

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



191083



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การวิจัยความผิดปกติของอินดักชั่นมอเตอร์
ที่ใช้ในกระบวนการสีข้าวของโรงสีข้าว

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช และคณะ

มีนาคม 2555

๖ ๐๐๒๕๕๘๕๒

สัญญาเลขที่ R2554B092

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



191083

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์



โครงการ การวิจัยความผิดปกติของอินตักชั้นมอเตอร์
ที่ใช้ในกระบวนการสีข้าวของโรงสีข้าว

คณะผู้วิจัย วิศวกรรมศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช

นายณัฐพล สิริศรีจันทร์

นายสิทธิโชค ผูกพันธ์

นายทวิศักดิ์ ทาจ้อย

สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประกาศคุณูปการ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณ กองบริหารการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนและ
ประสานงาน ในงานวิจัยเรื่อง “การวินิจฉัยความผิดปกติของอินคักชั่นมอเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการ
สีข้าวของโรงสีข้าว” จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณ นิสิตช่วยงาน อาจารย์และเจ้าหน้าที่
ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่
เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยนี้ ทั้งในด้านเก็บข้อมูล และช่วยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ตลอดจนทุ่มเทเวลา
และสติปัญญา จนทำให้รายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญ ไม่ว่าต่อบ้านเรือนที่อยู่อาศัย อาคาร สถานประกอบการต่าง ๆ และโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ การบำรุงรักษาจะเป็นไปตามศักยภาพและการเอาใจใส่ของผู้รับผิดชอบนั้น ๆ บ่อยครั้งพบว่ามอเตอร์ไฟฟ้ามีการเสียหายเป็นประจำ เป็นที่มาของปัญหาไม่ว่าในด้านการจ่ายในการซ่อมแซม เวลาในการซ่อมแซมซึ่งบางครั้งต้องหยุดกระบวนการผลิตโดยเฉพาะในกรณีที่ไม่มียกมอเตอร์สำรอง ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่หรืออาคารควบคุมขนาดใหญ่ บ่อยครั้งที่พบว่ามอเตอร์ถูกใช้งานติดต่อกันเป็นเวลานาน การดูแลรักษาอาจใช้เวลาของการทำงานเป็นตัวแปรในการตัดสินใจทำการบำรุงรักษา ซึ่งหากปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ภายในบ่อย ๆ ย่อมหมายถึงค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นไปด้วย

โครงการวิจัยมีจุดมุ่งหมาย ทั้งการวิจัยเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ในด้านการวินิจฉัยความผิดปกติต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้าขณะทำงาน โดยเก็บข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าขณะใช้งานจริงจากสถานประกอบการ เช่น โรงสีข้าว โดยเลือกพิจารณาศึกษาในกรณี การแตกของตัวนำโรเตอร์และเบร้งเสียหาย ซึ่งทั้งสองกรณีนี้ เป็นปัญหาหลักของมอเตอร์ไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่า กรณีการแตกของตัวนำโรเตอร์ การตรวจวัดสัญญาณทางไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นวิธีที่ดีในการแสดงผลความผิดปกติอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม กรณีเบร้งเสียหาย การตรวจวัดสัญญาณทางไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าอาจไม่ใช่วิธีที่เหมาะสม เพราะปัจจัยหลายประการจากการวัดมักส่งผลต่อความผิดพลาดของสัญญาณไฟฟ้าที่ได้รับ การตรวจวัดสัญญาณเสียงของมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นทางเลือกที่เหมาะสม สำหรับการศึกษาค้นคว้าหาความเสียหายของเบร้ง

Abstract

191083

Electric motors are important appliances used in households, buildings, premises, and factories. Maintenance of electric motors may depend on capacity and attention of users so it is likely to find that these motors are often damaged, which results in other loss, such as cost of repairing, time spent for repairing, or even production halt. It has been found that large manufacturers or designated buildings always use motors continuously and working time of motors will always be used as criterion for maintenance. In some cases, internal parts of motor have to be changed and this will increase more expenses.

This research proposes to study fault diagnosis of working motor and develop the diagnosing electric motors knowhow from real manufacturer, in particular rice milling plant. Mainly, two major problems of electric motors, which are broken rotor bar problem and bearing fault, are selected for study. Therefore, it can be concluded that for the broken rotor bar case the measurement of the electrical signal waveform of the electric motor is a useful method for illustrating the diagnosis. However, for bearing fault case the measurement of the electrical waveforms signal of the electric motor maybe is inapplicable, because many factors from measuring affect to the error of the outcome electric signal. Alternatively, the measurement of the audio signal waveform of the electric motor is suitable for studying the bearing fault case.

