะไร์ภาระทางกลติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์	43
4.3 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนขณะไร์ภาระทางกลติดตั้งหัววัดค้านหลังมอเตอร์	45
4.4 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนขณะไร์ภาระทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์	47
4.5 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์.....	49
4.6 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันสูงกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์.....	51
4.7 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 2 เฟส ติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์.....	53
4.8 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันสูงกว่าปกติ 2 เฟส ติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์.....	55
4.9 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดหลังมอเตอร์.....	58
4.10 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันสูงกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดหลังมอเตอร์	60
4.11 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 2 เฟส ติดตั้งหัววัดหลังมอเตอร์	62
4.12 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันสูงกว่าปกติ 2 เฟส ติดตั้งหัววัดหลังมอเตอร์	64
4.13 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์.....	67
4.14 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันสูงกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์.....	69
4.15 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 2 เฟส ติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์.....	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.16 ค่าแอมเพลจดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาพแวดล้อมสูงกว่าปกติ 2 เท่า ติดตั้งหัววัด ที่ฐานมอเตอร์.....	73



สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
2.1 ลักษณะองค์ประกอบของการสั่นสะเทือน.....	4
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการขัด ความเร็ว และความเร่ง	6
2.3 การเคลื่อนที่แบบตามเวลา.....	6
2.4 รูปแบบการเคลื่อนที่แบบ harmonic อนิ哥ย่างจ่าย.....	7
2.5 การเคลื่อนที่แบบ harmonic อนิก.....	9
2.6 การเคลื่อนที่แบบไม่เป็น harmonic อนิก.....	10
2.7 ภาพของหัววัดความเร่ง.....	12
2.8 กราฟเพื่อพิจารณาการเลือกหัววัดแบบความเร่ง.....	13
2.9 ความถี่ธรรมชาติของหัววัดความเร่งเปลี่ยนแปลงตามวิธีการติดตั้งหัววัด.....	14
2.10 การยึดหัววัดแบบความเร่งด้วยสลักเกลี่ยว.....	15
2.11 การยึดหัววัดแบบความเร่งด้วยขี้ผึ้ง.....	15
2.12 การยึดหัววัดแบบความเร่งด้วยการอีพอกซี.....	16
2.13 การยึดหัววัดแบบความเร่งด้วยแม่เหล็กถาวร.....	17
2.14 เครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือนเพื่อเปรียบเทียบหัววัดแบบความเร่งที่ต้องการทดสอบ	18
2.15 ลักษณะกราฟโดยเมนเวลา.....	20
2.16 ลักษณะกราฟสเปกตรัม	21
2.17 ลักษณะของการเกิดไฟเกิน	22
2.18 ลักษณะของการเกิดไฟตก	23
2.19 เฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟส	24
2.20 นาฬอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	24
2.21 สเตเตอร์	25
2.22 โรเตอร์แบบกรุงกระอก	26
3.1 ขี้ผึ้งและหัววัดความเร่ง	31
3.2 สายนำสัญญาณการสั่นสะเทือน.....	31
3.3 ชุดอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน	31
3.4 ออสซิลโลสโคป	32
3.5 นาฬอร์เหนี่ยวนำสามเฟส	32
3.6 การทดสอบนาฬอร์	32

สารบัญรูป (ต่อ)

ข้อที่	หน้า
3.7 การติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์.....	33
3.8 การติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์	33
3.9 การติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์.....	34
3.10 ส่วนประกอบสำหรับการวัดและวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือน	36
3.11 เปรอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของมอเตอร์เทียบกับเบอร์เซ็นต์ของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล.....	39
3.12 กราฟสมรรถนะของมอเตอร์คลื่นเนื่องจากผลของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล	40
4.1 ค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันต่างๆ ขณะไร้ภาระทางกลติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์	44
4.2 ค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันต่างๆ ขณะไร้ภาระทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์.....	46
4.3 ค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันต่างๆ ขณะไร้ภาระทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์	48
4.4 ค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส ขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์.....	50
4.5 ค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส ขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์.....	52
4.6 ค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟสขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์.....	54
4.7 ค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟสขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์	56
4.8 ค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุล ขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์	57
4.9 ค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันที่ไม่สมดุล ต่ำกว่าปกติ 1 เฟส ขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์	59
4.10 ค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันที่ไม่สมดุล สูงกว่าปกติ 1 เฟสขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์	61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.11 ค่าแอมเพลจิจุดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาพแรงดันที่ไม่สมดุล ต่ำกว่าปกติ 2 เฟส ขณะขับการทางกลติดตั้งหัววัดค้านหลังมอเตอร์	63
4.12 ค่าแอมเพลจิจุดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาพแรงดันที่ไม่สมดุล สูงกว่าปกติ 2 เฟสขณะขับการทางกลติดตั้งหัววัดค้านหลังมอเตอร์	65
4.13 ค่าแอมเพลจิจุดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาพแรงดันที่ไม่สมดุล ขณะขับการทางกลติดตั้งหัววัดค้านหลังมอเตอร์	66
4.14 ค่าแอมเพลจิจุดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาพแรงดันที่ไม่สมดุล ต่ำกว่าปกติ 1 เฟสขณะขับการทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์	68
4.15 ค่าแอมเพลจิจุดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาพแรงดันที่ไม่สมดุล สูงกว่าปกติ 1 เฟสขณะขับการทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์	70
4.16 ค่าแอมเพลจิจุดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาพแรงดันที่ไม่สมดุล ต่ำกว่าปกติ 2 เฟสขณะขับการทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์	72
4.17 ค่าแอมเพลจิจุดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาพแรงดันที่ไม่สมดุล สูงกว่าปกติ 2 เฟสขณะขับการทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์	74
4.18 ค่าแอมเพลจิจุดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาพแรงดันไม่สมดุล ขณะขับการทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์	75

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันน้องเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เป็นมอเตอร์ที่นิยมมาก เพราะ มีราคาถูก โครงสร้างไม่ซับซ้อนน้องเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสโดยปกติจะมีช่วงอายุการใช้งานของมอเตอร์นั้นๆ ขึ้นอยู่กับการใช้งานแต่จะมีสาเหตุที่ทำให้การใช้งานสั้นลง เช่น การสั่นสะเทือน การสั่นสะเทือนนั้นจะอยู่ในรูปของพลังงานที่สูญเสียไปซึ่งการสั่นสะเทือนนั้นเกิดจากปัญหาของเครื่องจักรที่แสดงผลออกมามาให้เห็นทางกล ซึ่งจะส่งผลให้เครื่องจักรสูญเสียพลังงานและสมรรถนะการทำงาน การเกิดการสั่นสะเทือนก็เกิดจากหลายสาเหตุดังนี้ จึงได้วิเคราะห์การสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่สภาวะแรงดันไม่สมดุล เพื่อจะประเมินสภาพของมอเตอร์เพื่อจะได้หาวิธีแก้ไขและปรับปรุงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

- 1) ศึกษาและเปรียบเทียบการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุล 1 เฟส และ 2 เฟส เลือกจ่ายแรงดันไม่สมดุล 5 ระดับ 1%, 2%, 3%, 4% และ 5% เพื่อกับสภาวะแรงดันสมดุลว่าแตกต่างกันหรือไม่
- 2) ศึกษาและเปรียบเทียบการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับภาระทางกลและไร้ภาระทางกลเทียบกับสภาวะแรงดันสมดุล
- 3) ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์และเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน

1.3 แนวทางการดำเนินโครงงาน

- 1) หาข้อมูล ศึกษาคุณสมบัติมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส
- 2) ศึกษาการทำงานของการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส
- 3) ทดสอบและปรับปรุงอุปกรณ์ในการทดสอบ
- 4) บันทึกผลและวิเคราะห์การทำงาน

1.4 ขั้นเบตการดำเนินโครงการ

- 1) ศึกษาผลกระทบของการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวหนาน 3 เฟส ½ แรงม้า ในสภาวะแรงดันไม่สมดุล
- 2) เลือกขั้นภาระทางกล 20%, 40%, 60%, 80% และ 100% ในสภาวะแรงดันสมดุลและไม่สมดุล
- 3) แบ่งสภาวะความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าออกเป็น 2 สภาวะคือ แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ (Over voltage unbalance) และแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ (Under voltage unbalance)
- 4) กำหนดให้ระดับของแรงดันไฟฟ้าระดับปกติมีค่าเท่ากับ 220 โวลต์ (Vac)

1.5 แผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ปี 2554							ปี 2555		
	ม.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1) รวบรวมข้อมูล ศึกษาการทำงาน	↔	↔								
2) วิเคราะห์ระบบ การทำงาน		↔	↔							
3) ทำการทดลอง และวิเคราะห์ปัญหา ที่เกิดขึ้น				↔	↔					
4) ตรวจสอบและ แก้ไขปัญหา							↔	↔		
5) สรุปผลการ ทดลองและเขียน ปริญญาในพนธ์									↔	↔

หมายเหตุ: ช่วงเวลาดังกล่าวอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

- 1) โครงสร้างหลักการงานของการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นช่วงนำ 3 เฟส
- 2) สามารถวัดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเกิดขึ้นในสภาวะแรงดันแบบใด
- 3) สามารถนำความรู้ที่ได้มาหัวไว้ป้องกันมอเตอร์เห็นช่วงนำ 3 เฟสเสียหายได้
- 4) หลักการทำงานของอุปกรณ์และเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน
- 5) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานในอนาคตได้

1.7 งบประมาณ

ค่าวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ	1,000 บาท
ค่าจัดทำรายงาน	1,000 บาท
รวมทั้งสิ้น (สองพันบาทถ้วน)	<u>2,000</u> บาท
หมายเหตุ: ถ้าเกลี่ยทุกรายการ	

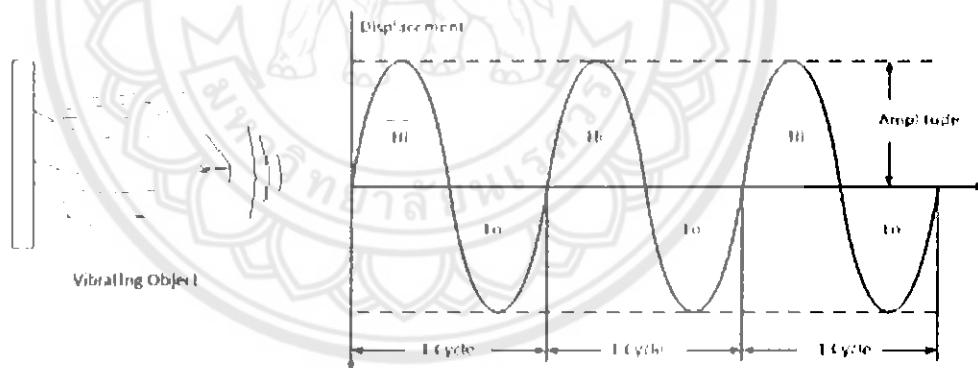
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ทฤษฎีการสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือน (Vibration) คือ การเคลื่อนที่ของวัตถุรอบ ๆ จุดสมดุลในช่วงเวลาหนึ่งของ การเคลื่อนที่ ไม่ว่าการเคลื่อนที่รอบจุดสมดุลนั้นจะเกิดขึ้นในแบบการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาหรือ แกว่ง (Oscillation) รอบจุดสมดุลก์ตาม ตัวอย่าง เช่น การแกว่งตัวของลูกตุ้มนาฬิกา หรือการ เคลื่อนที่ของมวลที่ติดอยู่กับสายริบ

ถ้าสามารถจำลองการเคลื่อนที่แบบสั่น ในลักษณะที่ชา จะพบว่า รูปแบบของการเคลื่อนที่ จะมีพิธีทางแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับระดับความห่างไกลหรือความเร็วในการเคลื่อนตัวของวัตถุ หนึ่ง ๆ รอบตำแหน่งสมดุล ซึ่งจะทำให้สามารถเห็นลักษณะรูปแบบเฉพาะของการเคลื่อนที่แบบ สั่น ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 รูปแบบการเคลื่อนที่ จะประกอบด้วย ความถี่ (Frequency) และ พลิจุด (Amplitude) ความเร็ว (Velocity) และ ความเร่ง (Acceleration)



รูปที่ 2.1 ลักษณะองค์ประกอบของการสั่นสะเทือน [1]

2.1.1 ความถี่

วัตถุที่มีการสั่นจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาผ่านตำแหน่งคงที่หนึ่ง เมื่อเคลื่อนที่ผ่านตำแหน่ง สูงสุดค่าหนึ่งและกลับมาผ่านตำแหน่งสูงสุดอีกค่าหนึ่ง และย้อนกลับมาข้างตำแหน่งคงที่เดิม ถือว่า มี การเคลื่อนที่ 1 รอบ (1 cycle) ดังรูปที่ 2.2 จำนวนรอบของการสั่นของวัตถุในช่วงเวลา 1 วินาที

จะเรียกว่า ความถี่ ซึ่งจะมีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hertz; Hz) หรือ 1 เฮิรตซ์จะเท่ากับการเคลื่อนที่ไปกลับ 1 รอบในเวลา 1 วินาที

2.1.2 แอนพลิจูด

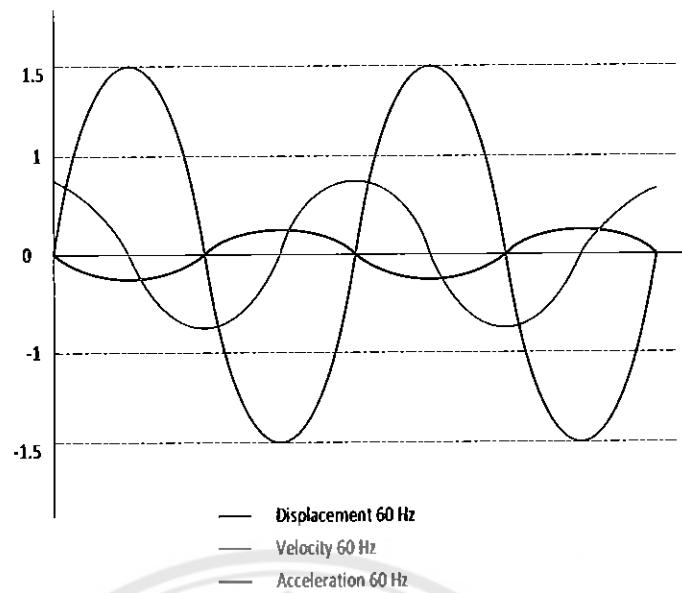
วัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบสั่นจะมีค่าระยะหรือการขัด (Displacement) มากที่สุดในแต่ละ ข้างของตำแหน่งคงที่หนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งค่าระยะทางดังกล่าวจะเรียกว่า แอนพลิจูด และมี หน่วยเป็นมิลลิเมตร (Millimeter) หรือนิว (Inches) ความรุนแรงของการสั่นจะขึ้นกับค่าแอนพลิจูดนี้

2.1.3 ความเร็ว

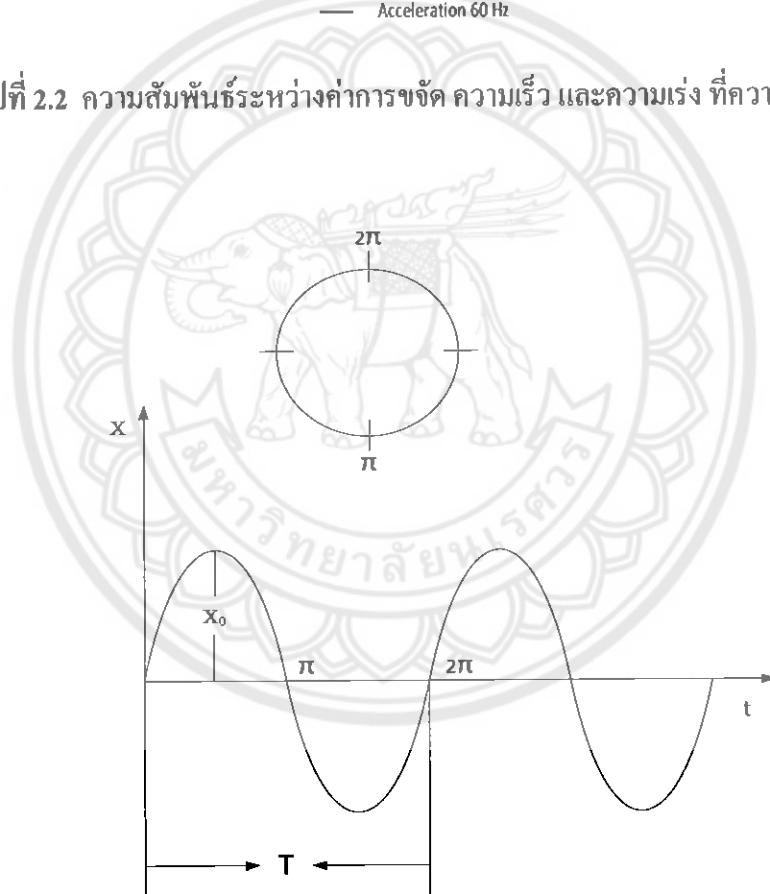
วัตถุที่มีการเคลื่อนที่แบบสั่นจะมีการขัด (Displacement) ที่เปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลาใน ระหว่างการเคลื่อนที่ จะเรียกว่า ความเร็ว ซึ่งจะมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวินาที (mm/sec) หรือนิวต่อ วินาที (in/sec)

2.1.4 ความเร่ง

ความเร็วของการสั่นของวัตถุจากค่าศูนย์ถึงค่าสูงสุดระหว่างการสั่นแต่ละรอบ ค่าการ เปลี่ยนแปลงดังกล่าวเทียบกับเวลาจะเรียกว่า ความเร่ง ซึ่งจะถูกวัดเพื่อให้ทราบถึงความเร็วของการ เปลี่ยนแปลงความเร็วเทียบกับเวลา ดังนั้นหน่วยของความเร่งจึงแสดงได้ด้วยค่ามิลลิเมตรหรือนิว ต่อวินาทียกกำลังสอง (mm/sec²) ค่าของความเร่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ศูนย์ถึงค่าสูงสุดระหว่าง การสั่นแต่ละรอบ โดยจะมีค่าสูงสุดในตำแหน่งแอนพลิจูดและต่ำสุดที่ตำแหน่งสมดุลดังแสดงใน รูปที่ 2.2 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการขัด (Displacement) ความเร็ว (Velocity) ความเร่ง (Acceleration) ที่ความถี่เท่ากัน



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการขัด ความเร็ว และความเร่ง ที่ความถี่ 60 Hz [1]



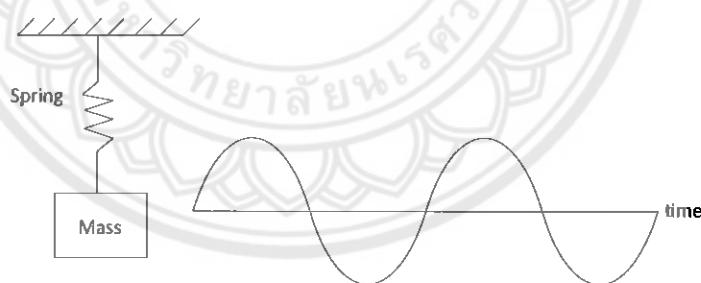
รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่แบบความเวลา [1]

2.2 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของการสั่นสะเทือนความหมายของกำลังไฟฟ้า

รูปแบบการเคลื่อนที่ของการสั่นสะเทือนมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบ หรือมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบช้าๆ ในช่วงเวลาคงที่ค่าหนึ่ง (T) หรือ 1 รอบ (2π) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยที่ในแกนตั้งจะแทนด้วยการขัด (Displacement: x) และแกนนอนแทนด้วยเวลา (t) ซึ่งการเคลื่อนที่ดังกล่าวมีความสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ การเคลื่อนที่แบบชาร์โนนิก (Harmonic motion) และ การเคลื่อนที่แบบไม่เป็นชาร์โนนิก (Non-harmonic motion)

2.2.1 การเคลื่อนที่แบบชาร์โนนิก

เป็นการเคลื่อนที่แบบความเวลาที่มีความซับซ้อนน้อยและง่ายแก่การทำความเข้าใจมากที่สุด การเคลื่อนที่แบบนี้จะมีลักษณะการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาที่เหมือนกันทุกคราว ตัวอย่างเช่น การแกว่งของถุงตุ้มนาฬิกาที่มีการเคลื่อนที่ทับรอยเดิมทุกครั้ง โดยมีความเวลาและความถี่คงที่ ดังตัวอย่างตามรูปที่ 2.4 เป็นการแขวนของวัตถุมวล m ไว้กับสปริง เมื่อมีการดึงวัตถุมวล m ลงมาด้านล่างแล้วปล่อย ก้อนวัตถุมวล m ก็จะเคลื่อนที่ขึ้น-ลง เมื่อเรานำแผ่นฟิล์มที่สามารถบันทึกถ่ายเสียงที่ติดไว้กับก้อนวัตถุที่เกิดการเคลื่อนที่ขึ้น-ลง และแผ่นฟิล์มวิ่งผ่านด้วยความเร็วคงที่ ลักษณะของถ่ายเสียงที่ปรากฏบนฟิล์มจะมีลักษณะจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.4 ซึ่งแสดงถึงเส้นทางการเคลื่อนที่ของมวล m ซึ่งอย่างไประบุรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 รูปแบบการเคลื่อนที่แบบชาร์โนนิกอย่างง่าย [2]

การเคลื่อนที่ของการสั่นแบบชาร์โนนิกสามารถแสดงในรูปของฟังก์ชันทางตรีโกณมิติ แทนความสัมพันธ์ระหว่างการขัด (Displacement: x) และเวลา (t) ได้ดังนี้

$$X = X_0 \sin (\omega t) \quad (2.1)$$

เมื่อ X_0 คือค่าการขัดสูลสุด หรือค่าแอนพลิจูด (Amplitude)

X คือค่าการขัดที่เวลา t ไดๆ

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.2)$$

เมื่อ T คือความเวลา มีหน่วยเป็นวินาทีต่อรอบ (sec) หรือเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 1 รอบซึ่งส่วนกับค่าความถี่ (f) มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (Cycle per second: cps) หรือเฮิร์ตซ์ (Hertz: Hz)

นอกจากนี้ยังสามารถวัดความถี่ของการสั่น ได้อีกวิธีหนึ่งคือ การวัดความถี่เชิงมุม (Circular frequency: ω) ซึ่งมีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที (Radians per second) จากรูปที่ 2.4 ซึ่งแสดงในเห็นว่าการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบของการสั่น (ω) จะเกิดขึ้นเมื่อมีมุ่นรวมเท่ากับ 360 องศา หรือ 2 เรเดียน ที่สำคัญกล่าวสามารถอธิบายด้วยสมการนี้

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (2.3)$$

สำหรับเครื่องจักรแบบหมุน ความถี่ส่วนใหญ่จะแสดงด้วยค่าการสั่นสะเทือนต่อนาที (Vibration per minute: vpm) หรือ

$$vpm = \frac{\omega}{\pi} \quad (2.4)$$

โดยความหมายแล้ว ความเร็วเป็นอนุพันธ์ลำดับที่ 1 ของการขัดเทียบกับเวลา ซึ่งสำหรับการเคลื่อนที่แบบชาร์มนิคแล้ว สมการของการขัดจะแสดงได้ดังสมการที่ (2.1) ซึ่งเมื่อหาอนุพันธ์ลำดับที่ 1 ของสมการนี้เทียบกับเวลา จะได้ผลดังนี้

$$V = \frac{dx}{dt} = X = \omega X_0 \cos(\omega t) \quad (2.5)$$

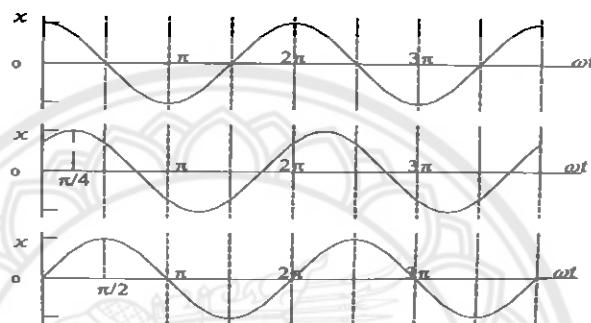
จากสมการที่ (2.5) จะพบว่าความเร็วมีลักษณะความสัมพันธ์แบบชาร์มนิคด้วย ทั้งนี้การขัดต้องมีลักษณะเป็นชาร์มนิค และมีค่าสูงสุดหรือค่าแอนพลิจูดเท่ากับ $-\omega X_0$

ในทำนองเดียวกัน ความเร่งเป็นอนุพันธ์ลำดับที่ 2 ของการขัดเมื่อเทียบกับเวลา แสดงได้ดังนี้

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = X'' = -\omega^2 X_0 \sin(\omega t) \quad (2.6)$$

สมการที่ (2.6) มีลักษณะเป็นชาร์มนิคเช่นกัน โดยมีค่าการขัดสูงสุดหรือค่าแอนพลิจูดเท่ากับ $\omega^2 X_0$

หากพิจารณาความถี่ 2 ค่าโดยให้มีสมการของความถี่ค่าแรกเป็น $X_1 = a \sin(\omega t)$ และสมการของความถี่ค่าที่ 2 เป็น $X_2 = b \sin(\omega t + \theta)$ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งแกนนอนจะแทนด้วยค่า ωt และค่า ในสมการของ คือค่ามุมเฟส (Phase angle) ค่าเฟสที่แตกต่างกันของการสั่นทั้งสองค่านี้ และด้วยค่ามุมเฟสนี้เอง ทำให้การสั่นทั้งสองค่าดังแสดงในรูปไม่สามารถมีค่าแอนเพลจูดที่เวลาเดียวกันได้ โดยที่การสั่นค่าหนึ่งจะอยู่ห่างจากการสั่นอีกค่าหนึ่งเท่ากับ θ/ω วินาที ทั้งนี้การสั่นทั้งสองค่านี้ต้องมีค่าความถี่เท่ากัน (ω) ดังนั้นอาจลากล่าวได้ว่ามุมเฟสจะมีความหมายเพียงกรณีของการสั่นสองค่าที่มีความถี่เดียวกันเท่านั้น



