

การพัฒนาเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์

The Development of Measuring tool and Motor Current Signal Analysis

ธราธิป ภูระหงษ์¹ และ ศุภชัย ปลายนตร²

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม วิทยาลัยเทคนิคนครพนม มหาวิทยาลัยนครพนม

ถ.นิตโย ต.หนองญาติ อ.เมือง จ.หวัดนครพนม 48000 โทรศัพท์ : 0-42511-484

E-mail: tharathip_ph@npu.ac.th, tharathip.ph@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความผิดปกติของมอเตอร์เหนี่ยวนำในสถานะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล สำหรับวิธีการใช้วงจรตรวจวัดสัญญาณกระแสแรงจูงการองความถี่ต่ำ วงจรการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลและทำการวิเคราะห์ประมวลผลโดยใช้อัลกอริทึมของการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว ด้วยโปรแกรม Labview ทำการทดสอบสภาวะแรงดันไม่สมดุลกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 0.5 และ 1 แรงม้า

ผลการทดสอบพบว่าเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงผลสัญญาณกระแสและสเปกตรัมกระแสฮาร์โมนิกส์ เนื่องจากสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล และสามารถนำไปใช้ในการพัฒนางาน วิจัยเครื่องมือวัดในระดับห้องปฏิบัติการได้

คำสำคัญ สภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล มอเตอร์เหนี่ยวนำ การประมวลผลสัญญาณ

Abstract

This research paper presents a development of the measuring tool and motor current signal analysis. The objective of this research is study of induction motor fault on the unbalance voltage. For the methodology using the current sensor circuit, low pass filter circuit, analog signal to digital signal circuit and analysis and processing the motor current signal using the fast fourier transform algorithm by labview program. The testing the unbalance voltage with the three phase induction motor 0.5 and 1 HP.

The result of the testing show of the measuring tool can monitoring the current signal and harmonic current spectrum due to the unbalance voltage and can application to develop the measuring tool research in the laboratory.

Keyword Unbalance voltage condition Induction motor Digital signal processing

1. บทนำ

ในปัจจุบันธุรกิจอุตสาหกรรมมีการแข่งขันกันอยู่ตลอดเวลา ในกระบวนการผลิตโดยทั่วไปมีปัจจัยหลักอย่างคือ แรงงาน เครื่องจักร และวัตถุดิบ เนื่องจากการผลิตที่ได้คุณภาพที่ดีนั้นจำเป็นต้องมีเครื่องจักรกลที่มีประสิทธิภาพทำงานได้เต็มกำลัง โดยเครื่องจักรกลส่วนใหญ่นิยมใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสเป็นเครื่องต้นกำลังเนื่องจากมีความทนทานและมีประสิทธิภาพสูง อย่างไรก็ตามเนื่องจากการทำหน้าที่เป็นตัวต้นกำลัง โดยแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเพื่อขับโหลดต่างๆ ความเสื่อมสภาพจากการใช้งานหรือความผิดปกติต่างๆที่เกิดขึ้น เนื่องจากโรเตอร์และสเตเตอร์ต้องรับแรงที่เกิดจากสนามแม่เหล็ก ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากทางกล จากความร้อนและทางไฟฟ้าจะกระทบโดยตรงกับประสิทธิภาพในการทำงานและอายุการใช้งานของมอเตอร์ ดังนั้นเพื่อให้อายุการทำงานของเครื่องจักรยาว นานสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดการขัดข้องเสียหายบ่อยครั้งจึงจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษามอเตอร์ เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพส่งผลให้เกิดคุณภาพที่ดีในกระบวนการผลิต จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอการตรวจสอบสภาพหรือวิเคราะห์ความเสียหายมอเตอร์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ การตรวจวิเคราะห์ที่ต้องทำขณะที่มอเตอร์หยุดทำงานและ การตรวจวิเคราะห์ที่ทำในขณะที่มอเตอร์ทำงาน (Thomson, 2003) สำหรับวิธีการวิเคราะห์ทำได้หลายวิธี เช่นเทคโนโลยีในปัจจุบันที่นำมาใช้ตรวจสอบสภาพหรือวิเคราะห์ความเสียหายมอเตอร์ที่ทำในขณะที่มอเตอร์ทำงาน ได้แก่ การวัดและวิเคราะห์ความสั่นสะเทือน การวัดและวิเคราะห์อุณหภูมิ การวัดและวิเคราะห์กระแสไฟฟ้าและเส้นแรงแม่เหล็ก