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

เลขที่สัญญา R2554B092

ชื่อโครงการ

(ไทย) การวินิจฉัยความผิดปกติของอินดักชั่นมอเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการสีข้าวของโรงสีข้าว

(อังกฤษ) Fault diagnosing of induction motor used in rice milling process of rice milling plant

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช

นายณัฐพล สิริศรีจันทร์

นายสิทธิโชค ผูกพันธุ์

นายทวีศักดิ์ ทาจอ้ย

สังกัด - ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

ระยะเวลาโครงการ 1 ปี 4 เดือน

งบประมาณโครงการ 306,000 บาท

บทสรุปโครงการวิจัย

โครงการวิจัยมีจุดมุ่งหมาย ทั้งการวิจัยเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ในด้านการวินิจฉัยความผิดปกติต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้าขณะทำงาน โดยเก็บข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าขณะใช้งานจริงจากสถานประกอบการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรงสีข้าวในจังหวัดพิษณุโลก ทั้งนี้ได้เลือกพิจารณาศึกษาในกรณี การแตกของตัวนำโรเตอร์และเบร้งเสียหาย ซึ่งทั้งสองกรณีนี้ เป็นปัญหาหลักของมอเตอร์ไฟฟ้า จากการศึกษาพบว่า กรณีการแตกของตัวนำโรเตอร์ ได้ทำการศึกษการแตกของตัวนำหลากหลายรูปแบบ อีกทั้งยังทดสอบผลกระทบของภาระ รวมทั้งประสิทธิภาพที่ลดลง

ขณะเกิดปัญหาต่าง ๆ กรณีเบร้งเสียหาย ได้ทำการสร้างรูปแบบการเสียหาย เช่น ผลของการเกิดสนิม แต่การเสียหายที่ตัวเบร้งเอง (การเจาะให้เกิดการเสียหาย) ซึ่งจะสามารถต่อ ยอดความสำเร็จของโครงการในรูปแบบของการเผยแพร่ผลงานวิชาการ หรือโปรแกรมต้นแบบในการตรวจจับความผิดปกติได้ในอนาคต โดยมีการเผยแพร่ผลงานวิชาการ ขึ้นต้น ในการประชุมวิชาการ ระดับนานาชาติ 2 ชิ้น ได้แก่

- [1] N. Sittisrijan and S. Ruangsinchaiwanich, "Synthesis of stator current waveform of induction motor", International Conference Electrical Machines and Systems (ICEMS 2011), Beijing, China, August 20-23, 2011
- [2] N. Sittisrijan and S. Ruangsinchaiwanich, "Investigation of broken bar effect on squirrel cage induction motor by FEM", International Conference Electrical Machines and Systems (ICEMS 2010), Incheon, Korea, October 10 - 13, 2010

อีกทั้งได้ทำการอบรมการวินิจฉัยความผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าขณะใช้งาน เบื้องต้นให้แก่ พนักงานของ โรงสีเจริญพาณิชย์ จังหวัดพิษณุโลก เพื่อสามารถนำงานวิจัยที่ได้ ไปวิเคราะห์ความผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

สารบัญ

บทที่

หน้า

ประกาศณูประการ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
บทสรุปผู้บริหาร.....	ง
1 บทนำ.....	1
ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	7
สมมุติฐานของงานวิจัย.....	7
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
ทฤษฎีเกี่ยวกับอันดับชั้นมอเตอร์ 3 เฟส.....	8
การวิเคราะห์ความผิดปกติในมอเตอร์ (Motor Failure Analysis).....	15
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
3 วิธีดำเนินงานวิจัยและผลการทดลอง.....	27
มอเตอร์ที่ใช้ในการวิจัย และชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเมื่อตัวนำโรเตอร์	
แตก.....	27
การวิเคราะห์ความผิดปกติเมื่อตัวนำโรเตอร์แตกด้วยกระแส.....	28
มอเตอร์ที่ใช้ในการวิจัย และชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเมื่อเบร้งเสียหาย.....	29
การวิเคราะห์ความผิดปกติเมื่อเบร้งเสียหายด้วยกระแสเดเตอร์.....	31
การวิเคราะห์ความผิดปกติเมื่อเบร้งเสียหายด้วยสัญญาณเสียง.....	33
ผลการทดลอง.....	35