รูปที่ 2.5 การเคลื่อนที่แบบชาร์มนอนิกโดยที่มีมุมเฟสต่างกัน [2]

2.2.2 การเคลื่อนที่แบบไม่เป็นชาร์มนอนิก

สำหรับเครื่องจักรอุปกรณ์ส่วนใหญ่ ปกติแล้วจะมีแหล่งที่มาของการสั่นสะเทือนหลายแหล่ง ดังนั้นรูปแบบของการสั่นเมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างการขัดและเวลาส่วนใหญ่จะมีลักษณะแบบไม่เป็นชาร์มนอนิก ดังแสดงในรูปที่ 2.6

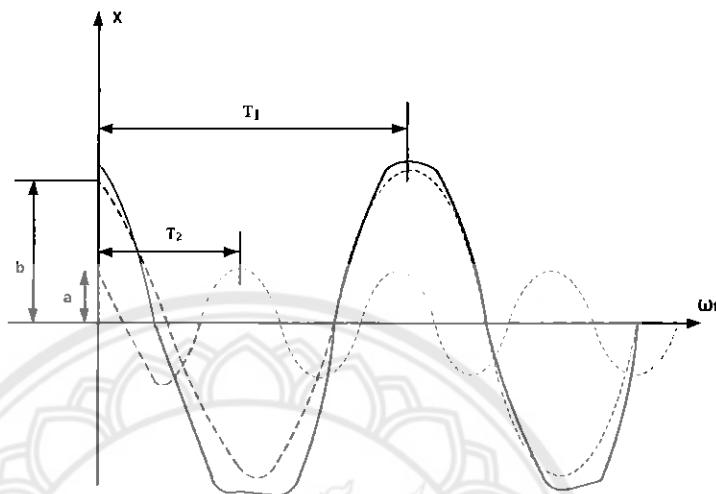
ในขณะที่ทุกๆ การเคลื่อนที่แบบชาร์มนอนิกจะมีลักษณะเป็นคลื่น เต็มไปใช่ว่าทุกๆ การเคลื่อนที่ที่ลักษณะเป็นคลื่นเวลาจะเป็นการเคลื่อนที่แบบชาร์มนอนิกเสมอไป ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นชาร์มนอนิกที่เกิดจากการรวมกันของการเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นคลื่นไซน์ (Sine wave) ส่องคลื่นที่มีความถี่ต่างกัน โดยที่คลื่นแรกคือเส้นประที่มีค่าแอนเพลจูด a และคลื่นที่ 2 คือเส้นประที่มีค่าแอนเพลจูด b ซึ่งเส้นโถงดังกล่าวจะสามารถแทนได้ด้วยสมการดังนี้

$$X_1 = a \sin(\omega_1 t) \quad (2.7)$$

$$X_2 = b \sin(\omega_2 t) \quad (2.8)$$

การเคลื่อนที่แบบสั่นรวมจะแทนได้ด้วยเส้นทึบที่เกิดจากการรวมกันของเส้นประทั้งสองชั้งสามารถแสดงด้วยสมการดังนี้

$$X = X_1 + X_2 = a \sin (\omega_1 t) + b \sin (\omega_2 t) \quad (2.9)$$



รูปที่ 2.6 การเคลื่อนที่แบบสั่นรวมเป็นชั้นๆ [2]

สำหรับฟังก์ชันแบบความเวลาใดๆ สามารถเขียนแทนได้ด้วยฟังก์ชันไขว้ในลักษณะอนุกรมกัน โดยมีความถี่ค่า $\omega, 2\omega, 3\omega, \dots$ ตามลำดับ ดังแสดงได้ดังนี้

$$f(t) = A_0 + A_1 \sin (\omega t + \phi_1) + A_2 \sin (\omega t + \phi_2) + A_3 \sin (\omega t + \phi_3) \quad (2.10)$$

สมการที่ รู้จักกันในชื่อของอนุกรมฟูเรียร์ (Fourier Series) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลา $f(t)$ โดยที่ค่าแอนพลิจูด (A_1, A_2, A_3, \dots) และมุมเฟส ($\phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots$) ของทุกๆ การเคลื่อนที่แบบสั่นอย่างต่อเนื่อง สามารถคำนวณหาค่าได้จากวิธีการทางคณิตศาสตร์เมื่อทราบค่าของฟังก์ชัน โดยทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวสามารถทำได้ด้วยเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือนทั่วไป

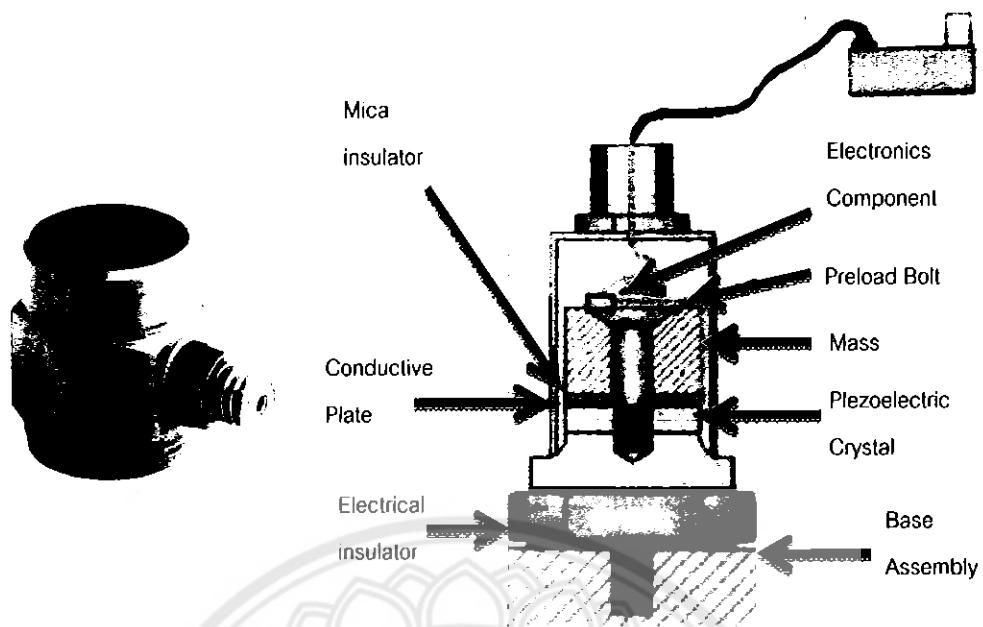
ค่า $2\omega, 3\omega, \dots$ จะเป็นการอ้างถึงค่าลำดับที่สาร์โนนิกของความถี่หลัก ในรูปแบบเฉพาะของการสั่นส่วนใหญ่ ค่าความถี่หลักของวัตถุจะมีค่าเป็นหนึ่งเท่าของความเร็วการวิ่งงาน (Running speed) ของขบวนเครื่องจักรซึ่งจะแทนด้วย IX หรือ 10 นอกจากนั้นรูปแบบลักษณะเฉพาะดังกล่าวอาจมีค่าปรากฏที่ตำแหน่งของสาร์โนนิกอื่นๆ เช่น ที่สองเท่า ($2X$) สามเท่า ($3X$) หรือตำแหน่งอื่นๆ ของค่าความเร็วใช้งานหลัก ซึ่งการประยุกต์ดังกล่าวเป็นพื้นฐานที่สำหรับการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนต่อไป

2.3 หัววัดการสั่นสะเทือนแบบความเร่ง

หัววัดการสั่นสะเทือนแบบความเร่ง (Acceleration transducer) จะมีลักษณะการทำงานคล้ายกับหัววัดการสั่นสะเทือนแบบความเร็ว (Velocity transducer) คือเป็นหัววัดสำหรับวัดการเคลื่อนที่เทียบกับเวลาสำหรับชั้นส่วนที่มีการเคลื่อนไหวหรือการสั่นสะเทือนซึ่งสามารถติดในรูปแบบของความเร่งหรือแปลงค่าัดในรูปแบบของความเร็วไว้ได้ โดยการแปลงการเคลื่อนที่ทางกลมเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งอาศัยหลักการของผลึกเพี้ยโซอิเล็กทริก (Piezoelectric crystal) และก้อนน้ำหนักภายในหัววัดการสั่นสะเทือน พร้อมทั้งวงจรอิเล็กทรอนิกภายใน หลักการทำงานของหัววัดการสั่นสะเทือนชนิดนี้จะอาศัยคุณสมบัติของผลึกเพี้ยโซ่ ซึ่งผลึกเพี้ยโซ่นี้จะมีคุณสมบัติไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก เมื่อผลึกชนิดนี้ถูกแรงกระทำที่มีลักษณะแรงกดหรือแรงเฉือนแล้ว ผลึกนี้จะสามารถจ่ายพลังงานในรูปของความดันไฟฟ้าออกมานั่นเอง ไฟฟ้าจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับแรงที่กระทำกับผลึกเพี้ยโซ่นั่น ซึ่งจะกล่าวถึงหลักการทำงานต่อไป

ส่วนประกอบของหัววัดจะแสดงดังรูปที่ 2.7 หัววัดการสั่นสะเทือนแบบความเร่ง โดยอาศัยก้อนน้ำหนักเป็นตัวอัดกระแทกกับผลึกเพี้ยโซ่ ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ตัวเรือนหัววัด ก้อนน้ำหนัก ผลึกเพี้ยโซ่ และวงจรอิเล็กทรอนิกส์

หลักการทำงานของหัววัดการสั่นสะเทือนชนิดนี้คือ เมื่อนำหัววัดไปติดกับเครื่องจักรกลที่มีการสั่นสะเทือน หัววัดก็จะเกิดการสั่นสะเทือนตามเครื่องจักรนั้น เมื่อหัววัดเกิดการสั่นสะเทือนก็จะทำให้ก้อนน้ำหนักภายในหัววัดนั้นเกิดการเคลื่อนที่ไปแล้วกดทับกับผลึกเพี้ยโซ่ ซึ่งผลึกเพี้ยโซ่จะพยายามรักษาอุณหภูมิในรูปของแรงดันทางไฟฟ้า ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ออกมานั้นจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับลักษณะการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร ถ้าเครื่องจักรเกิดการสั่นสะเทือนมาก ค่าแรงดันที่ออกมานะจะมีค่าสูงตาม แล้วนำค่าที่ได้มามาประมวลผลตามค่าความไว (Sensitivity) ของหัววัดต่อไป



รูปที่ 2.7 ภาพของหัววัดความเร่ง [4]

ข้อดีของการใช้หัววัดแบบความเร่ง

- 1) มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา
- 2) มีช่วงความถี่ใช้งานที่กว้าง
- 3) มีโครงสร้างทางวงจรอิเล็กทรอนิกส์โซลิคสเตทที่แข็งแรง ทนทาน
- 4) ใช้วัสดุสัญญาณการสั่นสะเทือนได้ในช่วงความถี่สูง
- 5) ใช้งานได้ง่าย ติดตั้งง่าย ติดตั้งในที่แคบได้ เหมาะสมกับงานการตรวจวัด ที่เคลื่อนย้าย หัววัดบ่อยๆ

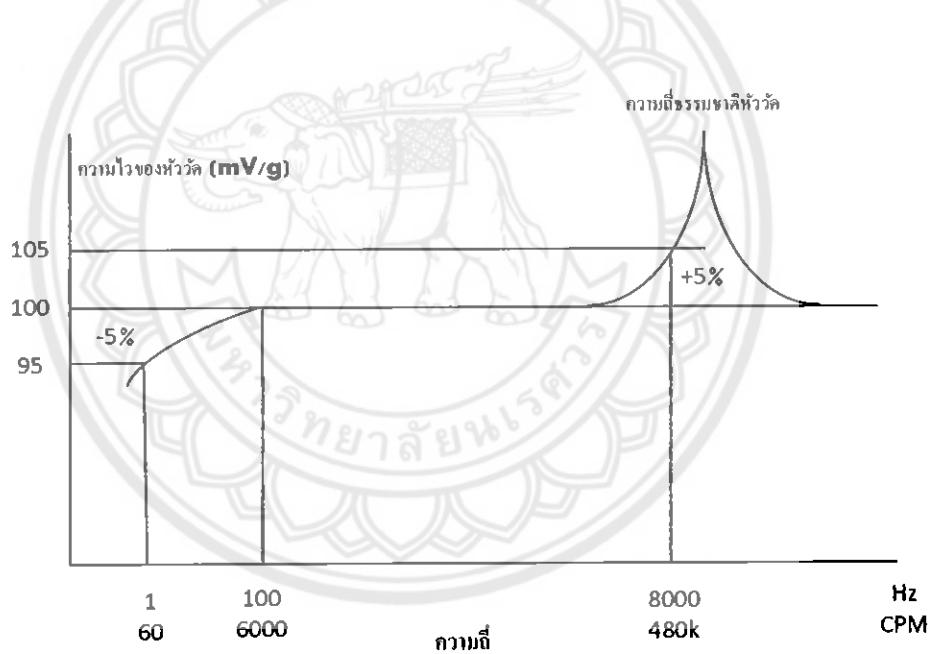
ข้อเสียของการใช้หัววัดแบบความเร่ง

- 1) มีช่วงอุณหภูมิที่จำกัด การใช้งานในที่อุณหภูมิสูงมีผลให้ฐานรองมีการขยายตัว ทำ ให้ไปปืนอัดกันแผ่นเพียงพอ ใช้อิเล็กทริกทำให้ค่าการวัดผิดพลาดได้
- 2) การตอบสนองต่อความถี่เปลี่ยนแปลงไปกับวิธีการใช้งานร่วมกับแม่เหล็ก
- 3) ต้องการแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากภายนอก
- 4) ไม่สามารถวัดการสั่นสะเทือนหรือตำแหน่งของพลาได้

- 5) การอินทิเกรตสองครั้งเพื่อดูปริมาณของการกระจัด มักได้สัญญาณรบกวน (Noise) ช่วงความถี่ต่ำ

2.3.1 การเลือกหัววัดแบบความเร่ง

ปัจจุบันหัววัดการสั่นสะเทือนแบบสัมผัสที่นิยมและที่ใช้กันมากที่สุดคือหัววัดการสั่นสะเทือนแบบความเร่ง เนื่องจากมีขนาดเล็ก ราคาถูก ใกล้เคียงกับหัววัดแบบความเร็ว และอีกทั้งสามารถวัดเป็นค่าความเร็วและระยะทาง ได้โดยอาศัยของอินทิกรัล สิ่งที่ควรระมัดระวังในการเลือกใช้หัววัดแบบความเร่งคือ ค่าความถี่ธรรมชาติของหัววัด ช่วงความถี่การใช้งาน และอุณหภูมิ การใช้งาน เป็นต้น ก่อนเลือกใช้หัววัดชนิดนี้ ควรศึกษาสภาพแวดล้อมของเครื่องจักรก่อน แล้วค่อยเลือกขนาดและชนิดของหัววัดจากคุณสมบัติของการเลือกหัววัดจากบริษัทผู้ผลิต ซึ่งในคู่มือนี้จะบอกไว้อย่างละเอียด เช่น ค่าความถี่ธรรมชาติของวัสดุนั้นเมื่อยืดแน่นด้วยเกลียว ค่าความไวของหัววัด ช่วงความถี่ใช้งาน และสิ่งแวดล้อมรอบข้าง เป็นต้น

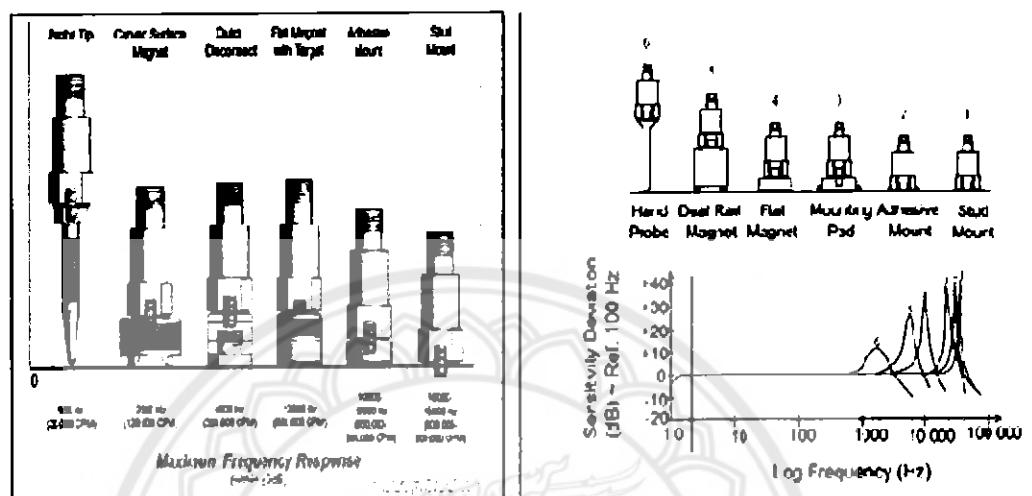


รูปที่ 2.8 กราฟเพื่อพิจารณาการเลือกหัววัดแบบความเร่ง [4]

2.3.2 การติดตั้งหัววัดแบบความเร่ง

การติดตั้งหัววัดแบบความเร็วและแบบความเร่งพร้อมกัน และจะกล่าวถึงเฉพาะการติดตั้งหัววัดความเร่ง เนื่องจากการติดตั้งหัววัดแบบความเร็วจะทำการติดตั้งเหนือนอกกับหัววัดแบบความเร่ง การติดตั้งหัววัดการสั่นสะเทือนแบบความเร่งจะทำการติดตั้งภายในอกเสื้อแนวริ่งของเครื่องจักร หรือที่เรียกว่าการติดตั้งหัววัดแบบสัมผัส ซึ่งจุดที่สำคัญที่สุดของการติดตั้งหัววัดชนิดนี้

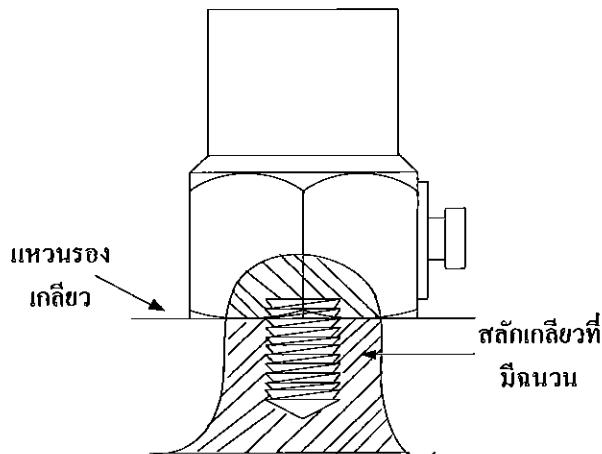
คือ การเกิดเรโซแนนซ์ของตัวหัววัดเอง วิธีการติดตั้งหัววัดแบบความเร่ง โดยการให้แนบกับผิวของชิ้นส่วนของเครื่องจักรทำได้หลายวิธี และสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมของช่วงความถี่ที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.9 ความถี่ธรรมชาติของหัววัดความเร่งเปลี่ยนแปลงตามวิธีการติดตั้งหัววัด [5]

1. การยึดหัววัดด้วยสลักเกลียว

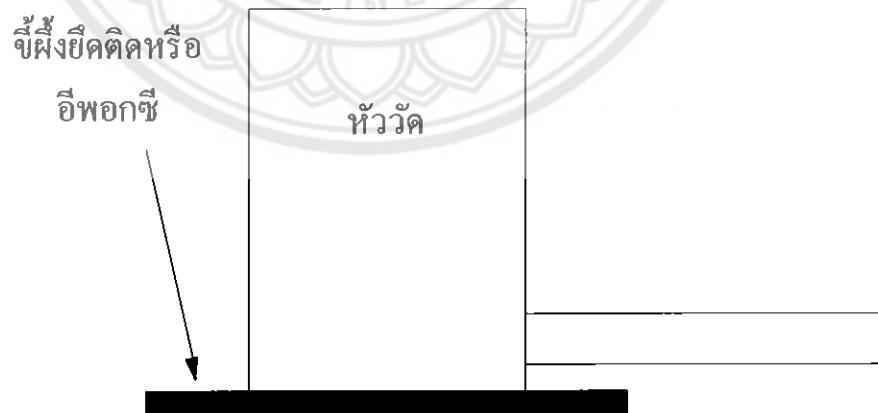
การติดตั้งโดยวิธีนี้เป็นการขัดหัววัดที่หนาแน่นนั่นคงที่สุด ความถี่ตอบสนองของการใช้งานจึงมีอ่านความถี่ใช้งานที่สูง การยึดด้วยวิธีนี้จึงเหมาะสมสำหรับการวัดการสั่นสะเทือนบนเครื่องจักรที่มีความถี่สูง ได้ ส่วนมากจะเป็นการติดตั้งหัววัดแบบดาวร เนื่องจากการติดตั้งหัววัดแบบความเร่งชุดเกียร์ของหอระบายความร้อน (Cooling tower) เป็นต้น วิธีการติดตั้งแสดงดังรูปที่ 2.10



ຮູບທີ 2.10 ກາຣຢຶດຫ້ວັດແນບຄວາມເຮັດວຽກສລັກເກລືຍາ

2. ກາຣຢຶດຫ້ວັດດ້ວຍປິ່ຜົ່ງ

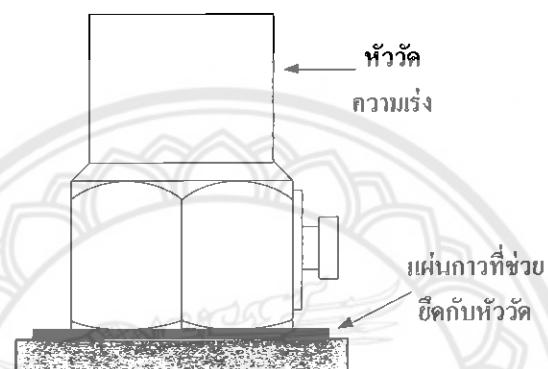
ກາຣຕິດຕັ້ງໂດຍວິທີນີ້ເປັນກາຣຢຶດຫ້ວັດດ້ວຍປິ່ຜົ່ງ ວິທີກາຣຕິດຕັ້ງຈະຕ້ອງທໍາກາຣປັບປຸງແຕ່ງພິວຫຳໜ້າຂອງຊື່ນສ່ວນຂອງເຄື່ອງຈັກໃຫ້ເຮັບເສີຍກ່ອນ ແລະ ທໍາກາຣເຫັນພິວໃຫ້ແທ້ງແລະສະອາດດ້ວຍ ເພື່ອທີ່ຈະທຳໄຫ້ປິ່ຜົ່ງປະສານຮະຫວ່າງຫ້ວັດຄວາມເຮັດວຽກກັບພິວຂອງຊື່ນສ່ວນເຄື່ອງຈັກໄດ້ສີ ສ່ວນນາກກາຣຢຶດຫ້ວັດຄວາມເຮັດວຽກວິທີນີ້ຈະເໝາະສົນກັບຫ້ວັດທີ່ນີ້ຂາດເລື່ອ ຈຶ່ງກາຣຕອບສົນອົງຂອງຄວາມຄືກາຣໃໝ່ງານຈະໄກລ້ເຄີຍກັບກາຣຢຶດຫ້ວັດດ້ວຍສລັກເກລືຍາ ແຕ່ກາຣຢຶດດ້ວຍວິທີນີ້ຈະໄໝສາມາດໃໝ່ໃນທີ່ອຸ່ນຫຼຸນສູງໄດ້ ເນື່ອຈາກກາຣທຳໄຫ້ປິ່ຜົ່ງເກີດກາຣລະລາຍໄດ້ ດັ່ງແສດງຮູບທີ 2.11



ຮູບທີ 2.11 ກາຣຢຶດຫ້ວັດແນບຄວາມເຮັດວຽກດ້ວຍປິ່ຜົ່ງ

3. การยึดหัววัดด้วยการอีพอกซี่

การติดตั้งหัววัดโดยวิธีนี้เป็นการยึดหัววัดด้วยการอีพอกซี่ การยึดหัววัดด้วยวิธีนี้จะสามารถทนต่ออุณหภูมิได้ดีกว่าขี้ผึ้งเล็กน้อย วิธีการติดตั้งเหมือนกับการติดตั้งด้วยขี้ผึ้งคือ ต้องทำการปรับแต่งผิวน้ำหน้าของชิ้นส่วนเครื่องจักรให้เรียบลisseยก่อน และทำการเช็คผิวให้แห้งและสะอาดด้วยเพื่อที่จะทำให้การอีพอกซี่ประสานระหว่างหัววัดความเร่งกับผิวของชิ้นส่วนเครื่องจักรได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 2.12



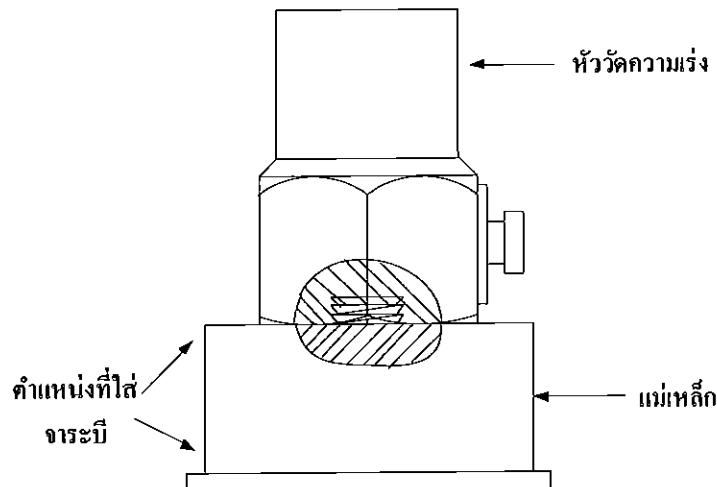
รูปที่ 2.12 การยึดหัววัดแบบความเร่งด้วยการอีพอกซี่

4. การยึดหัววัดด้วยเทปการสองหน้า

การติดตั้งหัววัดโดยวิธีนี้เป็นการยึดหัววัดด้วยเทปการสองหน้าวิธีการติดตั้งเหมือนวิธีการติดตั้งด้วยขี้ผึ้งหรือการอีพอกซี่การติดตั้งด้วยวิธีนี้จะเป็นชนวนไฟฟ้าได้ดีกว่าใช้ขี้ผึ้งและการอีพอกซี่