สำหรับบทความนี้จะนำเสนอการสร้างเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแส เพื่อใช้ตรวจสอบความผิดปกติของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยทำการวิเคราะห์ความผิดปกติกรณีแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

2. วัตถุประสงค์

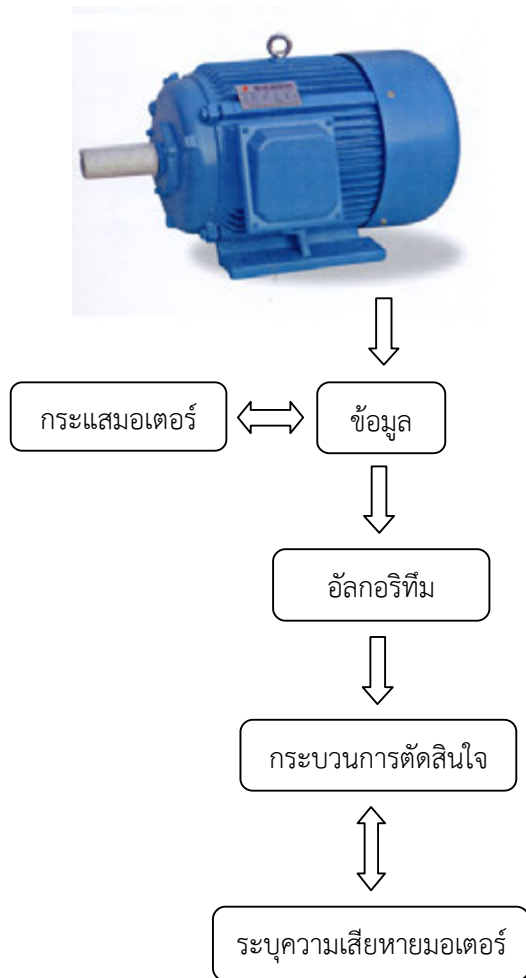
1 เพื่อสร้างเครื่องมือวิเคราะห์สัญญาณกระแสสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้โปรแกรม Lab View

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การวิเคราะห์สัญญาณกระแส (Current signal analysis)

กระแสสเตเตอร์สามารถตรวจวัดได้ง่ายถึงแม่มอเตอร์จะอยู่ในสภาวะทำงาน การวิเคราะห์สัญญาณมอเตอร์ เป็นที่นิยมในการนำมาตรวจวินิจฉัยแยกความผิดปกติของมอเตอร์เนื่องจากวิธีนี้

ไม่ต้องยุ่งเกี่ยวกับโครงสร้างของมอเตอร์ การวินิจฉัยความผิดปกติของมอเตอร์ประกอบด้วยการได้มาของข้อมูล (Data Acquisition) ก่อนกระบวนการ (Pre-Process) อัลกอริทึมการตรวจจับ (Detection Algorithm) และกระบวนการ (Post-process) หรือกระบวนการตัดสินใจสำหรับระบุความเสียหาย[2],[3] ที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์โดยมีแผนผังไดอะแกรมดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังไดอะแกรมระบบการวิเคราะห์ความผิดปกติของมอเตอร์

3.2 การวิเคราะห์ฮาร์มอนิกสัญญาณกระแส (Harmonic current signal analysis)