4	สรุปผลการทดลอง.....	66
	เอกสารอ้างอิง.....	67
	ภาคผนวก.....	69

สารบัญตาราง

ตาราง

หน้า

2.1	แสดงการเปรียบเทียบเทคนิคการตรวจสอบความเสียหายของมอเตอร์	16
3.1	แสดงรายละเอียดตามเนมเพลทของอินดักชั่นมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง.....	27
3.2	แสดงรายละเอียดตามเนมเพลทของอินดักชั่นมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง.....	29
3.3	แสดงขนาดพารามิเตอร์ของเบร้งทั้ง 2 ชนิด.....	32
3.4	แสดงความถี่ที่เกิดขึ้นจากกระแสเตเตอร์เมื่อเบร้งเสียหายสภาพต่างๆ.....	33
3.5	แสดงการเปรียบเทียบความถี่ระหว่างผลการทดลองและผลการคำนวณ.....	52
3.6	แสดงการเปรียบเทียบเทคนิคการวินิจฉัยต่างๆ กับความเสียหายของเบร้ง.....	65

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 อินคักชั้นมอเตอร์ขนาดต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการสีข้าว.....	2
1.2 อินคักชั้นมอเตอร์ขนาด 15 แรงม้า (Hp) 380V ขณะช่วงซ่อมบำรุงทำความสะอาด ภายนอก.....	2
1.3 อินคักชั้นมอเตอร์ที่ได้รับความเสียหายเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟที่ไม่คงที่	3
1.4 ขดลวดสเตเตอร์ที่ได้รับความเสียหายอันเนื่องมาจากการใช้งานไม่ถูกวิธี	4
1.5 ขดลวดสเตเตอร์และโรเตอร์ได้รับความเสียหายเนื่องมาจากการหมุนที่ผิดปกติของ โรเตอร์	4
1.6 การวินิจฉัยมอเตอร์ไฟฟ้าขณะทำงานในโรงงานต่างประเทศเพื่อวิเคราะห์สภาพการ ทำงาน	5
2.1 สเตเตอร์ของอินคักชั้นมอเตอร์ 3 เฟส.....	8
2.2 โรเตอร์ของอินคักชั้นมอเตอร์ 3 เฟส a) โรเตอร์แบบกรงกระรอก b) โรเตอร์แบบ ขดลวดพันรอบโรเตอร์.....	9
2.3 วงจรสมมูลของอินคักชั้นมอเตอร์ 3 เฟสขณะอยู่กับที่.....	11
2.4 วงจรสมมูลที่ย้ายค่าต่างๆ จากด้านโรเตอร์ไปด้านสเตเตอร์ที่ความเร็วใดๆ.....	12
2.5 ผังการไหลของพลังงานในอินคักชั้นมอเตอร์ 3 เฟส.....	13
2.6 สัญญาณคลื่นชาวนักกับการแสดงเทียบในแกนเวลาและแกนความถี่.....	16
2.7 โครงสร้างของแบร็งก์ในอินคักชั้นมอเตอร์	17
2.8 การแปลงสัญญาณกระแส 3 เฟส อยู่ในองค์ประกอบของเวกเตอร์ปาร์ค.....	19
2.9 สเปกตรัมกระแสของมอเตอร์ปั๊มเมื่อตัวนำโรเตอร์เสียหาย	19
2.10 การเปรียบเทียบผลของตำแหน่งความเสียหายที่เกิดขึ้น	20
2.11 สนามแม่เหล็กที่จ่ายในมอเตอร์ a) มอเตอร์ปกติ b) 7 ตัวนำแตก	21
2.12 สเปกตรัมกระแสสเตเตอร์เมื่อแบร็งก์เสียหาย	22
2.13 สเปกตรัมกระแสสเตเตอร์ไม่ได้ปรับปรุง a) มอเตอร์ปกติ b) แบร็งก์เสียหาย	22
2.14 สเปกตรัมกระแสสเตเตอร์ที่ปรับปรุง a) มอเตอร์ปกติ b) แบร็งก์เสียหาย	23
2.15 ชนิดความเสียหายของแบร็งก์ในอินคักชั้นมอเตอร์ a) ร่องลื่นด้านนอกแตก b) ร่องลื่นด้านนอกเกิดรู c) ฝาครอบป้องกันลูกปืนชำรุด d) แบร็งก์เกิดสนิม	23
2.16 การเปรียบเทียบสเปกตรัมกระแสสเตเตอร์ของความเสียหายชนิดที่ 1	24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.17 สัญญาณของเบร้งที่เสียหาย a) สเปคตรัมกระแส b) สเปคตรัมแรงบิด	24