5. การยึดหัววัดด้วยแม่เหล็ก

การติดตั้งโดยวิธีนี้ เป็นการยึดหัววัดด้วยแม่เหล็กถาวรที่ขันแน่นกับหัววัดความเร่ง แล้วนำไปยึดติดกับชิ้นส่วนของเครื่องจักร วิธีนี้เหมาะสมสำหรับตรวจค่าการสั่นสะเทือนเป็นครั้งคราวเนื่องจากสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็ว ซึ่งการยึดติดด้วยแม่เหล็กถาวมนี้จะมีอยู่ 2 แบบคือ แบบแม่เหล็กแบบเรียบและแบบแม่เหล็ก 2 ขา โดยแบบแม่เหล็ก 2 ขาจะมีความสะดวกในการฉีกที่ทำการยึดหัววัดกับชิ้นส่วนเครื่องจักรที่มีลักษณะทรงกระบอก เป็นต้นดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การยึดหัวดัดแบบความเร่งด้วยแม่เหล็กดาวยานแม่เหล็ก

6. การยึดหัวดัดด้วยการใช้มือกัด

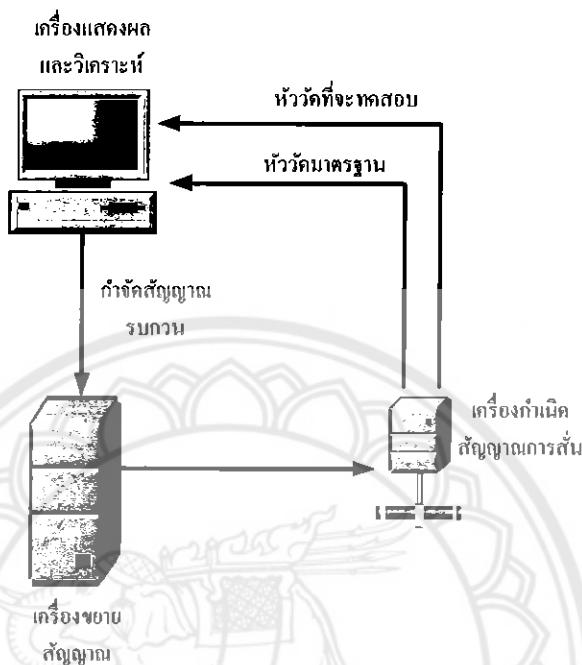
การติดตั้งหัวดัดโดยวิธีการนี้ เป็นการยึดหัวดัดด้วยการกดหัวดัดด้วยมือลงบนเครื่องจักรในกรณีที่เครื่องจักรบางชนิดไม่สามารถใช้การยึดแบบแม่เหล็กได้ เนื่องจากตัวเรือนเครื่องจักรไม่ได้ทำจากเหล็ก เช่น ทำจากอะลูมิเนียม ดังนั้นการยึดด้วยวิธีนี้จะเป็นการสะดวกมากกว่า

2.4 การปรับเทียบหัวดัดการสั่นสะเทือน

หัวดัดการสั่นสะเทือน (Transducer) เป็นชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อใช้งานไปซึ่งระยะหนึ่งอาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนหรือเกิดความผิดพลาดในการวัด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบว่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่ หรือที่เรียกว่าการปรับเทียบหัวดัดการสั่นสะเทือน (Transducer calibration) ในการดำเนินการตรวจสอบหรือปรับเทียบนั้น ควรดำเนินการในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม ไม่ควรถึงจุดเกินไป เพราะจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มสูงขึ้น และไม่ควรห่างกันจนเกินไป เพราะจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นกับหัวดัดนั้นได้

หลักการเบื้องต้นในการปรับเทียบหัวดัดการสั่นสะเทือนนั้น เป็นการนำค่าที่อ่านได้จากหัวดัดการสั่นสะเทือนที่ต้องการตรวจสอบเทียบกับค่าที่แท้จริง เช่น การปรับเทียบหัวดัดการสั่นสะเทือนแบบความเร่ง โดยการใช้เครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือนที่เรียกว่า เชคเกอร์ดังในรูปที่ 2.14 โดยนำหัวดัดการสั่นสะเทือนแบบความเร่งที่ใช้งานอยู่มาติดตั้งที่เครื่องมือ พร้อมกับหัวดัดการสั่นสะเทือนมาตรฐานที่ติดอยู่กับเชคเกอร์แล้วเปรียบเทียบผลที่อ่านได้จากหัวดัดที่นำมาทดสอบกับที่อ่านได้จากหัวดัดมาตรฐาน

แล้วนำมาพิจารณาตัดสินใจว่าจะใช้งานคือไปหรือเปลี่ยนใหม่หากค่าที่ได้เกิดความผิดพลาดสูงเกินช่วงที่ยอมรับได้



รูปที่ 2.14 เครื่องกำเนิดการสั่นสะเทือนเพื่อเปรียบเทียบหัววัดแบบความเร่งที่ต้องการทดสอบ

2.5 สัญญาณของการสั่นสะเทือน

สัญญาณของการสั่นสะเทือน (Vibration signal) ในเครื่องจักรที่ได้นี้ จะเป็นตัวช่วยในการบ่งบอกถึงสภาพหรือความบกพร่องของเครื่องจักร ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญของการวัดและวิเคราะห์การสั่นสะเทือน ซึ่งประกอบด้วย

- 1) ความถี่
- 2) ขนาดของการสั่นสะเทือน
- 3) มนแฟส

2.5.1 ความถี่

เมื่อพิจารณาสัญญาณของการสั่นสะเทือนบนกราฟโดยเน้นเวลาแล้ว ความถี่ในที่นี่ก็คือจำนวนรอบของการสั่นสะเทือนต่อหน่วยเวลา และหน่วยที่นิยมใช้จะเป็นรอบต่อนาทีและบางครั้งใช้เป็นรอบต่อวินาทีหรือหน่วยเซริตซ์ ความถี่นี้จะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากในการบ่งบอกถึง

แหล่งที่มาของปัญหาหรือความบกพร่องของเครื่องจักร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ถึงปัญหาหรือข้อบกพร่องที่แท้จริงของเครื่องจักรกล

2.5.2 ขนาดของการสั่นสะเทือน

ขนาดของการสั่นสะเทือน (Amplitude) จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพความรุนแรงของการสั่นสะเทือนในเครื่องจักรกล ถ้าขนาดของการสั่นสะเทือนมีค่าเพิ่มขึ้นมากเมื่อเทียบกับสภาพปกติ แสดงว่าเครื่องจักรกลนั้นเริ่มนีปัญหา ซึ่งขนาดของการสั่นสะเทือนที่ใช้ในปัจจุบันและเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดมีอยู่ 3 ชนิดคือ

- 1) การขัดหรือระยะการเคลื่อนที่
- 2) ความเร็ว
- 3) ความเร่ง

การขัดหรือระยะการเคลื่อนที่ หมายถึงระยะการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือมวลจากจุดสมดุล เคลื่อนที่ไปสู่จุดที่สูงที่สุดแล้วเคลื่อนที่ไปสู่จุดต่ำสุด ซึ่งเป็นระยะทางทั้งหมดที่วัตถุเคลื่อนที่จากจุดสูงสุดไปสู่จุดต่ำสุดในแต่ละรอบของการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นๆ

ความเร็วของการสั่นสะเทือน หมายถึงความเร็วของการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของวัตถุ วัตถุจะมีความเร็วเป็นศูนย์เมื่อเคลื่อนที่อยู่ที่จุดสูงสุดและต่ำสุด และมีความเร็วสูงสุดในขณะที่เคลื่อนที่ผ่านจุดสมดุล

ความเร่งของการสั่นสะเทือน หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุในขณะที่เคลื่อนที่กลับไปกลับมา โดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อยืนในตำแหน่งสูงสุดและต่ำสุดจากจุดสมดุล

2.5.3 มุมไฟส

มุมไฟสของการสั่นสะเทือน หมายถึงความแตกต่างของตำแหน่งชิ้นส่วนหรือวัตถุที่มีการสั่นสะเทือนชิ้นหนึ่ง เมื่อเทียบกับจุดอ้างอิงหรือชิ้นส่วนที่มีการสั่นสะเทือนอีกชิ้นหนึ่ง

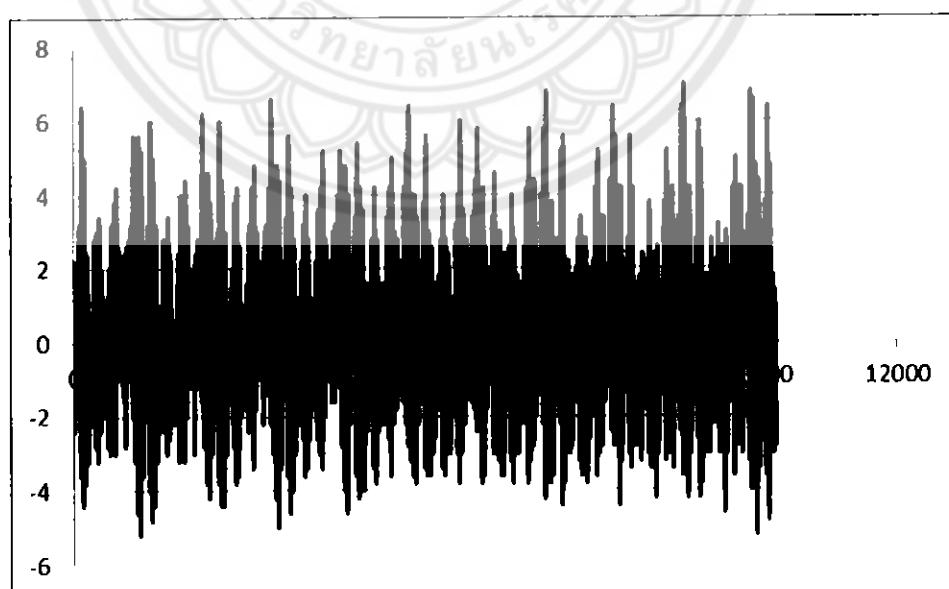
2.6 หน่วยวัดขนาดของการสั่นสะเทือน

การออกขนาดของการสั่นสะเทือนจะบอกในลักษณะการสั่นสะเทือนแบบรวม (Overall vibration) ที่ใช้กันทั่วไปจะประกอบด้วย

- 1) การขัดหรือระยะการเคลื่อนที่ค่าよดสูงสุด (Peak) จะบอกว่าระดับสูงสุดของการสั่นสะเทือนที่เบี่ยงเบนไปจากระดับอ้างอิง โดยไม่คำนึงถึงลักษณะของการสั่นสะเทือนอย่างอื่น ซึ่งค่านี้ส่วนมากจะใช้วัดการสั่นสะเทือนที่เกิดจากการกระแทกในช่วงเวลาสั้นๆ
- 2) ค่าよดสูงสุดถึงยอดสูงสุดค้านตรงข้าม (Peak to peak) เป็นค่าของขนาดการสั่นสะเทือนที่วัดจากจุดสูงสุดของ คลื่นไซน์กับจุดต่ำสุดของคลื่นไซน์
- 3) ค่าเฉลี่ย (Average) เป็นค่าเฉลี่ยของขนาดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งๆ ซึ่งการสั่นสะเทือนนั้นจะมีทั้งค่าบวกและค่าลบเมื่อเทียบกับตำแหน่งอ้างอิง
- 4) ค่าอาร์เร็มส์ (Root mean square: rms) เป็นค่าของขนาดการสั่นสะเทือนที่ได้จากการนำค่าที่วัดได้โดยเวลาที่เกิดขึ้นในช่วงหนึ่งๆ มายกกำลังสอง แล้วทำการเฉลี่ยตลอดเวลา และถอดรากที่สองออกมา

2.7 กราฟโดยเมนเวลา

กราฟโดยเมนเวลา เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าขนาดการสั่นสะเทือนกับเวลา โดยแกนนอนจะเป็นแกนของเวลา ส่วนในแนวแกนตั้งจะเป็นขนาดของการสั่นสะเทือน ดังแสดงในรูปที่ 2.15

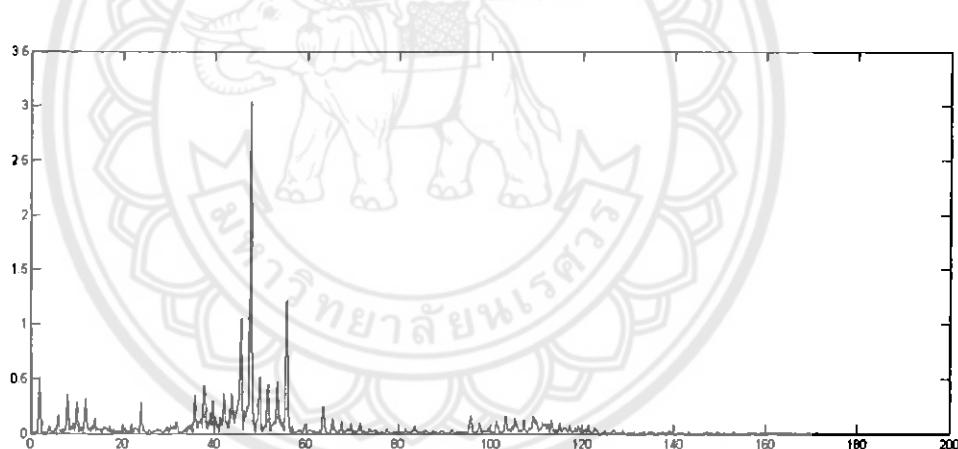


รูปที่ 2.15 ลักษณะกราฟโดยเมนเวลา

2.8 กราฟสเปกตรัม

กราฟสเปกตรัมเป็นกราฟแสดงขนาดของการสั่นสะเทือนบนแกนของความถี่ การแสดงผลลักษณะนี้หากนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องกลแล้ว ก็จะให้ข้อมูลของการสั่นสะเทือนได้มากกว่าข้อมูลจากการวิเคราะห์สัญญาณจากกราฟโดยmenเวลา เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนถึงความสัมพันธ์ของการแปลงสัญญาณจากกราฟโดยmenเวลาไปสู่สัญญาณบนโดยmenความถี่

โดยจะมีแกนตั้งเป็นแกนที่แสดงถึงขนาดของการสั่นสะเทือน ซึ่งขนาดของการสั่นสะเทือนนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความรุนแรงของความบกพร่องของเครื่องจักรนั้น ถ้าขนาดของการสั่นสะเทือนสูงมาก เครื่องจักรนั้นมีโอกาสมีความเสียหายได้เร็วขึ้น และแนวแกนนอนจะเป็นแกนความถี่ ซึ่งแกนนี้จะบ่งชี้ถึงสาเหตุของความบกพร่องของเครื่องจักรกล สามารถระบุสาเหตุและตำแหน่งของความบกพร่องที่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนในเครื่องจักรกลได้ ตัวอย่างกราฟความถี่หรือกราฟสเปกตรัมจะแสดงดังรูปที่ 2.16



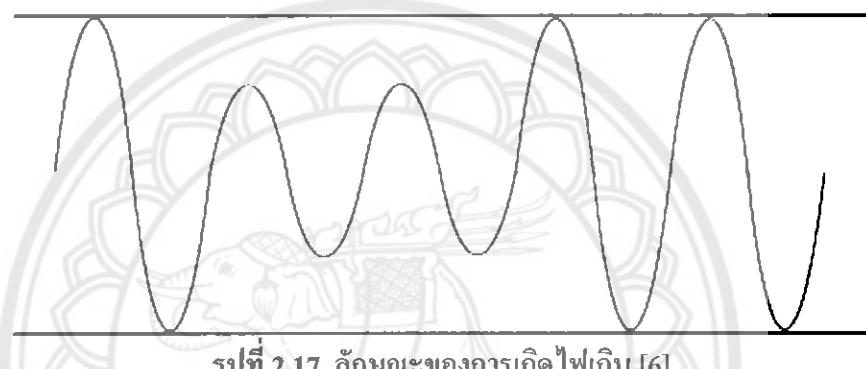
รูปที่ 2.16 ลักษณะกราฟสเปกตรัม

2.9 ສภาวะทางไฟฟ้า

สภาวะทางไฟฟ้า (Electrical pollution) คือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า แล้วทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ โหลด ไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ หรือ อาจเกิดปัญหาให้โหลดเสียหายได้ โดย สามารถแบ่งมลภาวะทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในระบบสายสั่งกำลังแบบ 220 โวลต์อาร์เอ็มเอส (V_{RMS}) ความถี่ 50 เฮิรตซ์ (Hertz)

2.9.1 ไฟเกิน

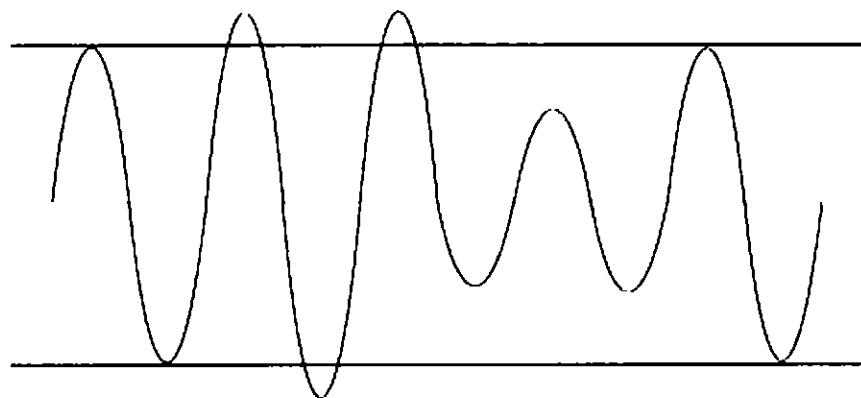
ไฟเกิน (Over voltage) เป็นสภาวะที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงเพิ่มขึ้นเป็นระยะเวลาหนึ่ง โดยอาจจะมีสาเหตุต่างๆ กัน เช่น เกิดจากตำแหน่งใช้งานที่ใกล้แหล่งจ่ายไฟฟ้าเกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดจากการปลดโหลดขนาดใหญ่ออกจากระบบ การสวิตช์ตัวเก็บประจุเข้าระบบ หรือการปรับ แทป (Tap) ของหม้อแปลงไม่เหมาะสม เป็นต้น โดย “ลักษณะของการเกินไฟเกินจะวัดได้จากการที่ค่าอาร์เร็มเอส (RMS) ของแรงดันในสายกำลังมีค่าเกินกว่า $242 - 264V_{RMS}$ ในช่วงเวลาหนึ่งกว่า 1 นาที” ซึ่งจะมีผลกระทบต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องใช้งานอยู่ให้มีคุณภาพเสื่อมลง และ มีอายุใช้งานสั้นลง ลักษณะของการเกิดไฟเกินแสดงรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ลักษณะของการเกิดไฟเกิน [6]

2.9.2 ไฟตก

ไฟตก (Under voltage) เป็นสภาวะที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าลดลงเป็นระยะเวลาหนึ่ง โดยอาจเกิดได้จากหลายสภาวะ เช่น การใช้กำลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำลังงานสูง ตำแหน่งใช้งานอยู่ใกล้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้า เกิดจากการต่อโหลดขนาดใหญ่เข้าสู่ระบบ การสวิตช์ตัวเก็บประจุออกจากระบบ เป็นต้น โดย “ลักษณะแรงดันไฟตกจะวัดได้จากการที่ค่าอาร์เร็มเอสของแรงดันในสายกำลังมีค่าต่ำกว่า $176 - 198V_{RMS}$ ในช่วงเวลาหนึ่งกว่า 1 นาที” ซึ่งส่งผลให้เครื่องใช้ไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้ดี หรือ อาจจะดึงกระแสสูงขึ้น (Overload) ทำให้เกิดความเสียหาย หรือ อายุใช้งานสั้นลง ลักษณะของการเกิดไฟตกแสดงรูปที่ 2.18

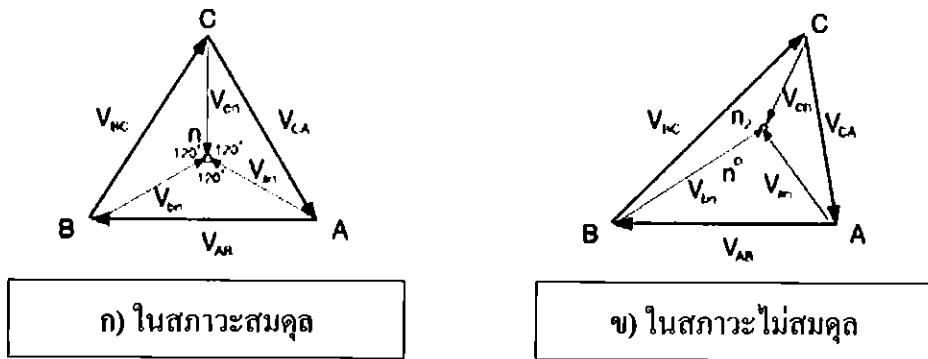


รูปที่ 2.18 ลักษณะของการเกิดไฟฟ้า [6]

2.10 แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

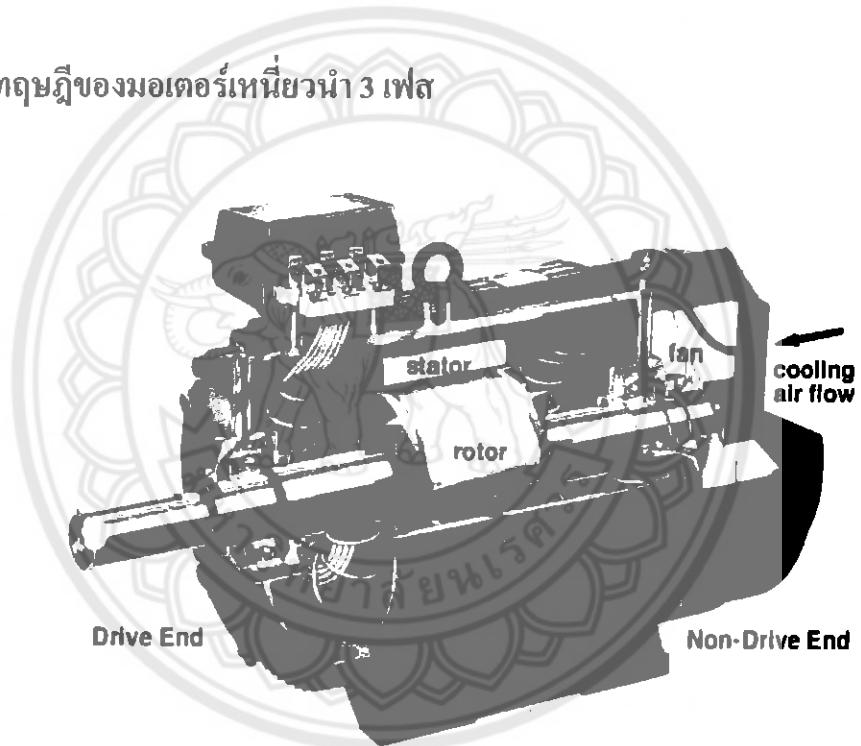
โดยทั่วไปผู้ที่ใช้อุปกรณ์นิيدสามเฟส (Three phase) คาดหวังว่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากกระแสไฟฟ้าจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดและมีมุนระห่วงเฟสของแรงดันที่เท่ากันจะเห็นว่าขนาดของแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสจะมีค่าเท่ากันและมุนระห่วงเฟสจะห่างกัน 120 องศา ทางไฟฟ้า และในขณะเดียวกันแรงดันระหว่างเฟสทั้งสาม เมื่อเทียบกับจุดเป็นกลาง (Neutral) ก็จะมีความสมดุลกันด้วยเช่นกัน หรืออาจกล่าวได้ว่ามีความสมดุลกันทั้งสามเฟสนั่นเองดังรูปที่ 2.18

แต่ถ้าหากแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสทั้งสามไม่สมดุลกัน (Phase-to-phase voltage unbalance) ดังรูปที่ 2.19 ข) จะเห็นว่าค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสทั้งสามไม่สมดุลกันทั้งขนาดและมุน มีผลทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าเกิดความไม่สมดุลกันทั้งขนาดและมุน มีผลทำให้ค่าแรงดัน Phase-to-neutral เกิดความไม่สมดุลตามไปด้วย ดังจะเห็นว่าจุดเป็นกลาง n (Neutral point) จะเคลื่อนที่ไปอยู่ที่ตำแหน่ง n_2 แทน ซึ่งผลของการเกิดแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุลกันในลักษณะเช่นนี้ จะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดสามเฟส (Three phase loads) เช่น นาฬอร์หนีบงานที่สามารถปรับความเร็วของได้ (ADS) มีประสิทธิภาพลดลง เสียหาย หรือหยุดการทำงานได้



รูปที่ 2.19 เฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าห้วยสามเฟส [7]

2.11 ทฤษฎีของมอเตอร์หนี่ยวนำ 3 เฟส



รูปที่ 2.20 มอเตอร์หนี่ยวนำ 3 เฟส [8]

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่นคุณสมบัติที่ดีคือมีความเร็วรอบคงที่ เมื่อจากความเร็วรอบอินดักชั่นมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมีราคาถูกโครงสร้างไม่ซับซ้อน สะดวกในการบำรุงรักษา เพราะไม่มีคอมมิเตเตอร์และแปรผั่งด้านหนึ่ง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีใช้วิ่งกับเครื่องควบคุมความเร็วแบบอินเวอร์เตอร์ สามารถควบคุมความเร็วได้ดีแต่คุณยั่งคงความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์นิยมใช้กันมาก เป็นต้น

2.11.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส มีโครงสร้างเรียบง่ายโดยมีส่วนประกอบหลักคือ ส่วนอยู่กับที่ หรือสเตเตอร์ ส่วนหมุนหรือโรเตอร์ และฝาปิดหัวท้ายมอเตอร์ที่ทำหน้าที่ปิดเพดาน ปกติแล้ว ระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์จะถูกขันด้วยช่องอากาศขนาดเล็กที่มีค่าระหว่าง 0.4 - 4 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังมอเตอร์ ส่วนประกอบที่สำคัญของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสมีดังนี้