ทฤษฎีฮาร์มอนิกที่วิเคราะห์จากความไม่สมดุลโดยเส้นแรงแม่เหล็กในช่องอากาศที่มีการกระจายของสนามแม่เหล็กที่แตกต่างกันทำให้เกิดแรงในทิศทางต่างๆ ทำให้เกิดฮาร์มอนิกที่มีสาเหตุจากความไม่สมดุลและการสั่นคลอนที่เกิดขึ้นใหม่ดังสมการที่1

$$f_{sr} = f_1 \left[\frac{kN_r}{p} (1 - s) \right] \quad (1)$$

$$f_{sh} = f_1 \left[\frac{N_r}{p} (1 - s) \pm k \right] \quad (2)$$

เมื่อ f_{sr} คือ ฮาร์มอนิกที่เกิดจากขดลวดสเตเตอร์และโรเตอร์

f_{sh} คือ ฮาร์มอนิกที่เกิดจากความเป็นสล็อต

f_1 คือ ความถี่มูลฐาน

N_r คือ จำนวนแท่งตัวนำโรเตอร์

s คือ ความถี่สลิป

p คือ จำนวนคู่ขั้วแม่เหล็ก

4. วิธีดำเนินงาน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการบันทึกข้อมูลใช้อุปกรณ์ Data Acquisition (DAQ) ต่อเชื่อมเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูลและส่งต่อไปเก็บไว้ที่หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ หรือเก็บอยู่ในรูปของไฟล์ข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผลด้วยโปรแกรม Labview โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้ดังต่อไปนี้

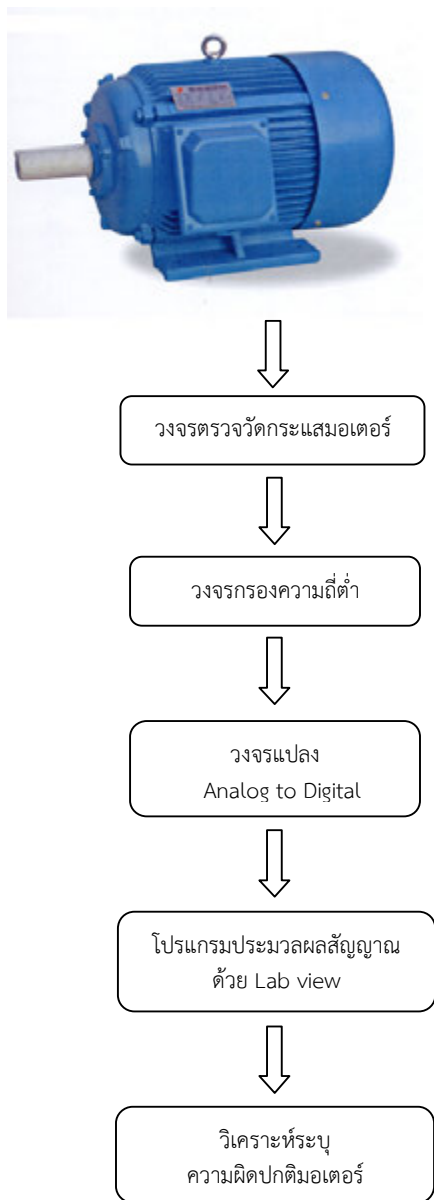
1. เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลที่ได้มาในลักษณะของสัญญาณ

2. เซ็นเซอร์ สัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อทำให้ระบบ DAQ สามารถเก็บข้อมูลและแสดงผลได้เซ็นเซอร์ที่นิยมใช้ในงานวิศวกรรม เช่น Thermocouple, Pressure sensor, Accelerometer, Strain Gage, Force sensor, Torque sensor เป็นต้น

3. Signal conditioning เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปรับปรุงสัญญาณทางไฟฟ้า สัญญาณที่ตรวจวัดจากเซ็นเซอร์บางชนิดจะมีระดับสัญญาณที่ต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป หรือเซ็นเซอร์บางชนิดจะใช้การกระตุ้นด้วย voltage current เพื่อให้สัญญาณทางไฟฟ้าออกมาจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ปรับปรุงสัญญาณก่อนให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ DAQ ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์สำหรับ Signal conditioning หรือกรองสัญญาณ

4. อุปกรณ์เก็บข้อมูล (DAQ Hardware) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ และมีหน้าที่แปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล หรือสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก ซึ่งจะช่วยให้ติดต่อและควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้