2.18 องค์ประกอบของเวกเตอร์ปาร์ค a) มอเตอร์ปกติ b) เบร้งเสียหาย	25
2.19 สเปคตรัมขององค์ประกอบเวกเตอร์ปาร์ค	26
2.20 การวิเคราะห์กระแสเดเตอร์ a) วิธีเวกเตอร์ปาร์ค b) วิธีโคออร์ดิเนตใหม่	26
3.1 โครงสร้างของอินคักชันมอเตอร์ 1 เฟส a) สเตเตอร์ b) โรเตอร์.....	27
3.2 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมอเตอร์.....	28
3.3 สเปคตรัมแบบค้ำข้างเมื่อแท่งตัวนำโรเตอร์แตกหัก.....	29
3.4 โครงสร้างของอินคักชันมอเตอร์ 3 เฟส a) สเตเตอร์ b) โรเตอร์.....	30
3.5 การเก็บข้อมูลในกระบวนการสึซ่าว	30
3.6 การเปรียบเทียบสัญญาณกระแสจากเครื่องมือวัด.....	31
3.7 โครงสร้างของเบร้งที่ใช้ในการทดลอง a) 6202 ZZ b) 6201 ZZ.....	32
3.8 แสดงการเขียนโปรแกรมแลปวิวสำหรับรับสัญญาณเสียง.....	34
3.9 แสดงการปรับค่าของอุปกรณ์รับสัญญาณเสียง.....	34
3.10 แสดงการปรับค่าการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว.....	35
3.11 โรเตอร์ของอินคักชันมอเตอร์ 1 เฟส ที่ใช้ในการทดลอง a) โรเตอร์ปกติ b) 1 ตัวนำแตก c) 2 ตัวนำแตก d) 3 ตัวนำแตก e) 4 ตัวนำแตก f) 5 ตัวนำแตก g) 6 ตัวนำแตก h) 7 ตัวนำแตก.....	35
3.12 สเปคตรัมกระแสเดเตอร์สภาวะโรเตอร์ปกติ พิกัดโพลดต่างๆ.....	37
3.13 สเปคตรัมกระแสเดเตอร์สภาวะ 1 ตัวนำโรเตอร์แตก พิกัดโพลดต่างๆ.....	39
3.14 สเปคตรัมกระแสเดเตอร์สภาวะ 2 ตัวนำโรเตอร์แตก พิกัดโพลดต่างๆ.....	41
3.15 สเปคตรัมกระแสเดเตอร์สภาวะ 3 ตัวนำโรเตอร์แตก พิกัดโพลดต่างๆ.....	43
3.16 สเปคตรัมกระแสเดเตอร์สภาวะ 4 ตัวนำโรเตอร์แตก พิกัดโพลดต่างๆ.....	45
3.17 สเปคตรัมกระแสเดเตอร์สภาวะ 5 ตัวนำโรเตอร์แตก พิกัดโพลดต่างๆ.....	47
3.18 สเปคตรัมกระแสเดเตอร์สภาวะ 6 ตัวนำโรเตอร์แตก พิกัดโพลดต่างๆ.....	49
3.19 สเปคตรัมกระแสเดเตอร์สภาวะ 7 ตัวนำโรเตอร์แตก พิกัดโพลดต่างๆ.....	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.20 การเปรียบเทียบสเปกตรัมกระแสเตเตอร์ที่พิกัดโหลดต่างๆ.....	52
3.21 แบร้งของอินคักชั่นมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง a) แบร้งปกติ b) ความเสียหาย เนื่องจากrongลื่นด้านนอก (Outer Raceway) c) ความเสียหายเนื่องจากโครงยึด ลูกปืน (Cage) d) ความเสียหายเนื่องจากการกัดกร่อน (Corrosion).....	53
3.22 การเปรียบเทียบสเปกตรัมกระแสจากความเสียหายrongลื่นด้านนอก พิกัดโหลดต่างๆ...	56
3.23 การเปรียบเทียบสเปกตรัมกระแสจากความเสียหายโครงยึดลูกปืน พิกัดโหลดต่างๆ.....	57
3.24 การเปรียบเทียบสเปกตรัมกระแสจากความเสียหายการกัดกร่อน พิกัดโหลดต่างๆ.....	59
3.25 การเปรียบเทียบสเปกตรัมเสียงกรณีแบร้งปกติ พิกัดโหลดต่างๆ.....	60
3.26 การเปรียบเทียบสเปกตรัมเสียงจากความเสียหายrongลื่นด้านนอก พิกัดโหลดต่างๆ.....	62
3.27 การเปรียบเทียบสเปกตรัมเสียงจากความเสียหายโครงยึดลูกปืน พิกัดโหลดต่างๆ.....	63
3.28 การเปรียบเทียบสเปกตรัมเสียงจากความเสียหายการกัดกร่อน พิกัดโหลดต่างๆ.....	65