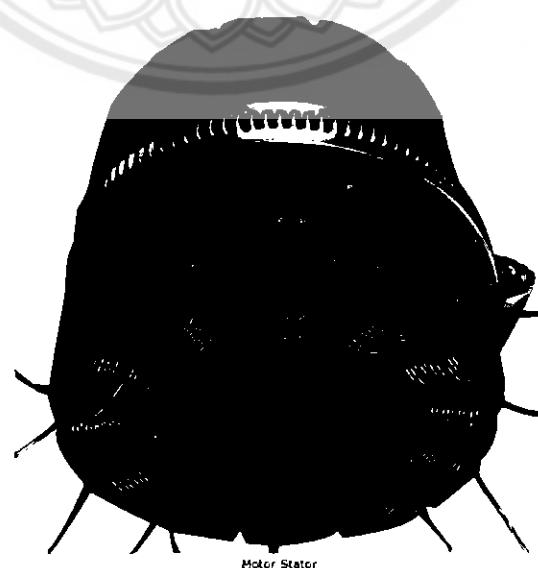
1. สเตเตอร์

สเตเตอร์ (Stator) จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ซึ่งจะประกอบด้วยโครงของมอเตอร์ แกนเหล็ก สเตเตอร์ และขดลวด

โครงมอเตอร์ (Frame) จะทำด้วยเหล็กหล่อทั้งระบบออกกลาง ฐานส่วนล่างจะเป็นขาตั้ง มีกล่องสำหรับต่อสายไฟอยู่ด้านบนหรือด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 2 โครงจะทำหน้าที่บีบแกนเหล็ก สเตเตอร์ให้แน่นอยู่กับที่ผิวด้านนอกของโครงมอเตอร์ จะออกแบบให้มีลักษณะเป็นครีบ เพื่อช่วยในการระบายความร้อน

ในกรณีที่เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก ๆ โครงจะทำด้วยเหล็กหล่อ แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ โครงจะทำด้วยเหล็กหล่อหนา เช่น ซึ่งจะทำให้มอเตอร์มีขนาดเล็กกะทัดรัดมากขึ้น แต่ถ้าใช้เหล็กหล่อ ก็จะให้มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก

แกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ มีลักษณะกลม เจาะตรงกลางและ เซาะร่องภายในโดยรอบ แผ่นเหล็กชนิดนี้เรียกว่า ลามิเนท ซึ่งจะถูกเคลือบด้วยชีลิกอน



รูปที่ 2.21 สเตเตอร์ [9]

2. โรเตอร์

โรเตอร์ (Rotor) นอตอร์ชนิดหนึ่งนำจะนีโรเตอร์ 2 ชนิด คือ โรเตอร์แบบกรุงกระอก และ โรเตอร์แบบขดลวดพันหรือแบบวัววัว ซึ่งจะมีส่วนประกอบดังนี้คือ แกนเหล็ก โรเตอร์ขดลวด ใบพัดและเพลา

โรเตอร์แบบกรุงกระอก (Squirrel cage rotor) จะประกอบด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ ที่เรียกว่า แผ่นเหล็ก laminae ซึ่งจะเป็นแผ่นเหล็กชนิดเดียวกันกับสเตเตอร์ มีลักษณะเป็นแผ่นกลม ๆ เช่าร่องผิวภายนอกเป็นร่องโดยรอบ ตรงกลางจะเจาะรูสำหรับสวมเพลา และจะเจาะรูรอบ ๆ รูตรงกลางที่สวมเพลาทั้งนี้เพื่อช่วยให้ในการระบายความร้อน และยังทำให้โรเตอร์มีน้ำหนักเบาลง เมื่อนำแผ่นเหล็กไปสวมเข้ากับแกนเพลาแล้วจะได้เป็นแกนเหล็ก โรเตอร์ หลังจากนั้นก็จะใช้แท่งตัวทองแดงหรือแท่งอะลูминียมหล่ออัดเข้าไปในร่องของแกนเหล็กสเตเตอร์เข้าไปวางห้องด้านด้วยวงแหวนตัวนำทั้งนี้เพื่อให้ขดลวดครบวงจรไฟฟ้าหรืออาจนำแกนเหล็กสเตเตอร์เข้าไปในแบบพิมพ์แล้วฉีดอะลูминียมเหลวเข้าไปในร่อง ก็จะได้อะลูминียมอัดแน่นอยู่ในร่องจนเต็มและจะได้ขดลวดตัวนำแบบกรุงกระอกฝังอยู่ในแกนเหล็ก ขดลวดในโรเตอร์นั้นจะเป็นลักษณะของตัวนำที่เป็นแท่งซึ่งอาจใช้ทองแดง หรืออะลูминียมประกอบเข้าด้วยกันเป็นลักษณะคล้ายกรงนกหรือกรุงกระอก ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 โรเตอร์แบบกรุงกระอก [10]

2.12 การกำหนดปริมาณของแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าในสภาวะไม่สมดุล

การทดสอบมอเตอร์เหนี่ยววน้ำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าไม่สมดุล สามารถคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าได้จากนิยามที่เกี่ยวข้องกับแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

ตามมาตรฐานของ IEEE Std 141 ได้ให้คำนิยามของเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าเฟส (Phase Voltage Unbalance in Percent) หรือ PVUR (%) ไว้ดังนี้

$$\text{PVUR (\%)} = \frac{\text{maximum voltage deviation from average phase voltage magnitude}}{\text{average phase voltage magnitude}} * 100$$

$$= \frac{\max [|V_a - V_{avg}|, |V_b - V_{avg}|, |V_c - V_{avg}|]}{V_{avg}} * 100\% \quad (2.11)$$

$$\text{เมื่อ } V_{avg} = \frac{V_a + V_b + V_c}{3}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าในสภาวะไม่สมดุล 1 เฟส

- แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 5%

$V_b, V_c = 220\text{ Volt}$	$\% \text{ PVUR} = 5$
$V_{avg} = \frac{V_a + V_b + V_c}{3} = \frac{V_a + 440}{3}$	

ตั้งสมมุติฐาน

$$\text{กรณีที่ 1} \quad |V_{avg} - V_a| \Rightarrow \text{MAX}$$

$$5 = \frac{\left[\frac{V_a + 440}{3} - V_a \right] * 100}{\frac{V_a + 440}{3}}$$

$$5 = \frac{100V_a + 44000 - 300V_a}{V_a + 440}$$

$$5V_a + 2200 = 44000 - 200V_a$$

$$205V_a = 41800$$

$$V_a = 203.9$$

กรณีที่ 2 $|200 - V_{avg}| \Rightarrow MAX$

$$S = \frac{\left[200 - \frac{V_a + 440}{3} \right] * 100}{\frac{V_a + 440}{3}}$$

$$S = \frac{66000 - 100V_a - 44000}{V_a + 440}$$

$$5V_a + 2200 = 22000 - 100V_a$$

$$105V_a = 19300$$

$$V_a = 188.57$$

คำตอบที่ถูกต้อง V_a จะต้องน้อยกว่า V_{avg} ไม่เกิน 5%

$$\begin{aligned} V_{avg1} &= [203+440]/3 \\ &= 214.33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{avg2} &= [188.57+440]/3 \\ &= 209.52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PVUR (\%) &= [214.33-203.9]/214.33 & PVUR (\%) &= [209.52-188.57]/209.52 \\ &= 0.048 \Rightarrow 5\% & &= 0.099 \Rightarrow 10\% \end{aligned}$$

เห็นได้ว่ากรณีที่ 2 นั้นไม่เป็นจริงเนื่องจากเราต้องการคิดแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ

1 เฟส 5%

$$\therefore V_a = 203.9 \quad V_b = 220 \quad V_c = 220$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าในสภาวะไม่สมดุล 2 เฟส

- แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 5%

$V_c = 220 \text{ Volt}$	$\% \text{ PVUR} = 5$
$V_{avg} = \frac{V_a + V_b + V_c}{3} = \frac{2V_a + 220}{3}$	

ต้องสมมุติฐาน

กรณีที่ 1 $|V_{avg} - V_a| \Rightarrow MAX$

$$5 = \frac{\left[\frac{2V_a + 220}{3} - V_a \right] * 100}{\frac{2V_a + 220}{3}}$$

$$5 = \frac{200V_a + 22000 - 300V_a}{2V_a + 220}$$

$$10V_a + 1100 = 22000 - 100V_a$$

$$110V_a = 209000$$

$$V_a = 190$$

กรณีที่ 2 $|200 - V_{avg}| \Rightarrow MAX$

$$5 = \frac{\left[200 - \frac{2V_a + 220}{3} \right] * 100}{\frac{2V_a + 220}{3}}$$

$$5 = \frac{66000 - 200V_a + 22000}{2V_a + 220}$$

$$10V_a + 1100 = 44000 - 200V_a$$

$$210V_a = 42900$$

$$V_a = 204.3$$

คำตอนที่ต้อง V_a จะต้องน้อยกว่า V_{avg} ไม่เกิน 5%

$$\begin{aligned} V_{avg1} &= [2*190+220]/3 \\ &= 200 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PVUR (\%) &= [200-190]/200 \\ &= 0.05 \Rightarrow 5\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{avg2} &= [2*204.3+220]/3 \\ &= 209.53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PVUR (\%) &= [209.53-204.3]/209.53 \\ &= 0.025 \Rightarrow 2.5\% \end{aligned}$$

และ V_c (220 V) ก็จะต้องมากกว่า V_{avg} ไม่เกิน 5% ด้วยเช่นกัน

$$\text{PVUR (\%)} = [220-200]/200 \\ = 0.01 \Rightarrow 1\%$$

$$\text{PVUR (\%)} = [220-209.53]/209.53 \\ = 0.049 \Rightarrow 5\%$$

เห็นได้ว่ากรณีที่ 1 ไม่เป็นจริงเนื่องจากเราต้องการคิดแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 5%

$$\therefore V_a = 204.3 \quad V_b = 204.3 \quad V_c = 220$$

หมายเหตุ: สภาวะความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า 2 เฟส จะกำหนดให้ค่าแรงดันไฟฟ้าใน 2 เฟสที่เกิดความผิดปกติมีค่าเท่ากันเพื่อให้ง่ายกับการพิจารณา



บทที่ 3

วิธีการทดลองและผลกระทบ

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

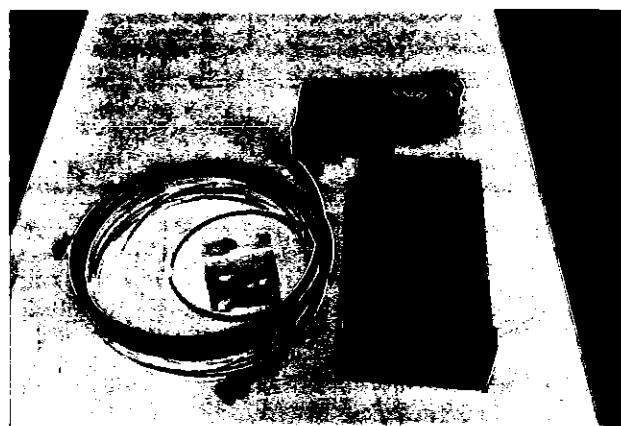
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีทั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ และคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง รวมทั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.1 - 3.6



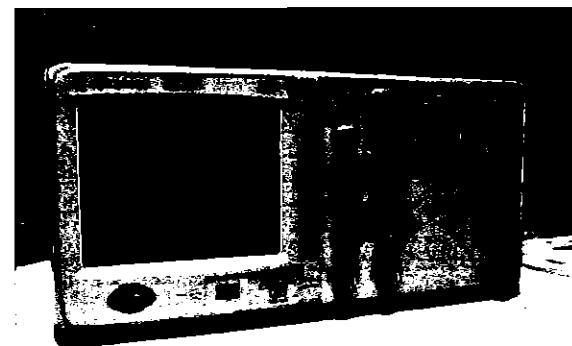
รูปที่ 3.1 จิ่งและหัวดัดความเร่ง



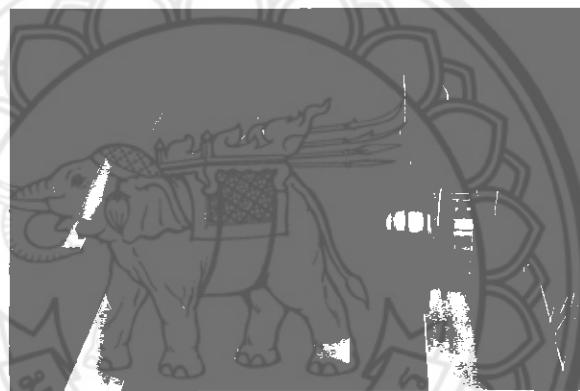
รูปที่ 3.2 สายนำสัญญาณการสั่นสะเทือน



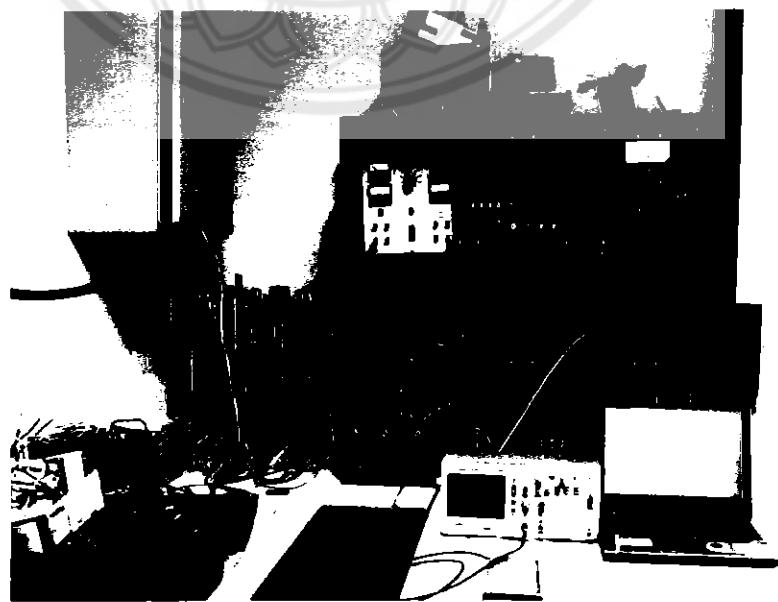
รูปที่ 3.3 ชุดอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน



รูปที่ 3.4 ออสซิลโลสโคป



รูปที่ 3.5 นอเตอร์เหนี่ยวนำสำนักเพส



รูปที่ 3.6 การทดสอบนอเตอร์

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

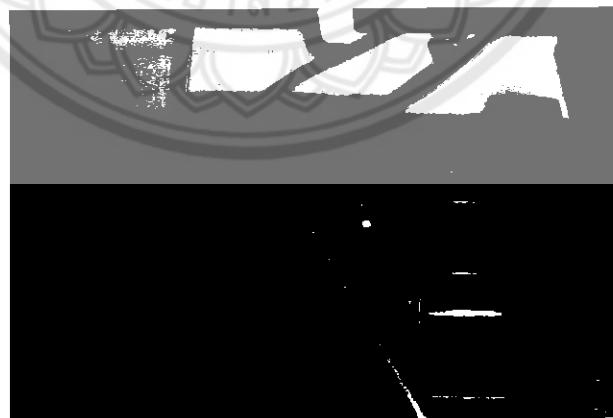
3.2.1 วิธีในการทดสอบและถักขยะในการติดตั้งหัววัดในการทดลอง

ทำการต่อแหล่งจ่ายไฟ เข้ากับมอเตอร์เห็นี่ขวาน่า 3 เฟส โดยใช้แหล่งจ่าย 1 ตัวต่อ 1 เฟส ดังนั้นใช้แหล่งจ่ายทั้งหมด 3 ตัว จากนั้นติดตั้งหัววัดการสั่นสะเทือนบริเวณที่ต้องการทดสอบ โดยค่าเอาท์พุตที่ได้ต่อเข้ากับเครื่องออกออดซิลโลสโคปจะได้เป็นกราฟเวฟฟอร์มจากนั้นทำการแปลงเป็นกราฟสเปกตรัมโดยใช้โปรแกรมแมทแลบ

การติดตั้งหัววัดการสั่นสะเทือนบริเวณที่ต้องการทดลอง



รูปที่ 3.7 การติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์



รูปที่ 3.8 การติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์



รูปที่ 3.9 การติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์

3.2.2 การทดสอบเพื่อคุณภาพและมาตรฐานของกราฟสเปกตรัมของการสั่นสะเทือนในสภาพต่างๆ

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองเสร็จสิ้น ทำการปรับแรงดันในสภาพไม่สมดุล 1 เฟส 2 เฟส เลือกจ่ายแรงดันไม่สมดุล 5 ระดับ 1%, 2%, 3%, 4% และ 5% และขับไฟลด 20%, 40%, 60%, 80% และ 100%

3.2.3 การทดสอบเพื่อคุณภาพและมาตรฐานของกราฟสเปกตรัม

จากการทดลองที่ได้จากเครื่องข้อสซิลโลสโคปจะเป็นกราฟเวฟฟอร์มแบ่งเป็นกราฟสเปกตรัมด้วยโปรแกรมแมทแลป

สมการในการใช้แบ่งเวฟฟอร์มเป็นกราฟสเปกตรัม

close all

clear all

$x = xlsread('361.csv', 1, 'B12:B10011');$ เรียกข้อมูลจากไฟล์ CSV

$Fs1=2000;$ ความถี่ที่เลือกใช้

$Ts1=1/Fs1;$ หาความเวลา

$L1=10000;$ ให้ผลลัพธ์มีจำนวนเท่ากับ 10000

$t=0:Ts1:(L1-1)*Ts1;$ ทำการสุ่มตัวอย่าง

$w1=hann(L1);$ กำหนดความถี่แบ่งกล่องที่ไม่ต้องการ

$z1=x.*wl;$	
$Y1 = fft(z1)/L1;$	การหาค่าการแปลงฟูเรียร์ของวงแตอร์ (z1)
$f1=(0:L1-1)/L1*Fs1;$	แกนความถี่
$y1=2*abs(Y1);$	ใส่ค่าสัมบูรณ์ให้ (Y1) และคูณสองเพื่อให้เห็น ความถี่ทั้งสองข้าง
$y1=2*y1;$	คูณสองเพื่อเพิ่มค่าแอมพลิจูดให้สูงขึ้นเพื่อจ่าย ต่อการพิจารณา

figure(1)

plot(f1,y1)

3.3 อุปกรณ์การวัดและวิเคราะห์การสั่นสะเทือน

ในการวัดและวิเคราะห์การสั่นสะเทือนในมอเตอร์นั้น มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่หลายส่วนด้วยกัน เช่น หัววัดสัญญาณการสั่นสะเทือน สายนำสัญญาณ เครื่องมือวัดและบันทึกผล และระบบคอมพิวเตอร์พร้อมซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์วิเคราะห์วิเคราะห์

3.3.1 หัววัดสัญญาณการสั่นสะเทือน

หัววัดสัญญาณการสั่นสะเทือน (Vibration transducer) เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กซึ่งมีหลักการทำงานคือ เปลี่ยนการเปลี่ยนแปลงทางกลให้เป็นการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า เพื่อที่จะส่งสัญญาณทางไฟฟ้านั้นผ่านสายนำสัญญาณไปสู่เครื่องวัดและบันทึกเก็บค่าและแปลงกลับมาแสดงผลทางกล

3.3.2 สายนำสัญญาณการสั่นสะเทือน

สายนำสัญญาณการสั่นสะเทือน (Vibration cable) เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมระหว่างหัววัดสัญญาณการสั่นสะเทือนกับเครื่องวัดการสั่นสะเทือน โดยจะทำหน้าที่นำสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าไปสู่เครื่องวัดและบันทึกผล

3.3.3 เครื่องวัดและบันทึกผลการสั่นสะเทือน

เครื่องวัดและบันทึกผลการสั่นสะเทือน (Vibration recorder) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีหน้าที่อ่านค่าและบันทึกผลจากการวัดการสั่นสะเทือน ซึ่งสัญญาณที่ได้มานาจะเป็นสัญญาณในรูปแบบดิจิตอลหรือสัญญาณในรูปแบบอนาล็อก

3.3.4 คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์

คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ (Computer and software) จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากเครื่องมือวัดและบันทึกผล เมื่อผู้ที่ทำหน้าที่ในการดำเนินการวัดเก็บค่าการสั่นสะเทือนของนอเตอร์แล้ว ก็จะนำข้อมูลที่ได้มาถ่ายโอนเข้าสู่คอมพิวเตอร์ที่มีซอฟแวร์รองรับ สำหรับการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนนี้สามารถแสดงผลลอกมาในรูปของกราฟแบบต่างๆ

3.4 ระบบการวัดการสั่นสะเทือน

ระบบการวัดการสั่นสะเทือนจะมีองค์ประกอบหลักอย่าง ชี้แจงคงให้เห็นถึงระบบและขั้นตอนการวัดการสั่นสะเทือน จากภาพข้างบนจะเป็นขั้นตอนของหัววัดสัญญาณจะทำหน้าที่เปลี่ยนปริมาณทางกลเข้า ความเร็ว ความเร่ง หรือแรง ให้กลายเป็นปริมาณทางไฟฟ้าที่สามารถตรวจด้วยเซ็นเซอร์ไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า

ขั้นตอนนานេះของการรับสัญญาณไฟฟ้า นั้นจะเป็นสัญญาณที่มีขนาดเด็กหรืออาจมีสัญญาณรบกวนทำให้มีสัญญาณอื่นนอกเหนือจากสัญญาณที่เกิดจากการสั่นรวมมากับสัญญาณแล้ว เข้ามาสู่ระบบการวัด ดังนั้นอาจต้องมีการปรับสัญญาณการที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป การปรับสภาพสัญญาณก็อาจใช้เครื่องขยายสัญญาณให้ใหญ่ขึ้น หรือใช้อุปกรณ์กรองสัญญาณ ขั้นตอนไปถึงแปลงค่าสัญญาณจากลักษณะที่เป็นอนาล็อกให้เป็นสัญญาณของดิจิตอล เพื่อนำเข้าไปสู่คอมพิวเตอร์เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป



รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบสำหรับการวัดและวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือน

ปัจจัยที่ช่วยในการเลือกใช้เครื่องมือแบบใดประเภทใดนั้น มีดังนี้

- 1) ย่านหรือช่วงความถี่และขนาดของการสั่นสะเทือน
- 2) ขนาดของชิ้นงานหรือโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง
- 3) สภาพการทำงานของเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง
- 4) ชนิดของอุปกรณ์ประมวลผล และอุปกรณ์ที่เก็บข้อมูล

3.5 ผลกระทบที่เกิดกับมอเตอร์

มอเตอร์นับเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับเครื่องจักรต่างๆ เนื่องจากการทำงานน้ำที่เป็นหัวต้นกำลัง โดยแบ่งพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเพื่อขับโหลดต่างๆ ความเสื่อมสภาพจากการใช้งานหรือความผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้น เนื่องจาก โรเตอร์และสเตเตเตอร์ต้องรับแรงที่เกิดจากสนามแม่เหล็กอยู่ตลอดเวลา ความเสียหายที่เกิดขึ้นทางกล จากความร้อนและทางไฟฟ้าจะกระทบโดยตรงกับประสิทธิภาพในการทำงานและอาจก่อให้เกิดการชำรุดของมอเตอร์

ผลกระทบที่เกิดจากการสั่นสะเทือนที่เห็นได้ชัดเจนคือการลดลงของชีนส่วนต่างๆ เช่น แบร์ริง ชด漉ด การแตกร้าวของฉนวนที่นำไฟสู่การลัดวงจร ผลกระทบจากความร้อน อุณหภูมิเพิ่มของมอเตอร์นำไฟสู่การเสื่อมของฉนวน สารหล่อลื่นมีความหนืดลดลงอาจทำให้แบร์ริงเสียหายเนื่องจากการขาดสารหล่อลื่น

ผลกระทบทางไฟฟ้า เช่น กระแสและแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล แรงดันตกหรือเกินการลดลงของชุดต่อการลัดวงจรภายในบดลวนการแตกร้าวของตัวนำโรเตอร์นำไฟสู่ความร้อนหรือการสั่นสะเทือนในที่สุด

3.5.1 ผลกระทบที่มีต่อนมอเตอร์เมื่อแรงดันไม่สมดุล

แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลคือ ค่าแรงดันไฟฟ้าแต่ละเฟสไม่เท่ากัน และหรือ มุมของแต่ละเฟสอาจจะห่างกันไม่เท่ากัน 120 องศาทางไฟฟ้า เกิดจากการต่อโหลดหนึ่งเฟสในระบบจำหน่ายสามเฟสทำให้ขนาดแรงดันไม่เท่ากัน หรือการต่อโหลดค้าปั๊มเตอร์ 1 เฟส ทำให้มุมเฟสของแรงดันผิดเพี้ยนไป ผลกระทบกระเทือนต่อมอเตอร์สามเฟสที่เกิดจากแรงดันไม่สมดุลพอสรุปได้ว่า

- 1) กระแสไฟฟ้าไม่สมดุล ในกรณีมอเตอร์ใช้โหลดเต็มที่กระแสไฟฟ้าไม่สมดุลทำให้มอเตอร์ร้อนเกินและใหม้ชาร์จ
- 2) อุณหภูมิเพิ่ม แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลเพียง 4% จะทำให้อุณหภูมิของมอเตอร์เพิ่มขึ้นถึง 25%
- 3) กระแสสตาร์ท (Locked rotor current) จะเพิ่มขึ้น และมีความไม่สมดุล เช่นเดียวกับแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทำให้แรงบิดและความเร็วคล่อง

เมื่อแรงดันที่จ่ายป้อนให้กับมอเตอร์แบบสามเฟสไม่สมดุล จะมีผลทำให้เกิดกระแสไม่สมดุลในบดลวนของมอเตอร์ กล่าวคือเมื่อแรงดันที่สามเฟสเพียงเบอร์เดือนี้อยู่ในจ่ายให้กับ

มอเตอร์ จะมีผลทำให้เกิดความไม่สมดุลของกระแสอย่างมาก และนอกจากนั้นจะทำให้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นช่วงมอเตอร์รันในสภาวะที่กำลังขับโหลดมีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่ามอเตอร์รันในเงื่อนไขเดียวกัน ในขณะที่แรงดันลมดูปลดตัวไป