5. Software ใช้โปรแกรม labview ในการเขียนคำสั่งต่าง ๆ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบการเก็บข้อมูล (DAQ system) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความผิดปกติของมอเตอร์โดยมีแผนผังไดอะแกรมระบบระบบการวิเคราะห์ความผิดปกติของมอเตอร์ดังนี้



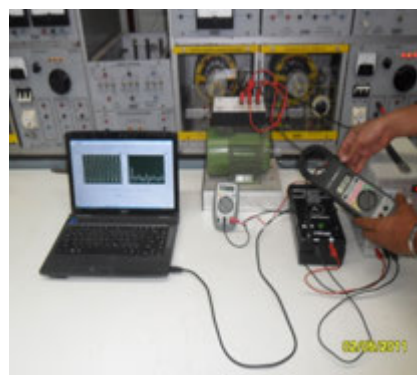
รูปที่ 2 แผนผังไดอะแกรมระบบการวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์

5. ผลการศึกษาและทดลอง

5.1 วิธีการเตรียมการทดลอง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดทำเครื่องมือวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์โดยประกอบด้วยชุดวงจรเซ็นเซอร์สำหรับวัดกระแส ชุดวงจรกรองความถี่ต่ำ ชุดตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลและโปรแกรม Lab view ใช้ในการประมวลผลสัญญาณและได้ทำการทดลองวัดกระแสมอเตอร์โดยจำลองการเกิดสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลโดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. เตรียมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แรงดันไฟฟ้า 380 V ความถี่ 50 Hz ขนาด 0.5 แรงม้าและขนาด 1 แรงม้า จำนวนอย่างละ 1 ตัว
2. ชุดหม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส จำนวน 1 ชุด
3. ชุดเครื่องมือวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์ที่สร้างขึ้นจำนวน 1 ชุด
4. ดำเนินการต่อมอเตอร์แบบสตาร์ทและทำการสตาร์ททดลองการเกิดสภาวะแรงดันไม่สมดุล ที่เฟส A , เฟส B และเฟส C โดยใช้หม้อแปลงปรับแรงดันไฟฟ้า ในสภาวะไม่สมดุล 5 % , 10% และ 15%
5. ทำการวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแสด้วยเครื่องมือวัดที่พัฒนาขึ้น

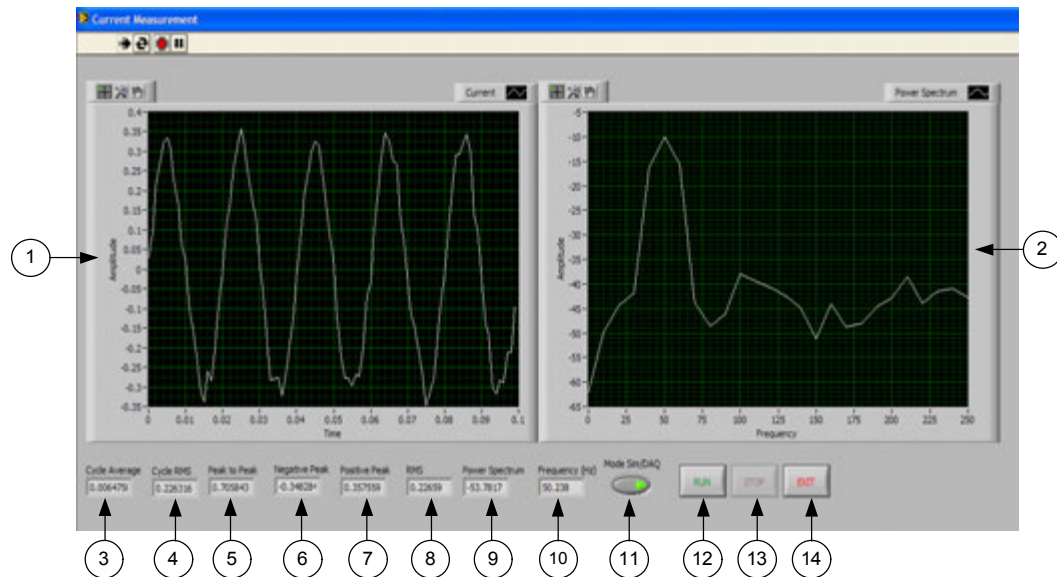


รูปที่ 3 ชุดเครื่องมือวัดและการเตรียมการทดสอบมอเตอร์เหนี่ยวนำในสภาวะแรงดันไม่สมดุล