3.5.2 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของมอเตอร์ไฟฟ้าเนื่องจากสาเหตุแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่เต็มพิกัดโหลด เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิกายในมอเตอร์ ($\% \Delta T$) จะมีผลจากแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล ซึ่งสามารถประมาณค่าได้เท่ากับสองเท่าของค่าเปอร์เซ็นต์แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลยกกำลังสอง ซึ่งสามารถแสดงได้ในสมการดังต่อไปนี้

$$\% \Delta T = 2 \times (\% VUB)^2 \quad (3.1)$$

โดยเมื่อนำสมการที่ (3.1) มาแสดงเป็นกราฟดังรูปที่ 3.7 สำหรับการประมาณค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ขอนให้เกิดขึ้น ได้ของมอเตอร์ไฟฟ้านี้เนื่องจากสาเหตุแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$T_{rise,unb} = T_{rise,rated} \times \left[1 + \frac{\% \Delta T}{100} \right] \quad (3.2)$$

$T_{rise,unb}$ = อุณหภูมิที่สูงขึ้นเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

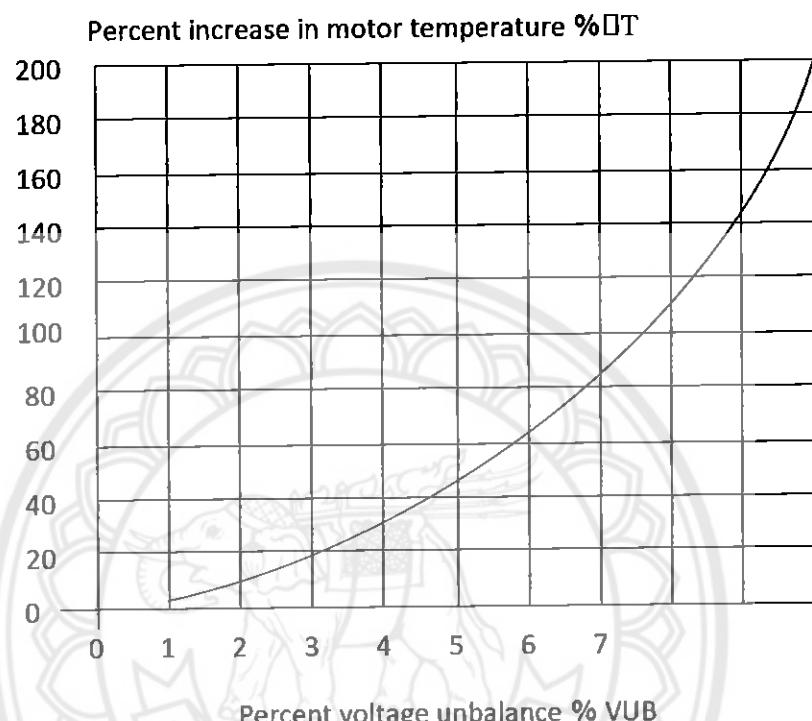
$T_{rise,rated}$ = พิกัดอุณหภูมิสูงสุดของหน่วยที่สามารถยอมรับได้ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

$\% \Delta T$ = เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในมอเตอร์

ตารางที่ 3.1 อุณหภูมิสูงสุดที่ขอนให้เพิ่มขึ้นสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำทั้ง 1 เฟส และ 3 เฟส

ระดับขั้นของหน่วย (Class of insulation system)	A	B	F	H
อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอ้างอิงค่าอุณหภูมิรอบข้างสูงสุดที่ $40^{\circ}C$ อุณหภูมิของคลาวด์ โดยวิธีความด้านท่าน				
ก) มอเตอร์ที่ค่า Service factor = 1.0 นอกเหนือจากข้อ (ค) และ (ง)	60	80	105	125
ข) มอเตอร์ที่มีค่า Service factor = 1.5 หรือมากกว่า	70	90	115	-
ค) มอเตอร์ที่มีการปิดชนิดที่ค่า Service factor = 1.0	65	85	110	135
ง) มอเตอร์ที่มีค่าปิดชนิดคลาวด์และอื่นๆปิดชนิดที่มีค่า Service factor = 1.0	65	85	110	-

ผลของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดการไม่สมดุลเพียงไม่ถึงเบอร์เซ็นต์แต่กลับมีผลให้เบอร์เซ็นต์ของอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างมาก และเมื่อเทียบกับค่าอุณหภูมิของพิกัดคนวนของคลาวด์พบว่ามีค่าอุณหภูมิที่เกิดจากผลของแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุลนั้นมีค่าสูงกว่าพิกัดคนวนของคลาวด์ ซึ่งผลดังกล่าวก็จะทำให้คนวนของคลาวด์ของมอเตอร์ไฟฟ้ามีอาชญากรรมใช้งานสั้นลง

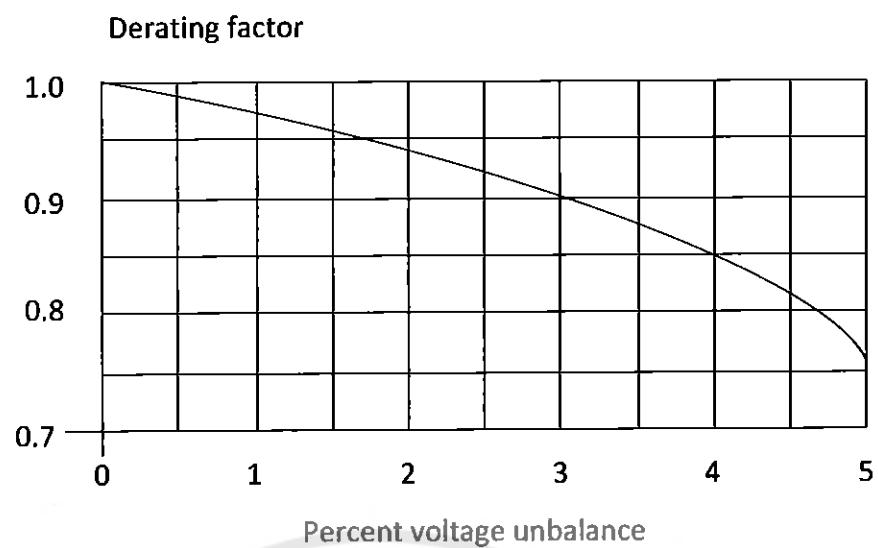


รูปที่ 3.11 เบอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของมอเตอร์เทียบกับเบอร์เซ็นต์ของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล [11]

3.5.3 สมรรถนะของมอเตอร์ไฟฟ้าลดลงเมื่อแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้ามีการใช้งานหรือจำเป็นที่จะต้องใช้งานในสภาวะแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุล นั้นจะมีผลทำให้สมรรถนะของมอเตอร์ไฟฟ้าลดลง (การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานต่ำกว่าแรงม้าพิกัด) กราฟที่แสดงการลดลงของสมรรถนะของมอเตอร์ไฟฟ้าได้แสดงที่รูปที่ 3.9 ซึ่งการเกิดไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าประมาณ 1% อาจจะไม่มีผลต่อสมรรถนะของมอเตอร์ไฟฟ้าและไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อมอเตอร์ไฟฟ้าแต่อย่างใด

อย่างไรก็ตามการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าที่สภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลเกินกว่า 5% นั้นไม่ควรกระทำการเนื่องจากจะมีผลทำให้เกิดปัญหาและความเสียหายหลายประการต่อมอเตอร์ไฟฟ้า



รูปที่ 3.12 กราฟสมรรถนะของมอเตอร์ลดลงเนื่องจากผลของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล [11]

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 จุดประสงค์การทดสอบ

เพื่อต้องการทดสอบศักยภาพค่าแอมปลิจูดของกราฟสเปกตรัมการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นยาน้ำ 3 เฟส ที่ได้ ในสภาวะต่างๆเพื่อต้องการเปรียบเทียบค่าแอมปลิจูดของกราฟสเปกตรัม การสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นยาน้ำ 3 เฟสแบบสมดุล 3 เฟส กับ ไม่สมดุล 1 เฟสและ 2 เฟส เลือกจ่าย 5 ระดับ ขณะไร้ภาระทางกลและต้องการเปรียบเทียบค่าแอมปลิจูดของกราฟสเปกตรัม การสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นยาน้ำ 3 เฟสแบบสมดุล 3 เฟสกับแรงดัน ไม่สมดุล 1 เฟส และ แรงดัน ไม่สมดุล 2 เฟสเลือกจ่าย 5 ระดับ ขณะขับภาระทางกล



ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าในสภาวะไม่สมดุลากันนิยามของ PVUR (%)

สภาวะความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า	แรงดันไฟฟ้าแต่ละเฟส (V)		
	Va	Vb	Vc
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 1%	216.7	220	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 2%	213.4	220	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 3%	210.2	220	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 4%	207	220	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 5%	203.9	220	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 1%	216.7	216.7	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 2%	213.5	213.5	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 3%	210.4	210.4	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 4%	207.3	207.3	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 5%	204.3	204.3	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 1%	223.3	220	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 2%	226.7	220	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 3%	230.1	220	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 4%	233.5	220	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 5%	236.9	220	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 1%	223.3	223.3	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 2%	226.7	226.7	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 3%	230.2	230.2	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 4%	233.8	233.8	220
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 5%	237.4	237.4	220

4.2 ผลการทดสอบ

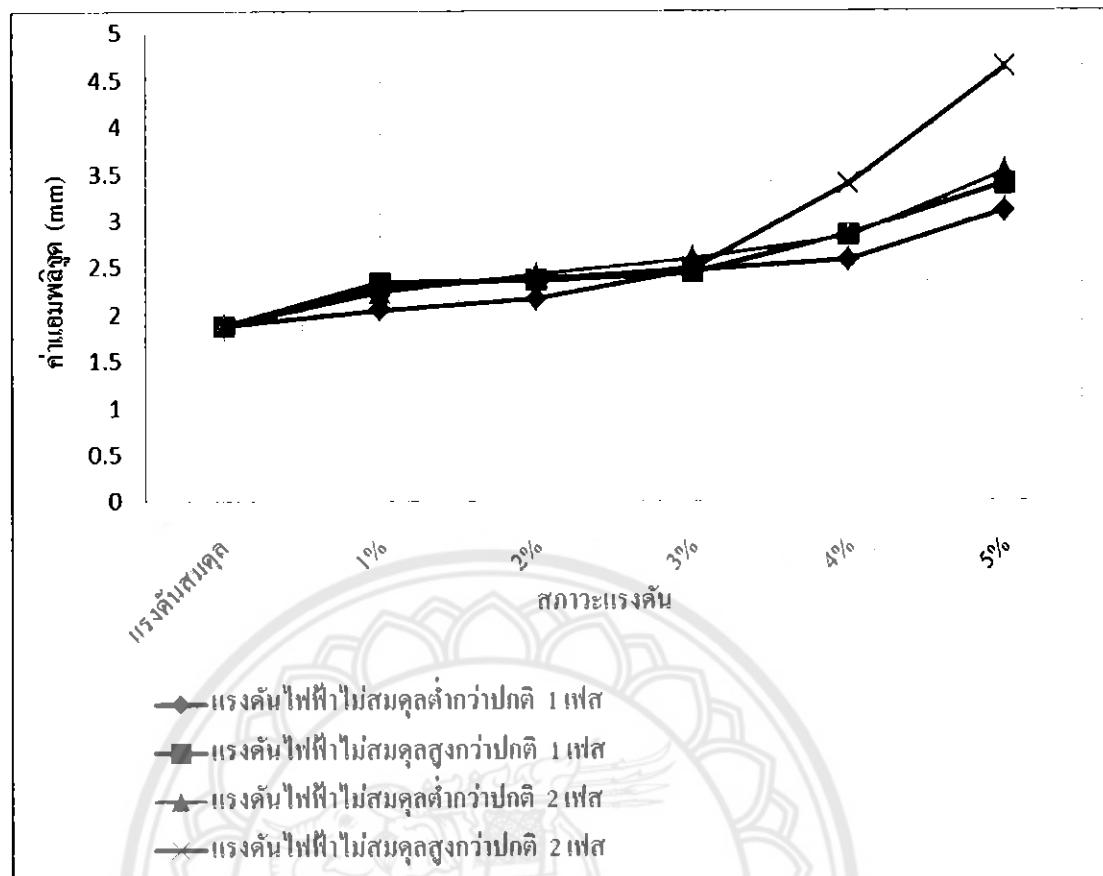
4.2.1 กราฟที่ได้จากการทดสอบการสั่นสะเทือนของนอเตอร์เห็นช่วง 3 เฟส ในสภาวะที่แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล ขณะไร้ภาระทางกล

1. ทำการติดตั้งหัววัดบนนอเตอร์

ตารางที่ 4.2 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนขณะไร้ภาระทางกลติดตั้งหัววัดบนนอเตอร์

สภาวะความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า	แรงดัน สมดุล	ปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุล				
		1%	2%	3%	4%	5%
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส	1.871	2.042	2.157	2.46	2.572	3.089
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส	1.871	2.337	2.354	2.439	2.845	3.378
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส	1.871	2.227	2.421	2.592	2.825	3.511
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส	1.871	2.294	2.36	2.481	3.377	4.623

จากผลการทดสอบนำค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของนอเตอร์เห็นช่วง 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุลและสภาวะแรงดันไม่สมดุล 1 เฟสและ 2 เฟส 5 ระดับติดตั้งหัววัดการสั่นสะเทือนด้านบนนอเตอร์เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแอนพลิจูดโดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของนอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันต่างๆ ขณะไร้การทางกลติดตั้งหัวดับนนมอเตอร์

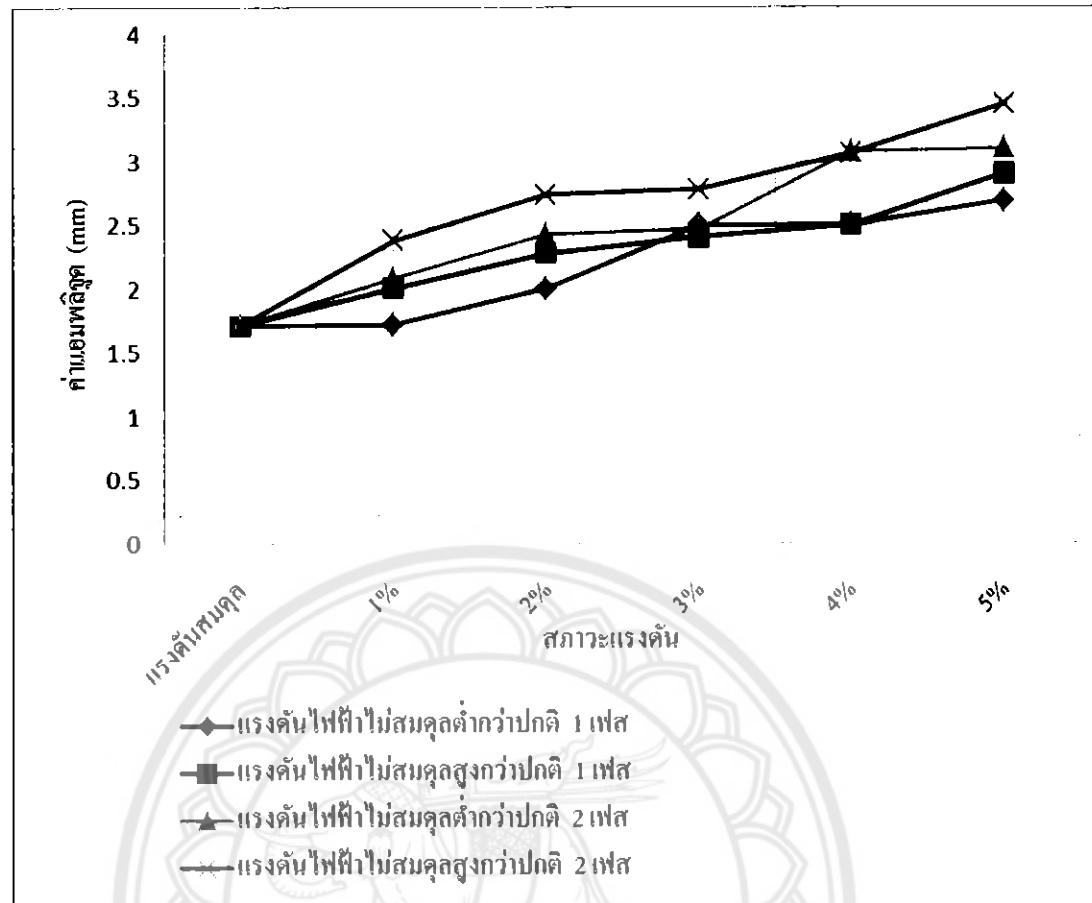
จากผลการวิเคราะห์ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของนอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะไร้การทางกลติดตั้งหัวดับนนมอเตอร์เมื่อนำค่าแอนพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแอนพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล 1 เฟสกับ 2 เฟส มีค่าแอนพลิจูดใกล้เคียงกัน จะเห็นค่าแอนพลิจูดเพิ่มขึ้นชัดเจนเมื่อสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลมีเปอร์เซ็นต์อยู่ 5% และแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส มีค่าแอนพลิจูดสูงที่สุดในช่วง 5%

2. ทำการติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์

ตารางที่ 4.3 ค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนขณะไร้ภาระทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์

สภาพความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า	แรงดัน สมดุล	aper เซ็นต์เมตร ไม่สมดุล					
		1%	2%	3%	4%	5%	
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส	1.711	1.72	2.003	2.503	2.504	2.692	
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส	1.711	2.007	2.282	2.407	2.504	2.904	
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส	1.711	2.085	2.429	2.472	3.076	3.098	
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส	1.711	2.383	2.74	2.782	3.062	3.45	

จากผลการทดสอบนำค่าแอมเพลจิคสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสใน
สภาพแรงดันที่สมดุลและสภาพแรงดันไม่สมดุล 1 เฟส และ 2 เฟส 5 ระดับ ติดตั้งหัววัดการ
สั่นสะเทือนด้านหลังมอเตอร์เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแอมเพลจิค โดยผลการเปรียบเทียบแสดง
ในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ค่าแย่มพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันต่างๆ ขณะไร้ภาระทางกลติดตั้งหัววัดค้านหลังมอเตอร์

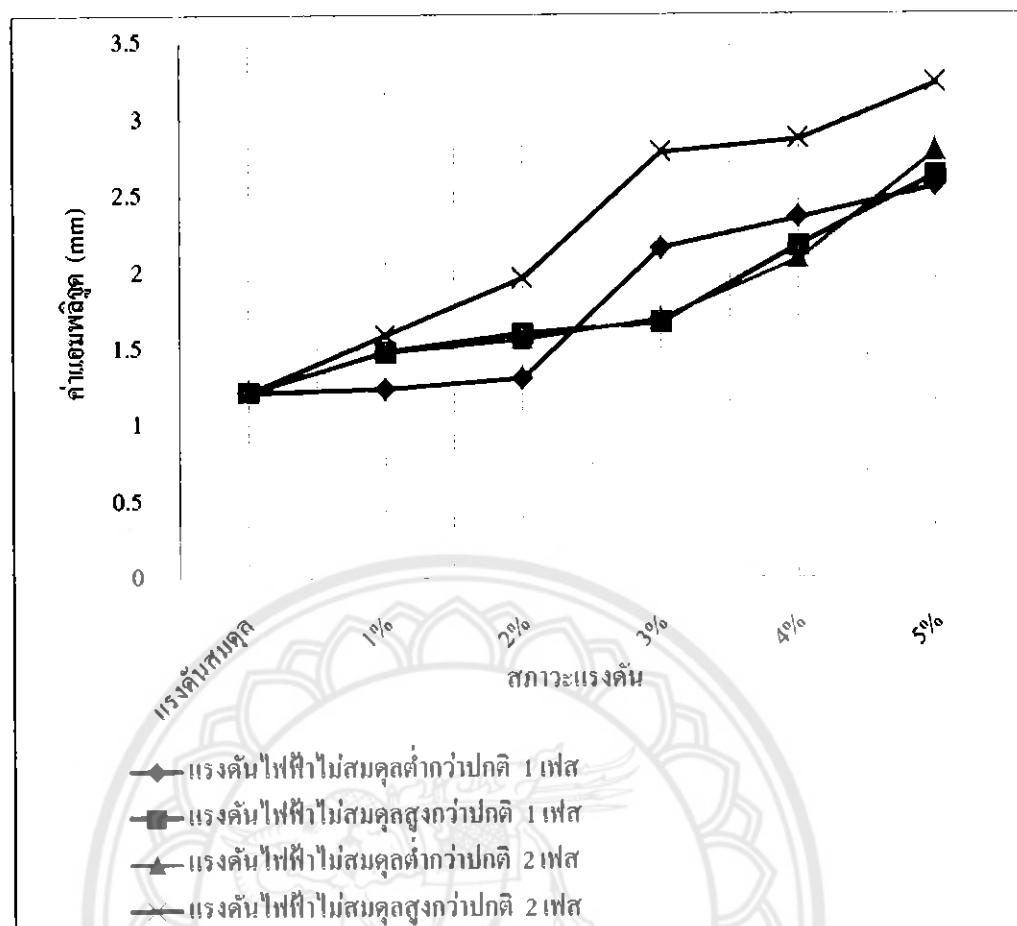
จากการวิเคราะห์ค่าแย่มพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะไร้ภาระทางกลติดตั้งหัววัดค้านหลังมอเตอร์เมื่อนำค่าแย่มพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแย่มพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล 1 เฟสกับ 2 เฟสนี้ค่าแย่มพลิจูดใกล้เคียงกันจะเห็นค่าแย่มพลิจูดเพิ่มขึ้นชัดเจน เมื่อสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลมากกว่า 5% และแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟสมีค่าแย่มพลิจูดสูงที่สุด

3. ทำการติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์

ตารางที่ 4.4 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนขณะไร้ภาระทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์

สภาพความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า	แรงดัน สมดุล	ปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุล				
		1%	2%	3%	4%	5%
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส	1.217	1.238	1.304	2.158	2.352	2.558
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส	1.217	1.484	1.6	1.674	2.171	2.629
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส	1.217	1.475	1.562	1.695	2.083	2.782
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส	1.217	1.592	1.962	2.782	2.866	3.229

จากผลการทดสอบนำค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสใน
สภาพแรงดันที่สมดุล และสภาพแรงดันไม่สมดุล 1 เฟสและ 2 เฟส 5 ระดับติดตั้งหัววัดการ
สั่นสะเทือนที่ฐานมอเตอร์เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแอนพลิจูด โดยผลการเปรียบเทียบแสดงใน
รูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์หนี่ยาน้ำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันต่างๆ ขณะไรีการทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์

จากการวิเคราะห์ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์หนี่ยาน้ำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่มีสิ่งอุดตันและไรีการทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์เมื่อนำค่าแอนพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่มีสิ่งอุดตันทุกสภาวะมีค่าแอนพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่มีสิ่งอุดตันเพิ่มขึ้นส่วนในสภาวะแรงดันไม่มีสิ่งอุดตันกว่าปกติ 1 เฟสมีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าปกติ 1 เฟสและต่ำกว่าปกติ 2 เฟสในช่วง 3%, 4% และ 5% จะเห็นค่าแอนพลิจูดเพิ่มขึ้นชัดเจนเมื่อสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่มีสิ่งอุดตันมีเปอร์เซ็นต์อยู่ 5% และแรงดันไฟฟ้าไม่มีสิ่งอุดตันสูงกว่าปกติ 2 เฟสมีค่าแอนพลิจูดสูงที่สุด

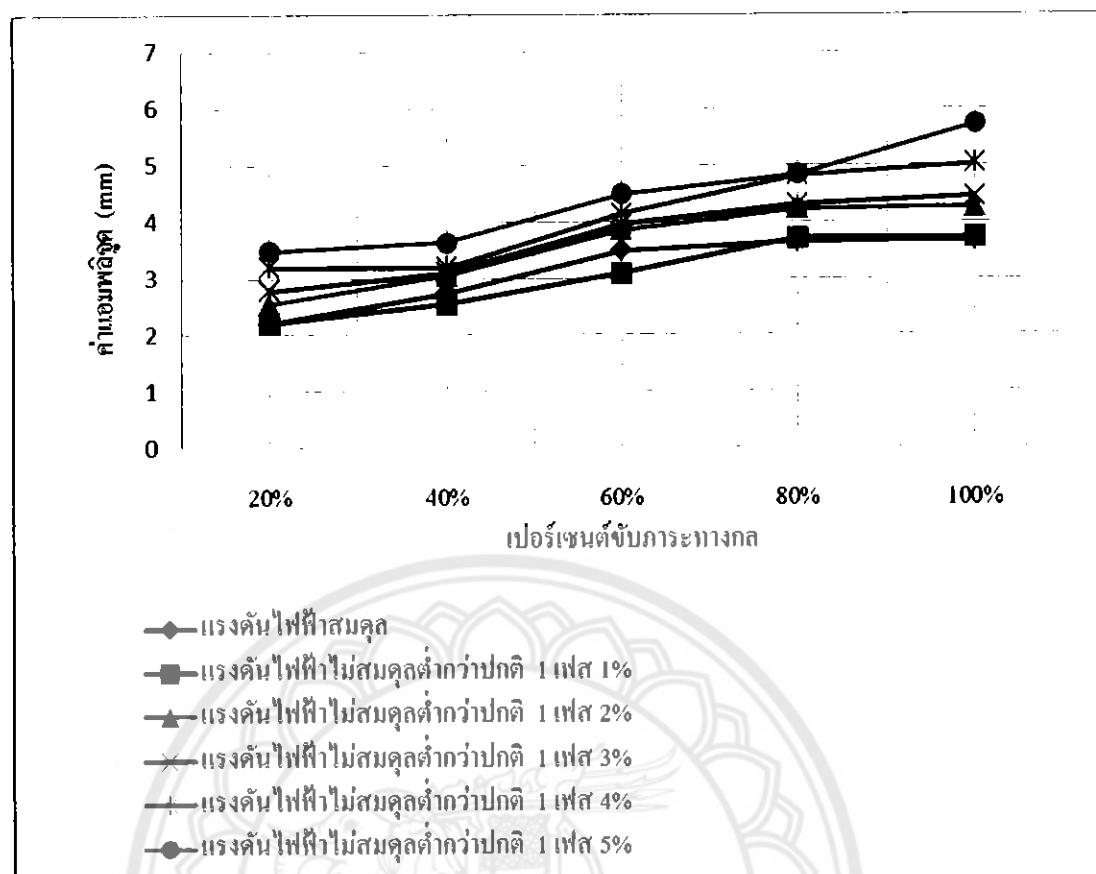
4.2.2 กราฟที่ได้จากการทดสอบการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะที่แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล ขณะขับภาระทางกล

1. ทำการติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์

ตารางที่ 4.5 ค่าแอมเพลจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์

สภาวะแรงดัน	เปอร์เซ็นต์ขับภาระทางกล				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	2.196	2.737	3.488	3.643	3.663
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 1%	2.207	2.543	3.09	3.701	3.716
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 2%	2.539	3.036	3.851	4.218	4.243
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 3%	2.773	3.1	3.954	4.293	4.434
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 4%	3.194	3.184	4.134	4.803	5.008
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 5%	3.488	3.633	4.49	4.828	5.716

จากผลการทดสอบนำค่าแอมเพลจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุลและไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟสขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์ เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแอมเพลจูดโดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.4



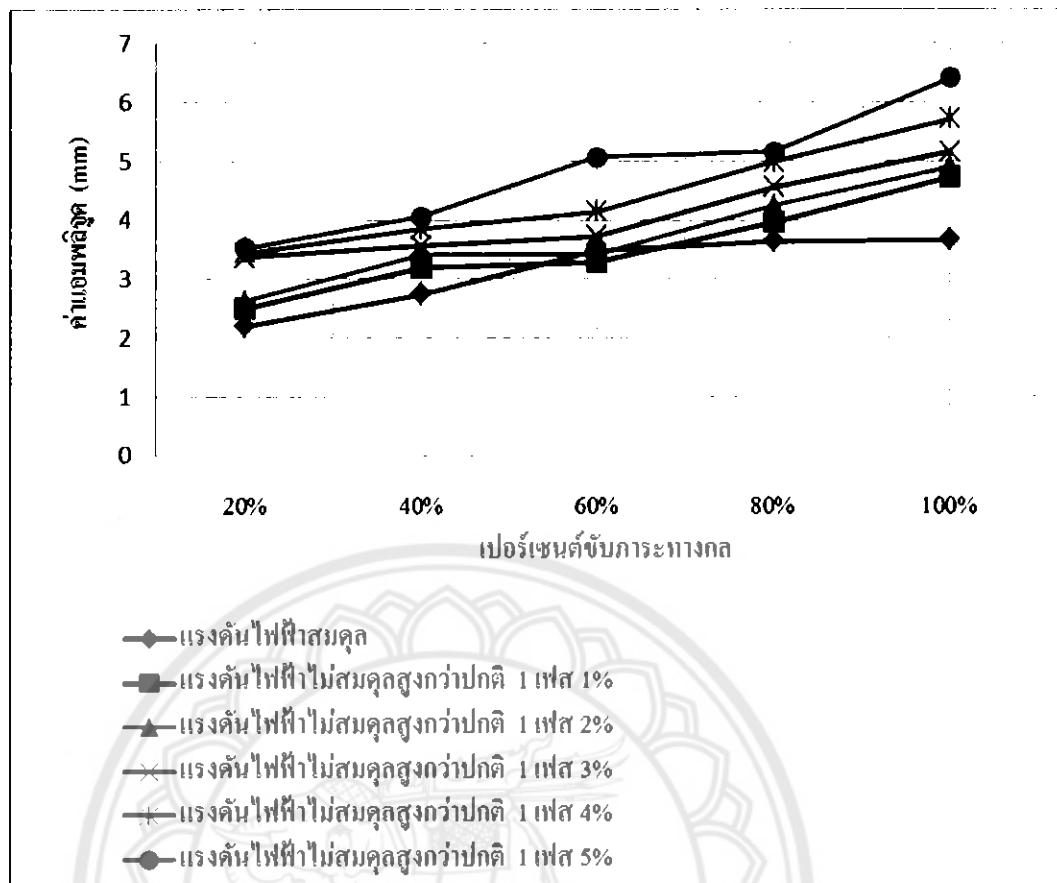
รูปที่ 4.4 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส ขณะขับกระแสทางกลติดตั้งหัวดับนนอเตอร์

จากผลการวิเคราะห์ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นได้ว่า 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับกระแสทางกลติดตั้งหัวดับนนอเตอร์เมื่อนำค่าแอนพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแอนพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซนต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซนต์การขับกระแสทางกลด้วยจากรูปสภาวะแรงดันไฟฟ้าสมดุลมีค่าใกล้เคียงกับสภาวะแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 1%

ตารางที่ 4.6 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันสูงกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์

สภาวะแรงดัน	เปอร์เซ็นต์ขับกระแสทางกล				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	2.196	2.737	3.488	3.643	3.663
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 1%	2.497	3.198	3.29	3.963	4.728
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 2%	2.619	3.404	3.419	4.239	4.902
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 3%	3.364	3.559	3.722	4.558	5.152
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 4%	3.441	3.843	4.141	4.979	5.71
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 5%	3.529	4.061	5.064	5.157	6.407

จากผลการทดสอบนำค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนือขวาง 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุล และ ไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟสจะพบข้อความทางกลติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์ เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแอนพลิจูดโดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.5



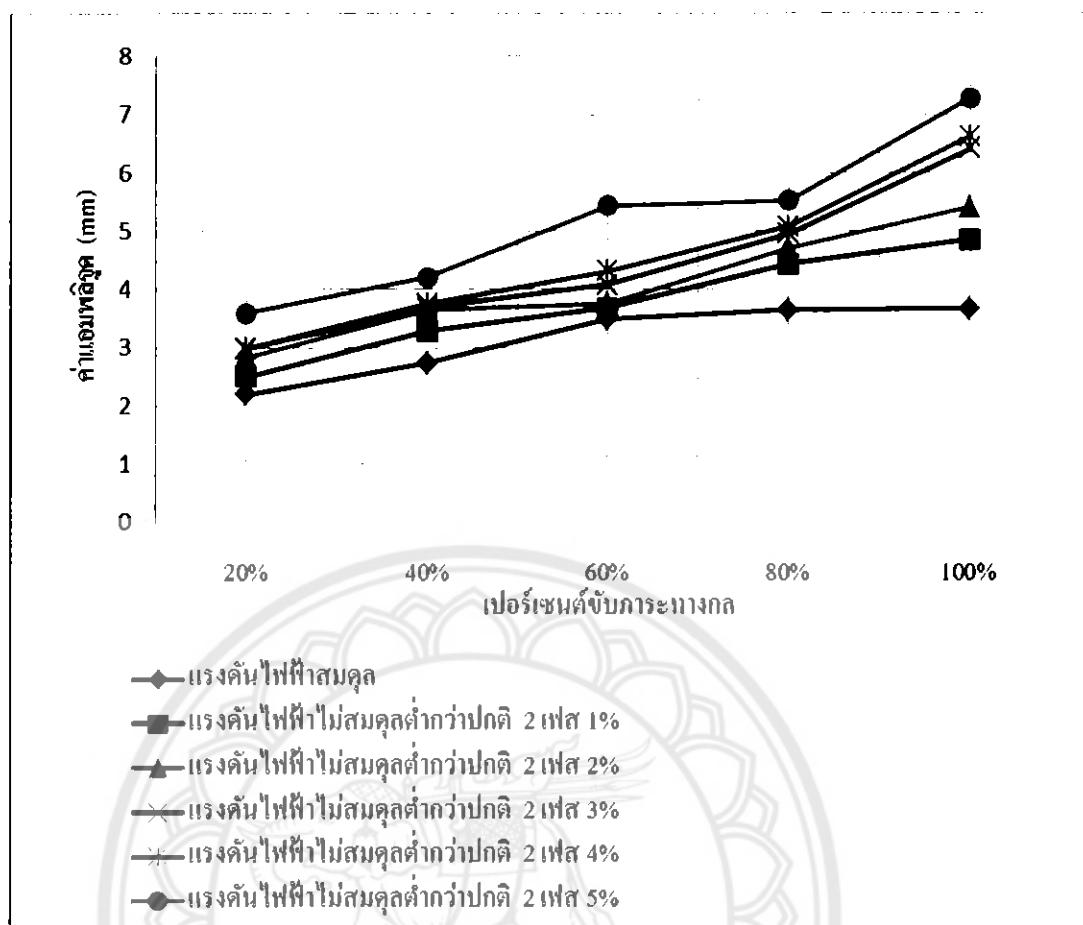
รูปที่ 4.5 ค่าแอมปลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส ขณะขับการทางกลติดตั้งหัวดับบนมอเตอร์

จากผลการวิเคราะห์ค่าแอมปลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นยาน้ำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับการทางกลติดตั้งหัวดับบนมอเตอร์เมื่อนำค่าแอมปลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแอมปลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การขับการทางกลด้วยจากรูปสภาวะแรงดันไฟฟ้าสมดุลเมื่อค่าแอมปลิจูดต่ำที่สุดแต่ไกส์เทียบกับสภาวะแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 1% และ 2% ที่ขับการทางกล 60%

ตารางที่ 4.7 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 2 เฟส ติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์

สภาวะแรงดัน	เปอร์เซ็นต์ขับกระแสทางกล				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	2.196	2.737	3.488	3.643	3.663
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 1%	2.508	3.283	3.689	4.44	4.857
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 2%	2.84	3.637	3.766	4.716	5.407
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 3%	2.981	3.685	4.084	4.958	6.413
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 4%	2.988	3.749	4.311	5.074	6.625
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 5%	3.599	4.218	5.436	5.528	7.283

จากผลการทดสอบนำค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุล และ ไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟสจะจะขับกระแสทางกลติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์ เมริยนเที่ยบแนวโน้มของค่าแอนพลิจูดโดยผลการเมริยนเที่ยบแสดงในรูปที่ 4.6



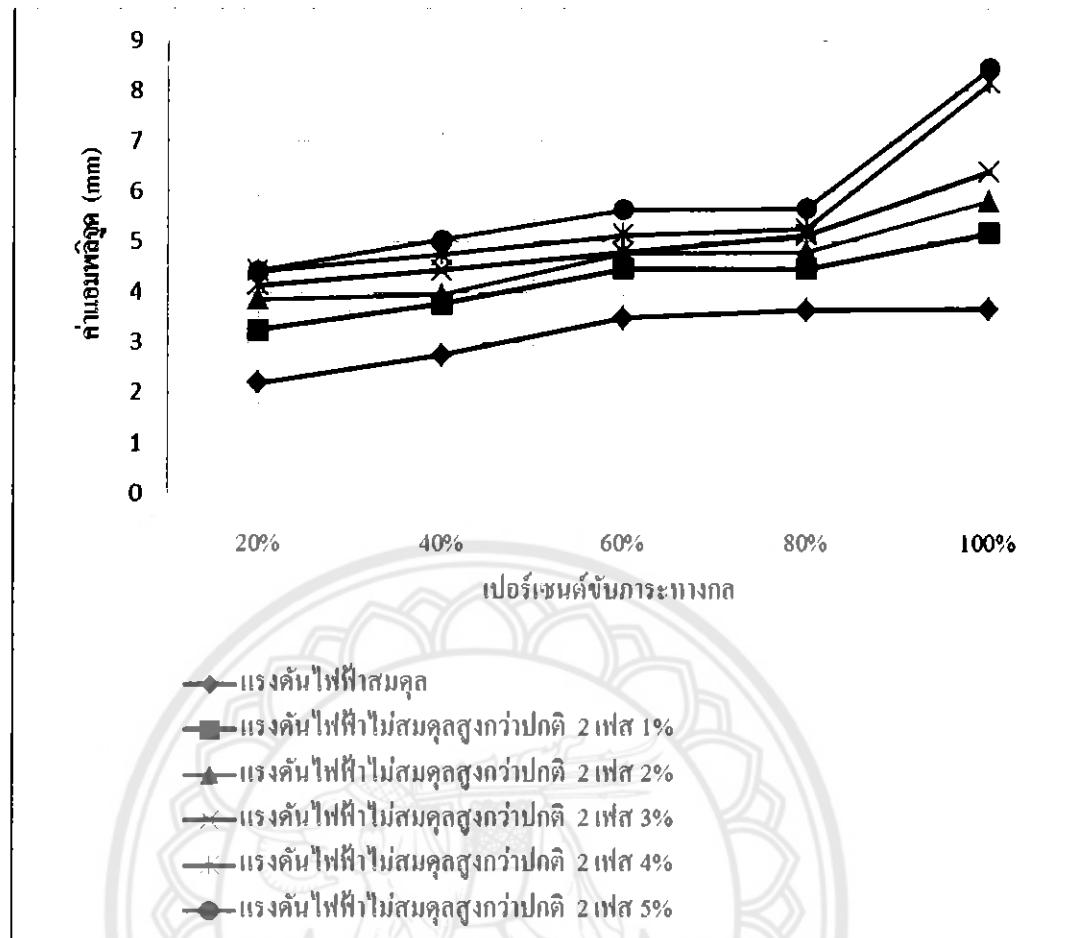
รูปที่ 4.6 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟสขณะขับการทำงานกติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์

จากการวิเคราะห์ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นได้ว่า 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับการทำงานกติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์เมื่อนำมาค่าแอนพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแอนพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การขับการทำงานกติดตั้ง จากรูปสภาวะแรงดันไฟฟ้าสมดุลมีค่าแอนพลิจูดต่ำที่สุด และสภาวะความไม่สมดุลสภาวะอื่นๆ มีค่าแอนพลิจูดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 5% มีค่าสูงที่สุด

ตารางที่ 4.8 ค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาพแวดล้อมติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์

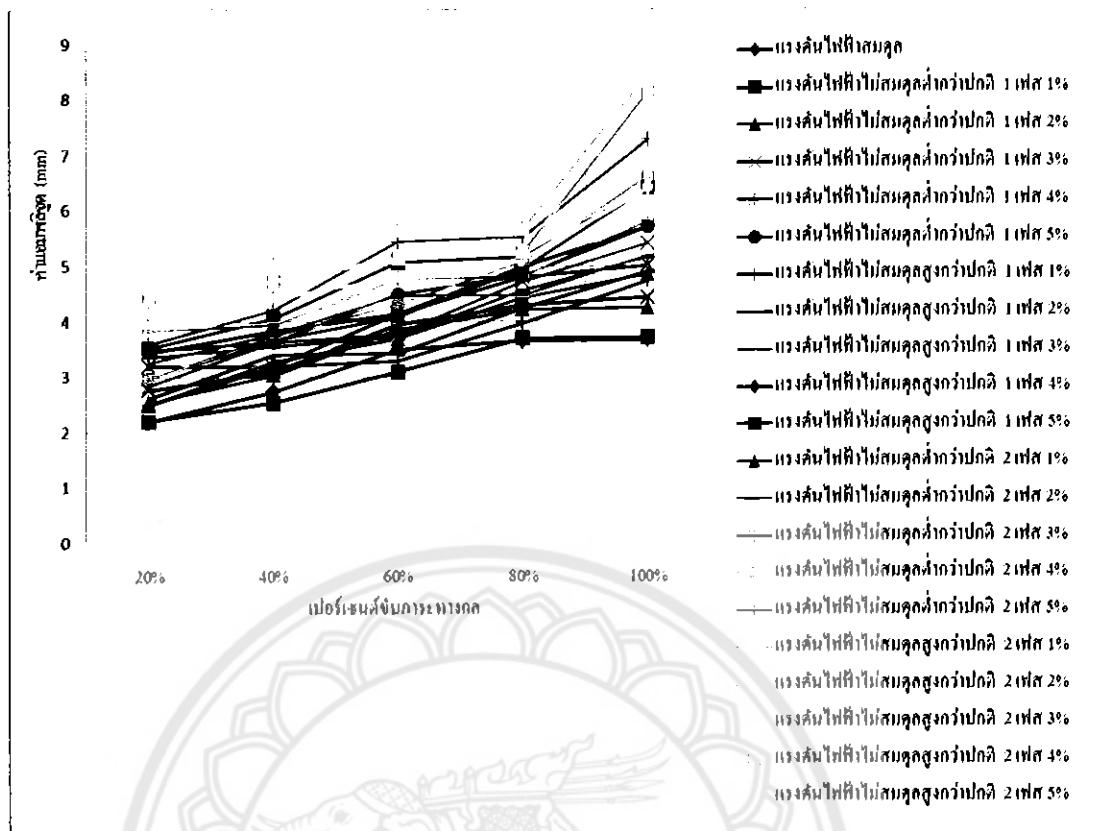
สภาพแวดล้อม	เปอร์เซ็นต์ขั้นการทางกล				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	2.196	2.737	3.488	3.643	3.663
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 1%	3.249	3.766	4.464	4.466	5.185
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 2%	3.849	3.95	4.765	4.807	5.814
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 3%	4.14	4.432	4.782	5.131	6.403
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 4%	4.417	4.733	5.139	5.249	8.153
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 5%	4.432	5.044	5.647	5.667	8.46

จากผลการทดสอบนำค่าแเอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาพแวดล้อมที่สมดุลและไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟสจะเป็นขั้นการทางกลติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแเอนพลิจูดโดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ค่าแย้มพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของนอเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟสบนจะขั้นการทางกลติดตั้งหัววัดบนนอเตอร์

จากผลการวิเคราะห์ค่าแย้มพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของนอเตอร์เห็นได้ว่า 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลจะขั้นการทางกลติดตั้งหัววัดบนนอเตอร์เมื่อนำค่าแย้มพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแย้มพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การขั้นการทางกลตัวจากขุปสภาวะแรงดันไฟฟ้าสมดุลมีค่าแย้มพลิจูดต่ำที่สุดแสดงให้เห็นชัดเจน และสภาวะความไม่สมดุลสภาวะอื่นมีค่าแย้มพลิจูดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 5% มีค่าสูงที่สุด



รูปที่ 4.8 ค่าแอนเพลจิจุลสูงสุดการสั่นสะเทือนของเมล็ดในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับการทางกลติดตั้งหัวดับบนเมล็ด

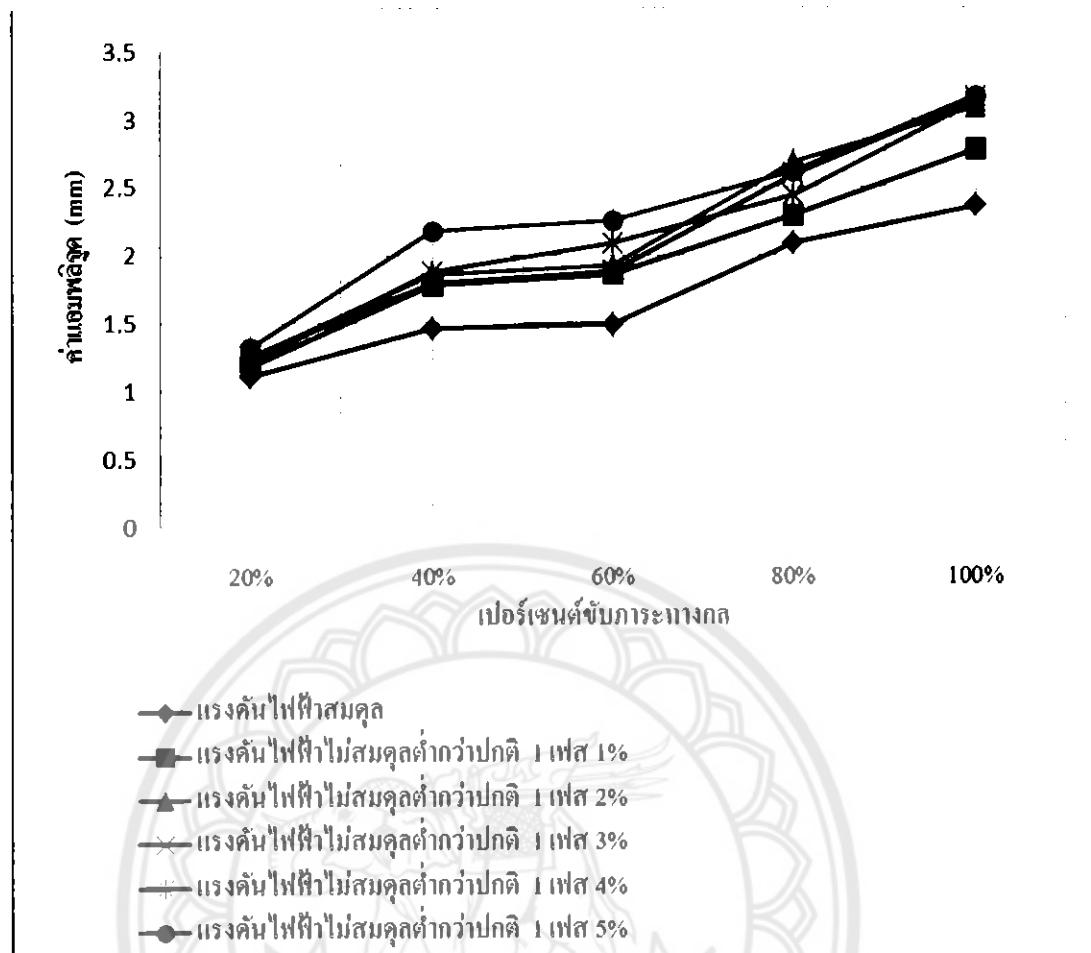
ค่าแอนเพลจิจุลสูงสุดการสั่นสะเทือนของเมล็ดเนี้ยบนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันสมดุลเทียบกับสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับการทางกล ติดตั้งหัวดับบนเมล็ดในสภาวะแรงดันสมดุลกับแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 1% และ 2% ค่าแอนเพลจิจุลของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล 2 เฟสจะมีค่าสูงกว่าไม่สมดุล 1 เฟสและสูงขึ้นเมื่อขับการทางกลที่มากขึ้น

2. ทำการติดตั้งหัวด้านหลังมอเตอร์

ตารางที่ 4.9 ค่าแอมปลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดหลังมอเตอร์

สภาวะแรงดัน	เบอร์เซ็นต์ขับกระแสทางกล				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	1.112	1.459	1.49	2.082	2.354
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 1%	1.192	1.779	1.863	2.291	2.77
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 2%	1.254	1.863	1.924	2.681	3.076
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 3%	1.267	1.793	1.879	2.588	3.147
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 4%	1.216	1.875	2.082	2.435	3.114
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 5%	1.328	2.179	2.253	2.613	3.161

จากการทดสอบนำค่าแอมปลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวหนาน้ำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุลและไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟสบนขณะขับกระแสทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแอมปลิจูดโดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.9



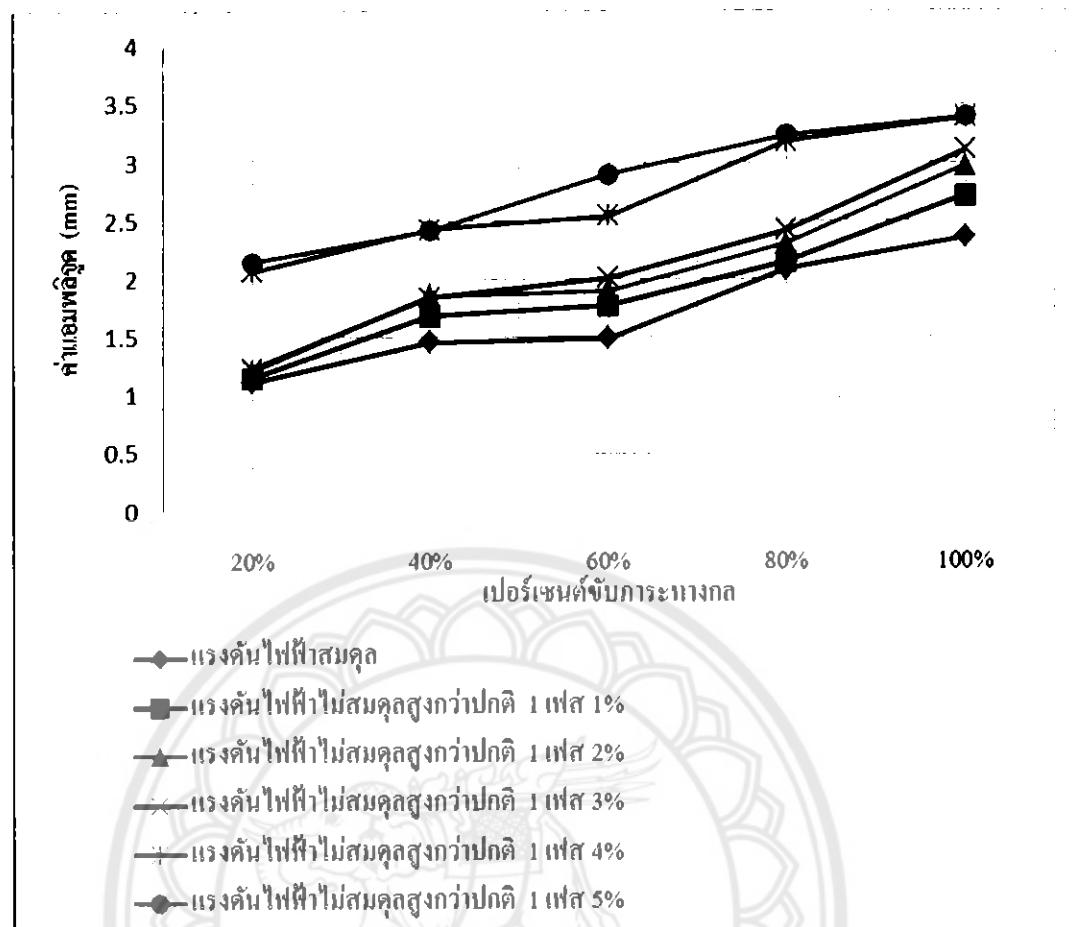
รูปที่ 4.9 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันที่ไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส ขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์

จากการวิเคราะห์ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นได้ว่า 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับภาระทางกล ติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์ เมื่อนำค่าแอนพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่า ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแอนพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การขับภาระทางกลด้วยจากรูปสภาวะแรงดันไฟฟ้าสมดุลมีค่าแอนพลิจูดต่ำที่สุดแสดงให้เห็นชัดเจนและสภาวะความไม่สมดุลสภาวะอื่นมีค่าแอนพลิจูดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.10 ค่าแ昏พลิกสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันสูงกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดหลังมอเตอร์

สภาวะแรงดัน	පෝර්ເශ්න්ත් ජ්‍යාග්‍රහණ කළ				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	1.112	1.459	1.49	2.082	2.354
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 1%	1.151	1.682	1.775	2.147	2.714
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 2%	1.206	1.857	1.902	2.306	2.97
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 3%	1.231	1.837	2.013	2.42	3.108
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 4%	2.067	2.424	2.543	3.177	3.382
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 5%	2.148	2.423	2.901	3.243	3.398

จากผลการทดสอบนำค่าแ昏พลิกสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนือขวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุล และ ไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส ขณะจับการทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์ เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแ昏พลิก โดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.10



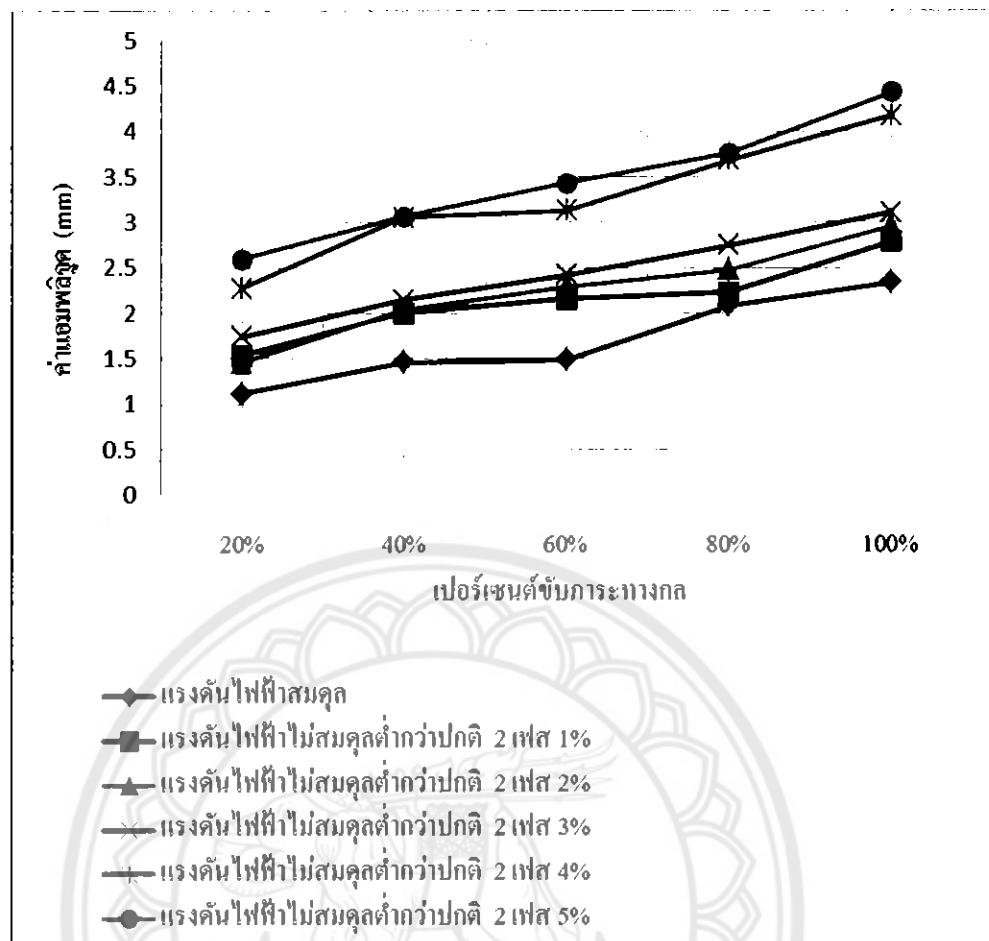
รูปที่ 4.10 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส ณ ระดับขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดค้านหลังมอเตอร์

จากการวิเคราะห์ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์หนีบขนาด 3 เฟส ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลจะมีขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดค้านหลังมอเตอร์เมื่อนำค่าแอนพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแอนพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การขับภาระทางกลด้วยโดยที่ในสภาวะแรงดันสมดุลและไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟสที่ 1%, 2% และ 3% โดยมีค่าแอนพลิจูดใกล้เคียงกันส่วนที่เปอร์เซ็นต์ที่ 4% และ 5% ค่าแอนพลิจูดสูงกว่าในสภาวะอื่นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.11 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 2 เฟส ติดตั้งหัววัดหลังมอเตอร์

สภาวะแรงดัน	เปอร์เซ็นต์ขับกระแสทางกล				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	1.112	1.459	1.49	2.082	2.34
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 1%	1.539	2.003	2.163	2.23	2.79
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 2%	1.451	2.037	2.291	2.48	2.961
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 3%	1.743	2.148	2.42	2.747	3.107
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 4%	2.271	3.054	3.126	3.678	4.168
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 5%	2.601	3.063	3.435	3.755	4.433

จากผลการทดสอบนำค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุลและไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟสบนจะขับกระแสทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแอนพลิจูดโดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.11



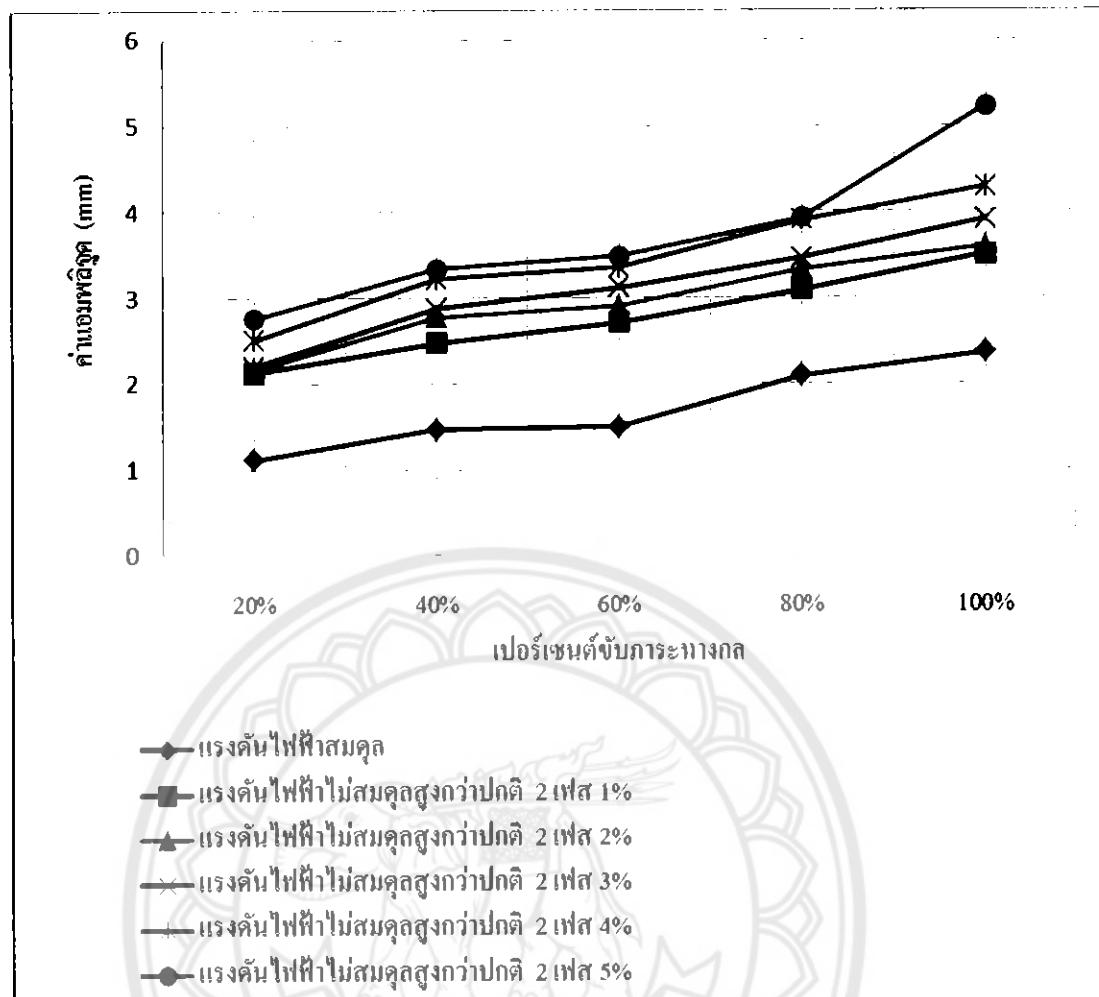
รูปที่ 4.11 ค่าแอนเพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันที่ไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส ขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์

จากผลการวิเคราะห์ค่าแอนเพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนือชานชาลา 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์เมื่อนำมาค่าแอนเพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่า ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแอนเพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การขับภาระทางกลตัวบิโตรที่ในสภาวะแรงดันสมดุลและไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟสที่ 1%, 2% และ 3% โดยมีค่าแอนเพลิจูดใกล้เคียงกัน ส่วนที่เปอร์เซ็นต์ที่ 4% และ 5% ค่าแอนเพลิจูดสูงกว่าในสภาวะอื่นอย่างชัดเจนคล้ายกับกรณีสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส

ตารางที่ 4.12 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันสูงกว่าปกติ 2 เฟส ติดตั้งหัววัดหลังมอเตอร์

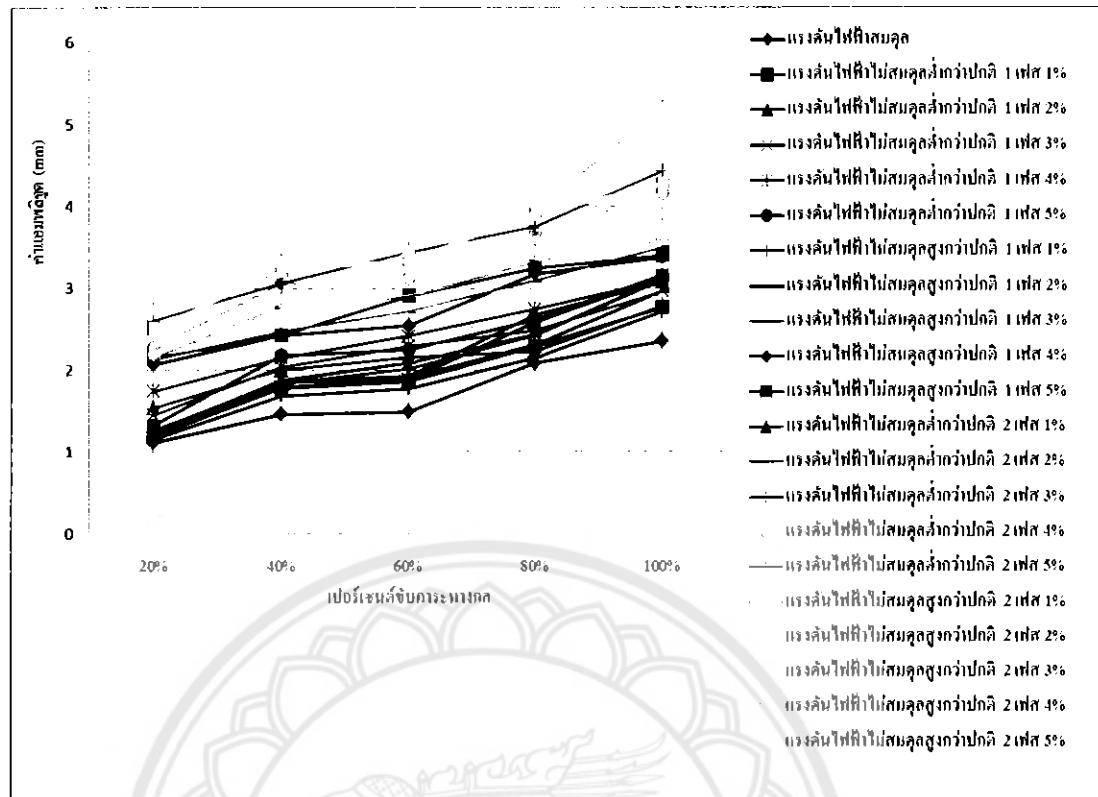
สภาวะแรงดัน	පෝර්ජීන්ස්ංප්‍රකාරගත				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	1.112	1.459	1.49	2.082	2.354
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 1%	2.125	2.472	2.716	3.089	3.5
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 2%	2.156	2.769	2.898	3.328	3.591
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 3%	2.193	2.868	3.119	3.453	3.907
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 4%	2.504	3.213	3.351	3.898	4.278
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 5%	2.756	3.338	3.484	3.925	5.225

จากผลการทดสอบนำค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์หนีบนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุลและไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟสจะขณะบันการทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแอนพลิจูดโดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันที่ไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟสขณะบั้นภาระทางกลติดตั้งหัววัดค้านหลังมอเตอร์

จากการวิเคราะห์ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นช่วง 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะบั้นภาระทางกลติดตั้งหัววัดค้านหลังมอเตอร์เมื่อนำค่าแอนพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแอนพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซนต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซนต์การบั้นภาระทางกลในสภาวะของแรงดันไฟฟ้าสมดุลค่าแอนพลิจูดมีค่าต่ำกว่าในสภาวะอื่นอย่างชัดเจนส่วนในสภาวะแรงดันไม่สมดุลเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซนต์ความไม่สมดุล



รูปที่ 4.13 ค่าแฉ่งพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันที่ไม่สมดุลขณะขับ
การทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์

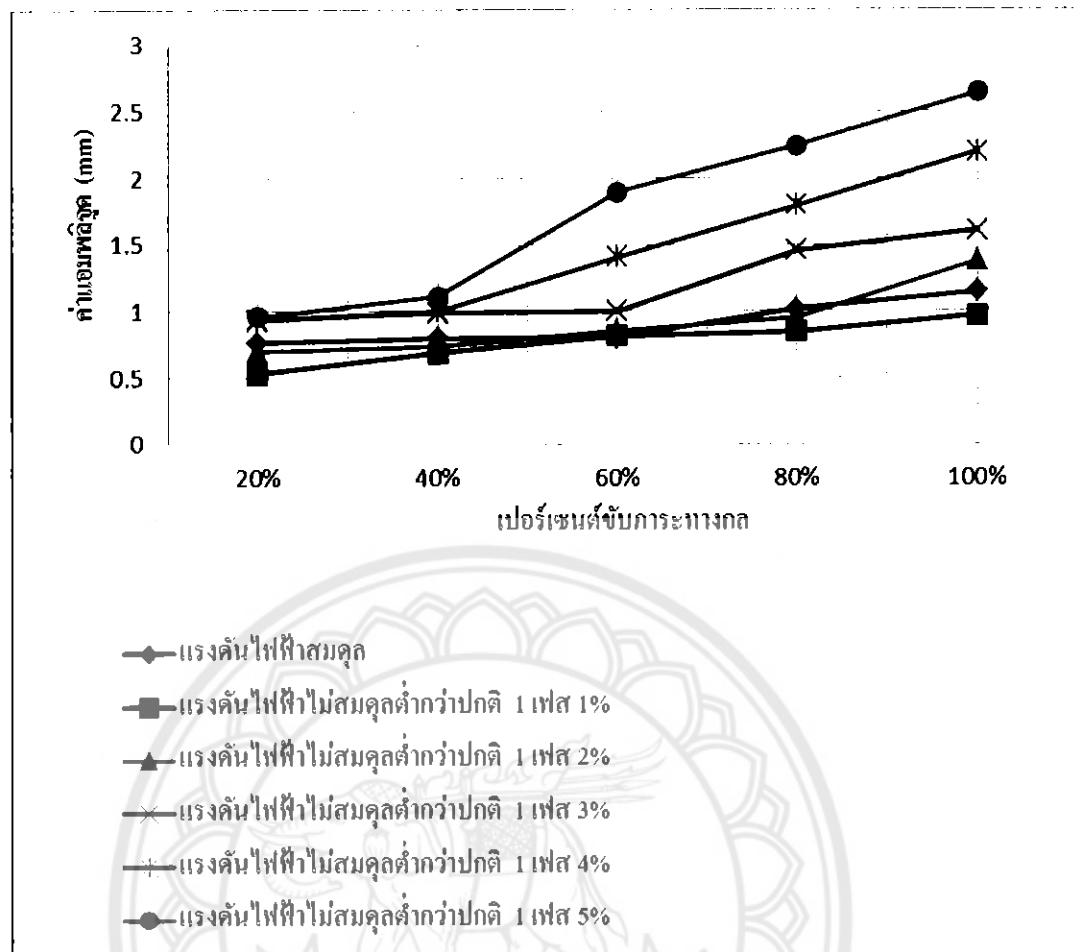
ค่าแฉ่งพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นเป็น 3 เฟสในสภาวะแรงดันสมดุล
เทียบกับสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับการทางกล ติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์ในสภาวะ
แรงดันสมดุลกับแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 1% และ 2% ค่าแฉ่งพลิจูดของแรงดันไฟฟ้าไม่
สมดุล 2 เฟส จะมีค่าสูงกว่าไม่สมดุล 1 เฟส และสูงขึ้นเมื่อขับการทางกลที่มากขึ้นค่าแฉ่งพลิจูด
สูงสุดมีค่าต่ำกว่าติดตั้งหัววัดบริเวณบนมอเตอร์

3. การติดตั้งหัววัดที่ฐานของมอเตอร์

ตารางที่ 4.13 ค่าแ昏พลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดที่ฐานของมอเตอร์

สภาวะแรงดัน	เบอร์เซ็นต์ขั้นภาระทางกล				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	0.7649	0.7962	0.8002	1.017	1.145
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 1%	0.53	0.687	0.817	0.846	0.966
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 2%	0.694	0.733	0.855	0.949	1.379
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 3%	0.939	0.988	1.003	1.457	1.607
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 4%	0.93	0.995	1.408	1.795	2.196
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 5%	0.963	1.111	1.897	2.243	2.644

จากผลการทดสอบนำค่าแ昏พลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุลและไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟสบนขั้นภาระทางกลติดตั้งหัววัดด้านที่ฐานมอเตอร์เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแ昏พลิจูดโดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.14



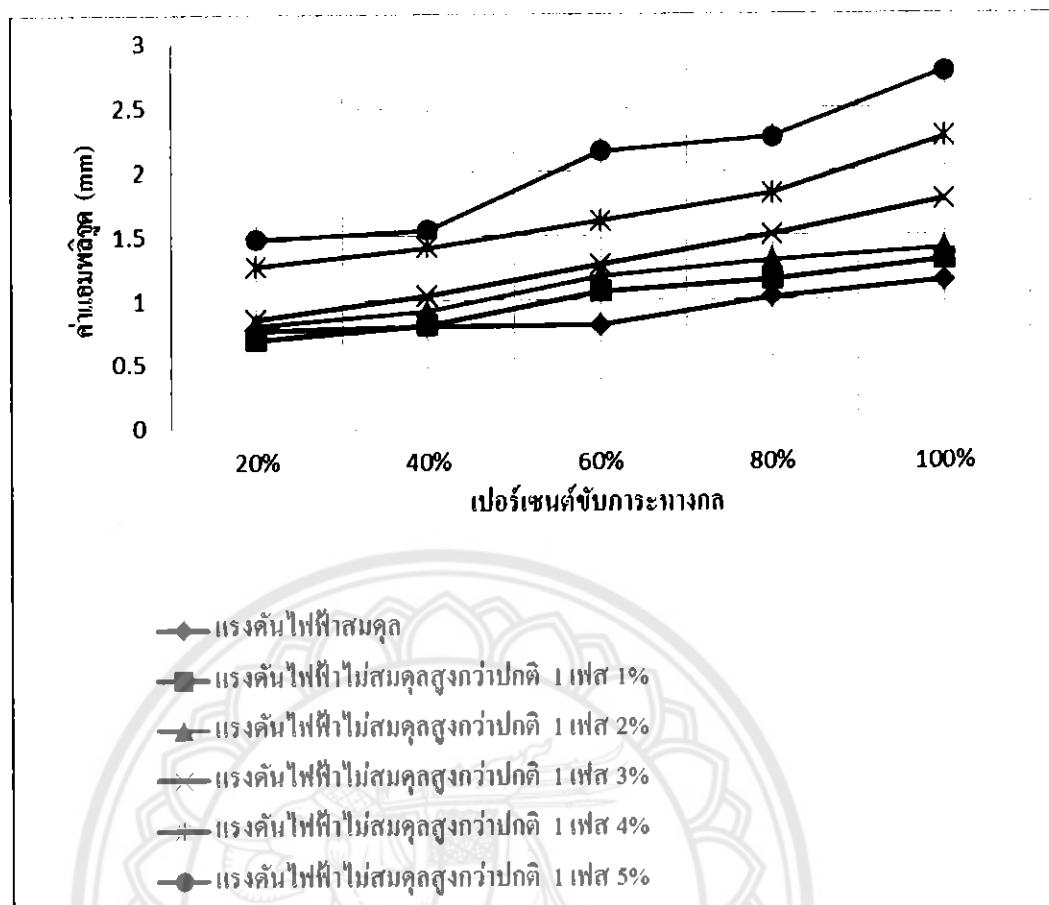
รูปที่ 4.14 ค่าแย่มพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันที่ไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟสขณะขับการทางกลางติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์

จากการวิเคราะห์ค่าแย่มพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นว่า 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับการทางกลาง ติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์ เมื่อนำค่าแย่มพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่า ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแย่มพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การขับการทางกลางในสภาวะของแรงดันไฟฟ้าสามคูลแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 1% และ 2% มีค่าแย่มพลิจูดใกล้เคียงกัน ส่วนสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 1 เฟสที่ 3%, 4% และ 5% มีค่าแย่มพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.14 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันสูงกว่าปกติ 1 เฟส ติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์

สภาวะแรงดัน	เปอร์เซ็นต์ขั้นการทางกล				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	0.7649	0.7962	0.8002	1.017	1.145
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 1%	0.695	0.807	1.067	1.158	1.308
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 2%	0.804	0.914	1.183	1.306	1.401
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 3%	0.852	1.034	1.272	1.502	1.774
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 4%	1.261	1.408	1.615	1.824	2.265
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 5%	1.478	1.551	2.162	2.269	2.782

จากผลการทดสอบนำค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุลและไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟสจะมีขั้นการทางกลติดตั้งหัววัดด้านที่ฐานมอเตอร์เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแอนพลิจูดโดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.15



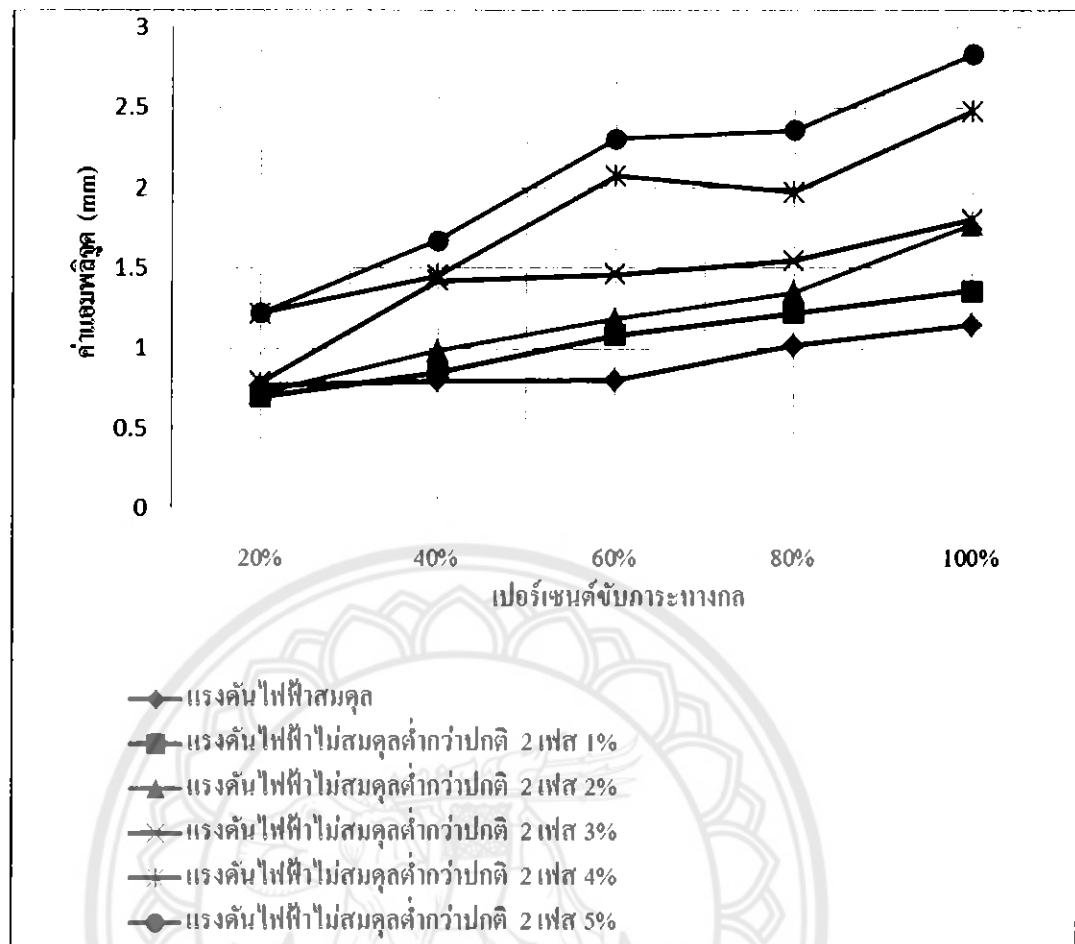
รูปที่ 4.15 ค่าแอมเพลจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันที่ไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟสขณะขับกระแสทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์

จากการวิเคราะห์ค่าแอมเพลจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นช่วงนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับกระแสทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์เมื่อนำค่าแอมเพลจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแอมเพลจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การขับกระแสทางกลในสภาวะของแรงดันไฟฟ้าสมดุล แรงดันไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 1 เฟส 1% และ 2% มีค่าแอมเพลจูดใกล้เคียงกันส่วนสภาวะแรงดันสูงกว่าปกติ 1 เฟส ที่ 3%, 4% และ 5% มีค่าแอมเพลจูดเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.15 ค่าแอมพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันต่ำกว่าปีกติ 2 เฟส ติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์