5.2 ผลการวิจารณ์

งานวิจัยพัฒนาเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์ได้ทำการทดลองและวิเคราะห์กระแส มอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลมีผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือวัดด้วยโปรแกรม Lab view ในการวิเคราะห์และประมวลผลสัญญาณและผลการทดลองการวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแสของมอเตอร์เหนี่ยวนำในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลซึ่งมีผลการวิจัยดังนี้

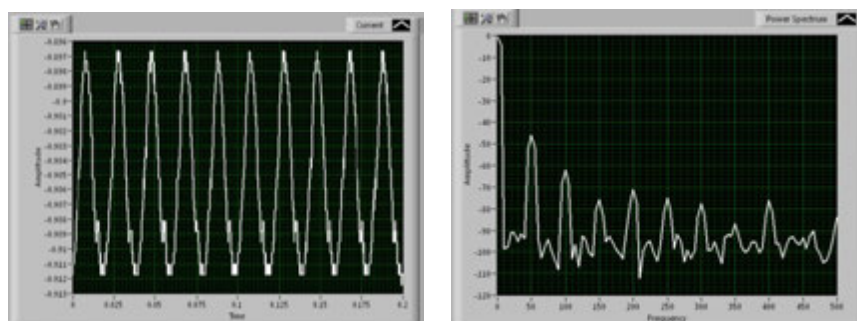
5.2.1 ผลการพัฒนาโปรแกรมเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์



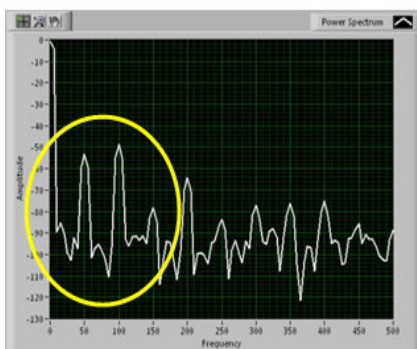
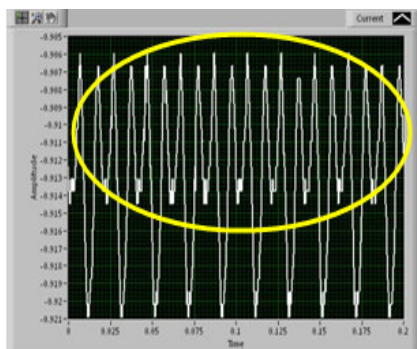
รูปที่ 4 หน้าต่างโปรแกรมแสดงผลการวัดและการวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์

เมื่อ	หมายเลข 1	คือ หน้าต่างแสดงผลสัญญาณกระแสในโดเมนเวลา
	หมายเลข 2	คือ หน้าต่างแสดงผลสัญญาณกระแสในโดเมนความถี่
	หมายเลข 3	คือ หน้าต่างแสดงผลค่าเฉลี่ยของสัญญาณในโดเมนเวลา
	หมายเลข 4	คือ หน้าต่างแสดงผลค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของสัญญาณในโดเมนเวลา
	หมายเลข 5	คือ หน้าต่างแสดงผลค่าสูงสุดของยอดคลื่นด้านบวกและลบของสัญญาณในโดเมนเวลา
	หมายเลข 6	คือ หน้าต่างแสดงผลค่าสูงสุดของยอดคลื่นด้านลบของสัญญาณในโดเมนเวลา
	หมายเลข 7	คือ หน้าต่างแสดงผลค่าสูงสุดของยอดคลื่นด้านบวกของสัญญาณในโดเมนเวลา
	หมายเลข 8	คือ หน้าต่างแสดงผลค่าประสิทธิภาพของสัญญาณในโดเมนเวลา
	หมายเลข 9	คือ หน้าต่างแสดงผลค่าขนาดของสัญญาณในโดเมนความถี่
	หมายเลข 10	คือ หน้าต่างแสดงผลค่าความถี่ของสัญญาณกระแส
	หมายเลข 11	คือ หน้าต่างควบคุมการรับสัญญาณอินพุตและการจำลองสัญญาณกระแส
	หมายเลข 12	คือ หน้าต่างควบคุมการเริ่มต้นทำงานของโปรแกรมเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแส
	หมายเลข 13	คือ หน้าต่างควบคุมการหยุดทำงานของโปรแกรมเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแส
	หมายเลข 14	คือ หน้าต่างควบคุมการออกจากโปรแกรมเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแส

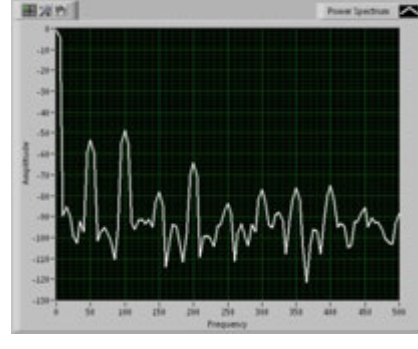
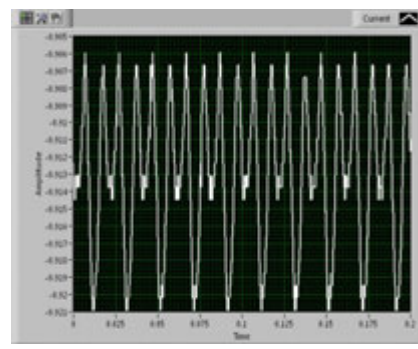
5.2.2 ผลการวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 0.5 แรงม้า



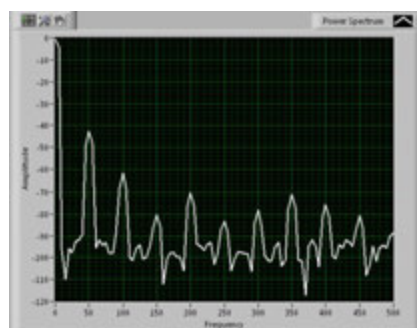
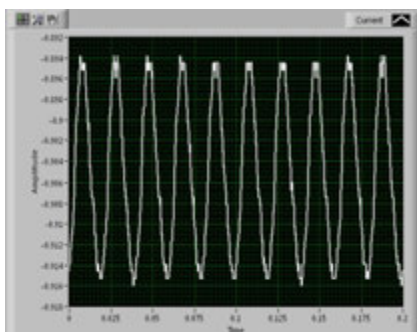
รูปที่ 5 สัญญาณทางเวลาและทางความถี่ของสัญญาณกระแสมอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าปกติที่เฟส A



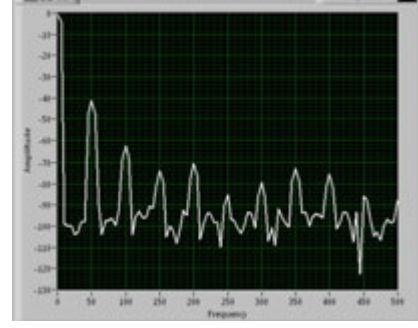
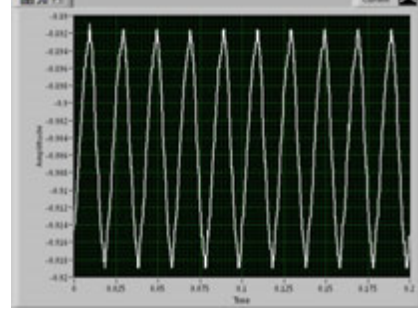
รูปที่ 6 สัญญาณทางเวลาและทางความถี่ของสัญญาณกระแส
มอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลที่เฟส A