สภาวะแรงดัน	เปลอร์เซนต์ขับกระแสทางกล				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	0.7649	0.7962	0.8002	1.017	1.145
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปีกติ 2 เฟส 1%	0.699	0.851	1.084	1.219	1.358
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปีกติ 2 เฟส 2%	0.72	0.984	1.183	1.349	1.767
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปีกติ 2 เฟส 3%	0.785	1.419	1.46	1.545	1.801
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปีกติ 2 เฟส 4%	1.214	1.454	2.073	1.971	2.475
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำกว่าปีกติ 2 เฟส 5%	1.22	1.673	2.308	2.36	2.831

จากผลการทดสอบนำค่าแอมพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุลและไม่สมดุลต่ำกว่าปีกติ 2 เฟสจะเป็นขั้นการทางกลติดตั้งหัววัดด้านที่ฐานมอเตอร์เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแอมพลิจูดโดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 4.16



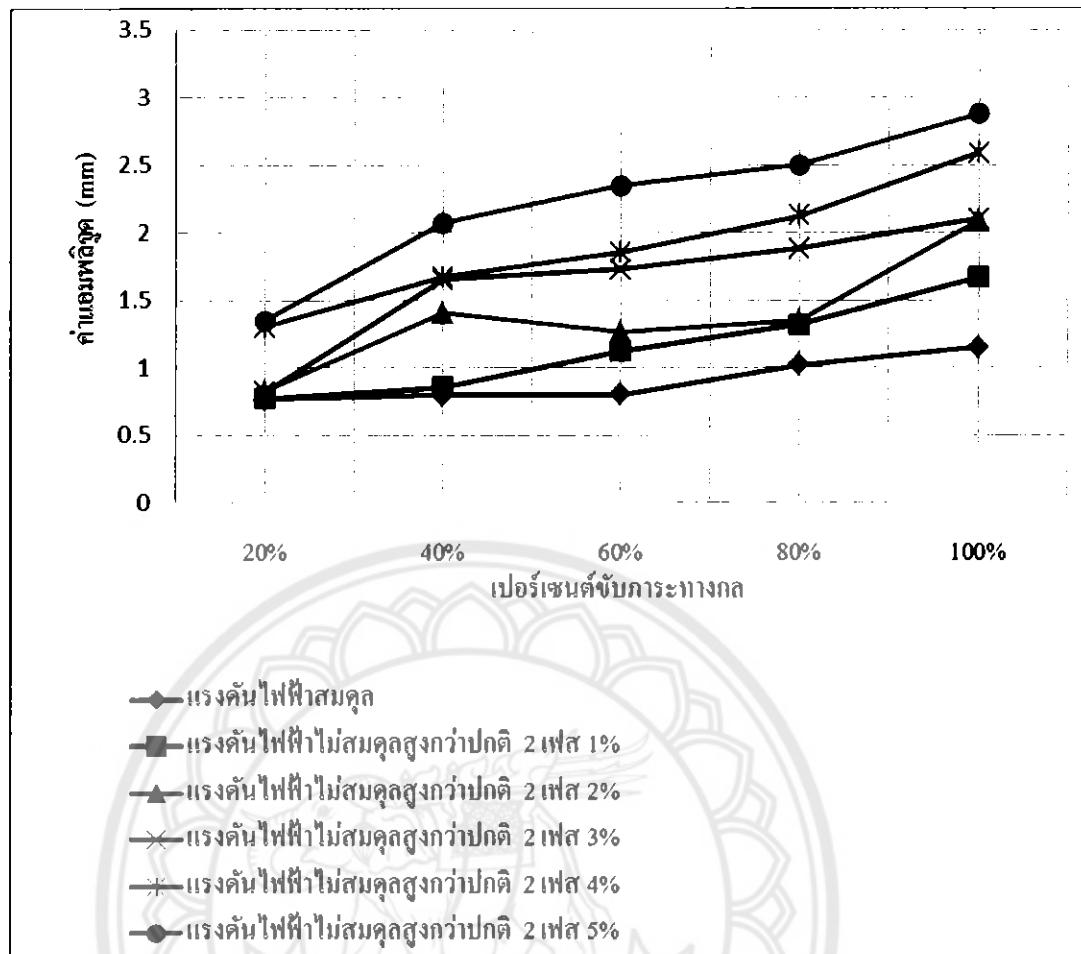
รูปที่ 4.16 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันที่ไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟสบนขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์

จากการวิเคราะห์ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นช่วง 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลบนขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์มีมูลค่าค่าแอนพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแอนพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การขับภาระทางกลในสภาวะของแรงดันไฟฟ้าสมดุลแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟส 1%, 2% และ 3% และโดยมีค่าแอนพลิจูดใกล้เคียงกันส่วนสภาวะแรงดันต่ำกว่าปกติ 2 เฟส ที่ 4% และ 5% มีค่าแอนพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.16 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนในสภาวะแรงดันสูงกว่าปกติ 2 เฟส ติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์

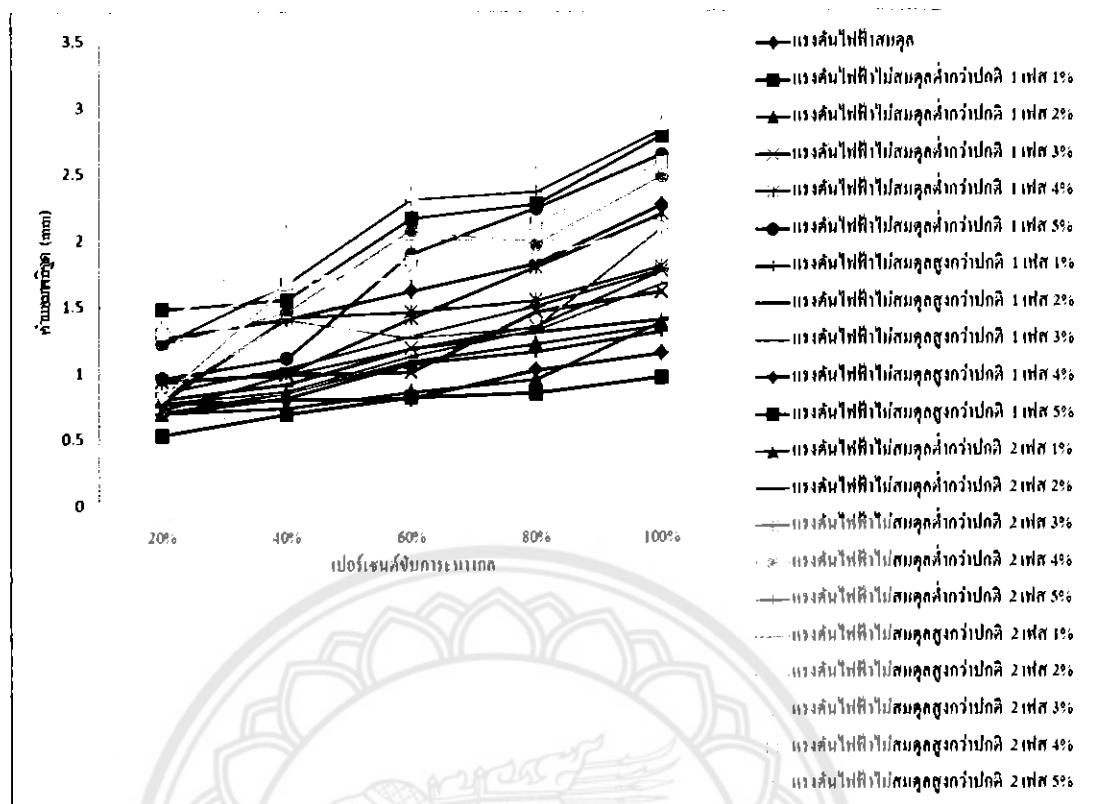
สภาวะแรงดัน	เปอร์เซ็นต์ขับกระแสทางกล				
	20%	40%	60%	80%	100%
แรงดันไฟฟ้าสมดุล	0.7649	0.7962	0.8002	1.017	1.145
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 1%	0.771	0.857	1.122	1.319	1.666
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 2%	0.823	1.403	1.263	1.345	2.086
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 3%	0.817	1.651	1.729	1.879	2.097
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 4%	1.3	1.672	1.852	2.125	2.584
แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟส 5%	1.347	2.069	2.345	2.499	2.874

จากผลการทดสอบนำค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสในสภาวะแรงดันที่สมดุลและไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟสจะขับกระแสทางกลติดตั้งหัววัดค้านที่ฐานมอเตอร์เปรียบเทียบแนวโน้มของค่าแอนพลิจูดโดยผลการเปรียบเทียบแสดงในรูป 4.17



รูปที่ 4.17 ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันที่ไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2 เฟสขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์

จากการวิเคราะห์ค่าแอนพลิจูดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นได้ว่า 3 เฟสในสภาวะแรงดันไม่สมดุลขณะขับภาระทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์มีค่าแอนพลิจูดของแต่ละสภาวะแรงดันมาเปรียบเทียบพบว่าในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลทุกสภาวะมีค่าแอนพลิจูดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเพิ่มขึ้นและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์การขับภาระทางกล เปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลที่ 2% ค่าแอนพลิจูดมีค่าต่ำที่สุดที่ 60% ส่วนที่ 80% มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันไม่สมดุลสูงกว่าปกติ 2%



**รูปที่ 4.18 ค่าแยxm พลิจุดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาพแวดล้อมด้านไม่สมดุลขณะขับ
การทางกลติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์**

ค่าแยxm พลิจุดสูงสุดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นี่ยานำ 3 เพสในสภาพแวดล้อมด้านไม่สมดุลขณะขับการทางกลติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์ในสภาพแวดล้อมด้านไม่สมดุลแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เพส 1% และ 2% ค่าแยxm พลิจุดของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล 2 เพสจะมีค่าสูงกว่าไม่สมดุล 1 เพสและสูงขึ้นเมื่อขับการทางกลที่มากขึ้นแต่ค่าแยxm พลิจุดมีค่าต่ำกว่าการติดตั้งบริเวณด้านบนมอเตอร์และด้านหลังมอเตอร์

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

ในโครงการนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เห็นี่ขwan 3 เฟส โดยใช้หัววัดการสั่นสะเทือนแบบความเร่ง แล้วหาค่าแอมเพลจูดสูงสุดในรูปแบบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุล 1 เฟส 2 เฟส 5 ระดับ ขณะไร้ภาระทางกลและขับภาระทางกลเพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และเปรียบเทียบความรุนแรงที่เกิดขึ้น

การวัดการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าต่างๆแสดงผลโดยกราฟสเปกตรัมค่าแอมเพลจูดของกราฟสเปกตรัมนั้นออกถึงความรุนแรงที่เกิดขึ้น

5.1.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบการทดสอบมอเตอร์ในสภาวะไร้ภาระทางกล

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสภาวะต่าง ๆ ให้มอเตอร์ สังเกตแนวโน้มค่าแอมเพลจูดตามเบอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลที่เพิ่มขึ้นได้ดังนี้

สำหรับผลการทดสอบประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์ ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล กราฟสเปกตรัมจะมีค่าแอมเพลจูดของกราฟเพิ่มขึ้นตามเบอร์เซ็นต์สภาวะความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า เมื่อสภาวะความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้ามีเบอร์เซ็นต์มากขึ้นค่าแอมเพลจูดของกราฟมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล 1%, 2%, 3% และ 4% ค่าแอมเพลจูดมีค่าใกล้เคียงกันโดยค่าแอมเพลจูดสูงสุดจะมีความแตกต่างกันชัดเจนเมื่อเบอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลแรงดัน 5%

ส่วนที่ 2 ติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์ สภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลกราฟสเปกตรัมนี้ค่าแอมเพลจูดของกราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเบอร์เซ็นต์สภาวะความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า เช่นเดียวกับติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์แต่ค่าแอมเพลจูดของกราฟจะมีแนวโน้มต่ำกว่ากรณีการติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์

ส่วนที่ 3 ติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์ สภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลกรณีต่างๆกราฟสเปกตรัมนี้ค่าแอมเพลจูดของกราฟเพิ่มขึ้นตามเบอร์เซ็นต์สภาวะความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้า เช่นเดียวกับติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์และหลังมอเตอร์ แต่ค่าแอมเพลจูดมีแนวโน้มต่ำกว่ากรณีการติดตั้งบนมอเตอร์และหลังมอเตอร์

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าแอนพลิจูดในสภาวะแรงดันไม่สมดุล 5 ระดับ ค่าแอนพลิจูดของกราฟจะมีค่ามากขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลเมื่อเทียบกับสภาวะแรงดันไฟฟ้าสมดุล

5.1.2 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบการทดสอบมอเตอร์ในสภาวะขับภาระทางกล

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสภาวะต่างๆ ให้มอเตอร์และขับภาระทางกลสังเกตแนวโน้มค่าแอนพลิจูดตามเปอร์เซ็นต์ความไม่สมดุลที่เพิ่มขึ้นได้ดังนี้

สำหรับผลการทดสอบประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์ ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลกราฟสเปกตรัมจะมีค่าแอนพลิจูดของกราฟเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์สภาวะความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าและเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์โหลดเมื่อเปอร์เซ็นต์โหลดมีค่าเพิ่มขึ้นค่าแอนพลิจูดที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นด้วยเห็นกันโดยที่สภาวะแรงดันสมดุล ค่าแอนพลิจูดมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลต่ำและสูงกว่า 1 เฟส เล็กน้อยเนื่องจากค่าแรงดันเปลี่ยนไปเล็กน้อยส่วนในสภาวะแรงดันไม่สมดุล 2 เฟสค่าแอนพลิจูดสูงขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับสภาวะแรงดันสมดุล

ส่วนที่ 2 ติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสภาวะต่างๆ ให้กับมอเตอร์แล้วขับภาระทางกล พบร่วมค่าแอนพลิจูดจากกราฟสเปกตรัมมีค่าเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์โหลดซึ่งเปอร์เซ็นต์โหลดมีค่ามาก ค่าแอนพลิจูดที่มีค่ามากขึ้นเข่นเดียวกับกรณีการติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์แต่ค่าแอนพลิจูดจะมีแนวโน้มค่าแอนพลิจูดต่ำกว่ากรณีการติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์

ส่วนที่ 3 ติดตั้งหัววัดที่ฐานมอเตอร์ เข่นเดียวกับกับการติดตั้งติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์และติดตั้งหัววัดด้านหลังมอเตอร์ค่าแอนพลิจูดที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์โหลดแต่ค่าแอนพลิจูดเข่นเดียวกับกรณีการติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์และการติดตั้งด้านหลังมอเตอร์แต่จะมีแนวโน้มต่ำกว่ากรณีการติดตั้งด้านบนและหลังมอเตอร์

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าแอนพลิจูดในสภาวะแรงดันไม่สมดุล 5 ระดับขับภาระทางกลค่าแอนพลิจูดมีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับแรงดันสมดุลปกติ ดังนั้นเมื่อมอเตอร์ขับภาระทางกลมากการสั่นสะเทือนก็มากตามการขับภาระทางกลโดยที่สภาวะแรงดันไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 2 เฟสและสูงกว่าปกติ 2 เฟสนมีค่าแอนพลิจูดที่สูงและยิ่งสูงขึ้นเมื่อขับภาระทางกลที่ 80% และ 100%

การติดตั้งหัววัดการสั่นสะเทือนมีผลกับค่าแอนพลิจูดที่ได้จากการทดสอบพบว่าการติดตั้งหัววัดการสั่นสะเทือนบนรีเวณบนมอเตอร์ให้ผลการทดสอบที่เห็นผลชัดเจนที่สุด

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบและแนวทางแก้ไข

1) ปัญหาจากอุปกรณ์ในการทดสอบ

<u>สาเหตุ</u>	อุปกรณ์ในการทดสอบและเครื่องมือวัดที่ชำรุด
<u>ผล</u>	ส่งผลให้ผลการทดสอบผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนได้
<u>วิธีแก้ไข</u>	เลือกใช้อุปกรณ์ที่ไม่ชำรุด

2) ปัญหาอุณหภูมิของน้ำเตอร์ขยะทำการทดสอบมีค่าสูง

<u>สาเหตุ</u>	การทดสอบเป็นเวลานาน
<u>ผล</u>	ทำให้หัววัดที่ติดกับน้ำเตอร์หลุด
<u>วิธีแก้ไข</u>	ต้องหักน้ำเตอร์เป็นช่วงๆ

3) ปัญหาแรงดันในแต่ละเฟสที่ป้อนเข้าแหล่งจ่ายไฟไม่คงที่

<u>สาเหตุ</u>	แรงดันในแต่ละเฟสที่ป้อนเข้าแหล่งจ่ายไฟไม่คงที่
<u>ผล</u>	ทำให้ค่าที่ได้จากการทดสอบคลาดเคลื่อน
<u>วิธีแก้ไข</u>	ใช้โวลต์มิเตอร์จับแรงดันแล้วก็คอบริบูรณ์แรงดันไม่ให้คลาดเคลื่อน

5.3 ประเมินผล

หากการดำเนินงานโครงการนี้อีกบ้านๆ ที่บ้านๆ ประสบปัญหานี้ในการทำงาน ได้ผลดังนี้

- 1) ผลการทดสอบการสั่นสะเทือนของน้ำเตอร์ในสภาวะแรงดันไม่สมดุล 1 เฟส และ 2 เฟส เลือกจ่ายแรงดันไม่สมดุล 5 ระดับ 1%, 2%, 3%, 4% และ 5% เทียบกับสภาวะแรงดันสมดุลค่าแอลกอฮอลิจูดจะมีค่าเพิ่มขึ้นทั้ง ขั้นการทางกลและไร์ภาระทางกล
- 2) ได้รับความรู้เพิ่มเติมกับอุปกรณ์วัดการสั่นสะเทือน

5.4 แนวทางสำหรับการพัฒนา

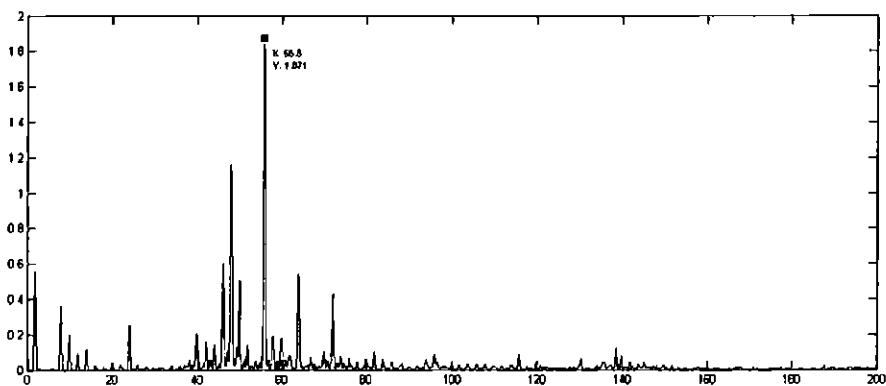
- 1) เลือกใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ชัดเจน
- 2) ใช้การยึดติดหัววัดการสั่นสะเทือนแบบยึดด้วยแม่เหล็กสามารถเพิ่มให้กับการทำงานความร้อนได้ดีกว่าซึ่ดด้วยบีพี
- 3) ศึกษาการผลกระทบการเกิดการสั่นสะเทือนว่าเกิดต้นเหตุใดของน้ำเตอร์

เอกสารอ้างอิง

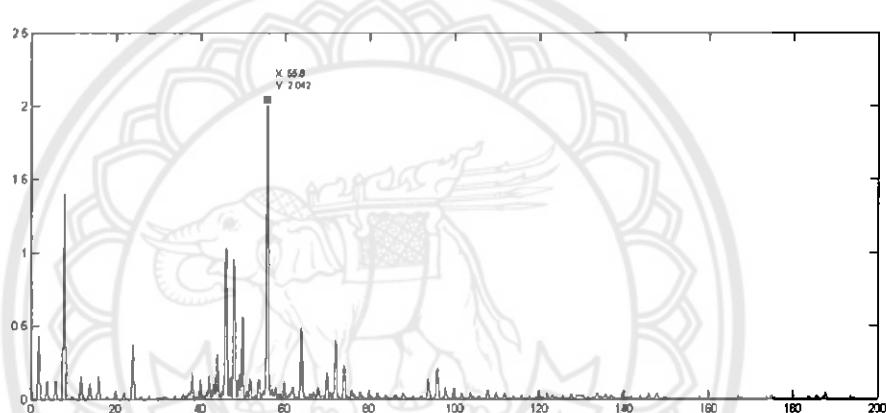
- [1] ประดิษฐ์ หมุ่เมืองสอง และสุชณาน ธรรมสุข. การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน (Vibration Analysis) สำนักพิมพ์ซีเอ็ดьюเคชั่น. (SE-EDUCATION): 2550.
- [2] รศ.มนตรี พิรุณเกยตร. การสั่นสะเทือนทางกล (Mechanical Vibrations). สำนักพิมพ์ท้อป: 2548.
- [3] ปราโมทย์ เดชะอ่าໄ皮. ไฟในต่ออิเล็กทรอนิกส์ในงานวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: 2547
- [4] <http://www.globalspec.com>, สืบค้นวันที่ 12 ตุลาคม 2554.
- [5] <http://www.tgipmt.com>, สืบค้นวันที่ 13 ตุลาคม 2554.
- [6] <http://www.siamprotect.com>, สืบค้นวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2554.
- [7] <http://eelabb.blogspot.com>, สืบค้นวันที่ 13 ตุลาคม 2554.
- [8] <http://www.globalspec.com>, สืบค้นวันที่ 12 ตุลาคม 2554.
- [9] <http://www.chinamotorparts.net>, สืบค้นวันที่ 15 ตุลาคม 2554.
- [10] <http://www.diygokarts.com>, สืบค้นวันที่ 15 ตุลาคม 2554.
- [11] ประดิษฐ์ หมุ่เมืองสอง และสุชณาน ธรรมสุข. การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน (Vibration Analysis) สำนักพิมพ์ซีเอ็ดьюเคชั่น. (SE-EDUCATION): 2550.
- [12] <http://thailandindustry.com>, สืบค้นวันที่ 12 ตุลาคม 2554.



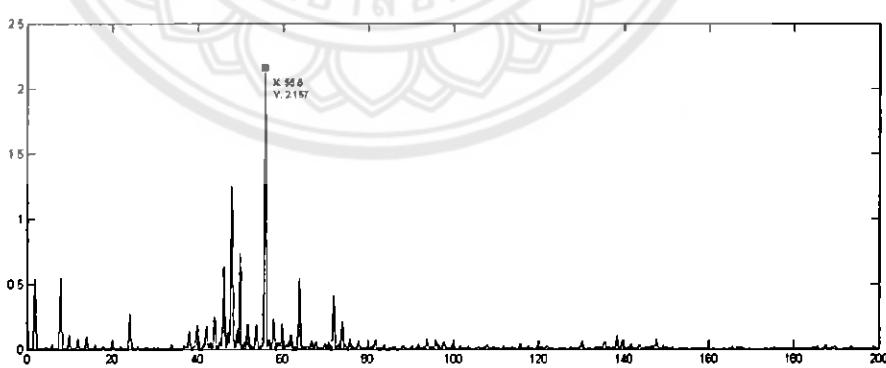
1. การติดตั้งหัววัดบนมอเตอร์



กราฟสเปกตรัมในสภาวะแรงดันสมดุล (mm)

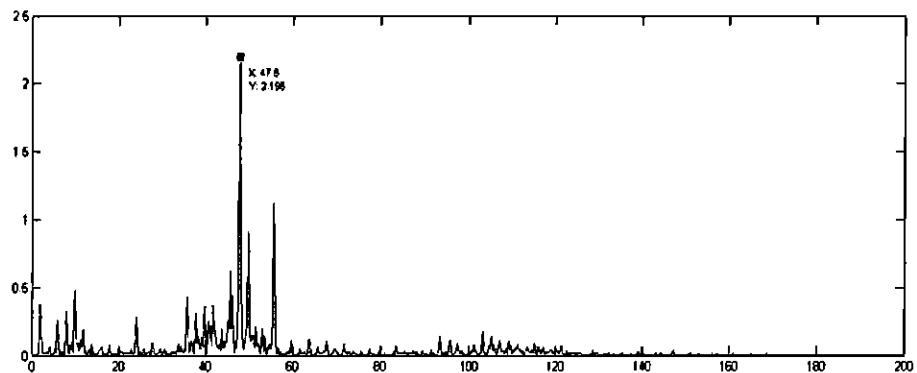


กราฟสเปกตรัมในสภาวะแรงดันไฟฟ์ไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 1% (mm)

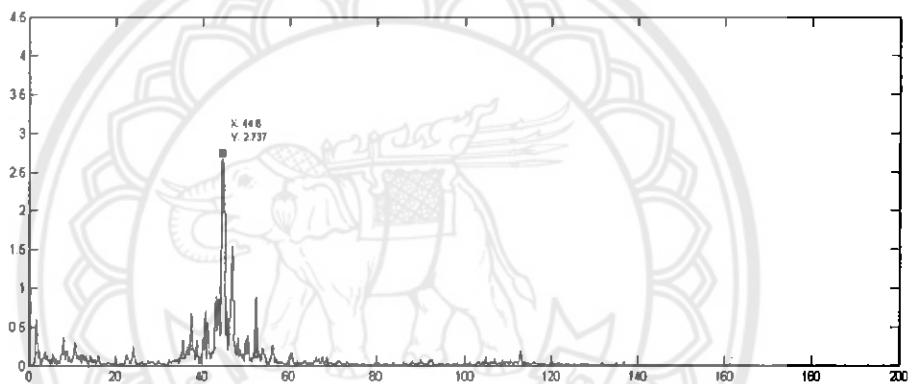


กราฟสเปกตรัมในสภาวะแรงดันไฟฟ์ไม่สมดุลต่ำกว่าปกติ 1 เฟส 2% (mm)

รูปการทดลองของมอเตอร์เหนี่ยวนำในสภาวะที่แรงดันลมดูดขณะขับภาระทางกล



กราฟสเปกตรัมในสภาวะขณะขับภาระทางกลที่ 20% (mm)



กราฟสเปกตรัมในสภาวะขณะขับภาระทางกลที่ 40% (mm)