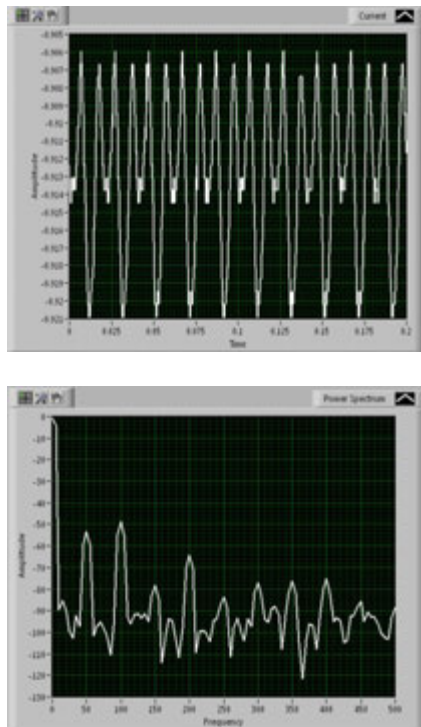
รูปที่ 8 สัญญาณทางเวลาและทางความถี่ของสัญญาณกระแส
มอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลที่เฟส B



รูปที่ 7 สัญญาณทางเวลาและทางความถี่ของสัญญาณกระแส
มอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าปกติที่เฟส B



รูปที่ 9 สัญญาณทางเวลาและทางความถี่ของสัญญาณกระแส
มอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าปกติที่เฟส C



รูปที่ 10 สัญญาณทางเวลาและทางความถี่ของสัญญาณกระแส
มอเตอร์ในสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลที่เฟส C

7. สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแสมอเตอร์ นี้ได้แบ่งการวิจัยเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการพัฒนาเครื่องมือวัดและส่วนที่สองคือการพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Labview โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สัญญาณกระแสด้วยอัลกอริทึมของการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (Fast fourier transform) ทำการศึกษาสัญญาณกระแสมอเตอร์ในสภาวะสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเกิดสภาวะแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลส่งผลทำให้ปรากฏในสเปกตรัมโดยมีความถี่หลักบวกกับความถี่ในการหมุนของมอเตอร์คูณจำนวนชั่วโมงเหล็กลักษณะสอง ($LF + NP/2$) แม้การไม่สมดุลของแรงดันจะเกิดขึ้นเล็กน้อยก็ตาม ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับผลการ ศึกษาของ Stewart V. Bowers(4) ที่ได้ทำการทดสอบมอเตอร์ขนาด 50 แรงม้าพบว่า ที่แรงดันไม่สมดุล 3% จะทำให้ขนาดแอมพลิจูดของความถี่ $LF + NP/2$ เปลี่ยนไป 0.61% ดังนั้นเครื่องมือวัดและวิเคราะห์สัญญาณกระแสที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาในงานวิจัยระดับห้องปฏิบัติการได้

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทดลองจาก วิทยาลัยเทคนิคนครพนม และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยนครพนม

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] เฉลิมชาติ มานพ และชาญชัย กุศลจิตกรณ.(2549). สำรองการเผ่าตรวจสอบสถานะและวินิจฉัยมอเตอร์ไฟฟ้า เหนียวน้ำ.วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 16 ฉบับที่ 4, 30-39
- [2] B. Möhl, “A Two Jointed Robot Arm with Elastic Drives and Active Oscillation Damping”, Workshop: Bio-Mechatronic Systems, IEEERSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, 1997
- [3] B. Möhl, “A Composite Drive with Separate Control of Force and Position”, Proc. of the 11th Int. Conf. on Advanced Robotics, pp.1606-1610, Jun. 2003
- [4] Peter Hamann, Thomas Mueller.Omron C200H Operation Manual PLC, Revision July 1990.
- [5] M GOPAL, Digital Control and State Variable Methods, Convention and Neural-Fuzzy Control System, 2nd edition International 2004
- [6] Mitsubishi,Introduction to FX Positioning Control System, Mitsubishi Copperatio, Japan (2005).