

ชื่อโครงการ “ชุดสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟสแบบนุ่มนวล”

3 Phase Induction Motor Soft Starter

นายสุพิชา พูนแก้ว¹⁾ นายสุวิชา สุวรรณปรีชา¹⁾ นายเสริม มณีนิล¹⁾ นายอานนท์ แสนสี¹⁾

ผศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ²⁾ อ.เฉลิมชาติ มานพ²⁾

ชื่อผู้วิจัย¹⁾ และชื่อหัวหน้าโครงการ²⁾

1) ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2) ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*

Email: kkwijit@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอชุดสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟสแบบนุ่มนวล (3 Phase Induction Motor Soft Starter) โดยใช้หลักการควบคุมแรงดันจ่ายให้กับสเตเตอร์ของมอเตอร์ โดยใช้อุปกรณ์โซลิตสเทท (SCR) เป็นอุปกรณ์ควบคุมแรงดันการทำงานของชุดสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบนุ่มนวลเป็นไปได้อย่างอัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC) ซึ่งสามารถตั้งเวลาในการสตาร์ทและค่าแรงดันที่จ่าย โดยการกำหนดมุมทริกของ SCR ทำให้ความเร็วของมอเตอร์ค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนเข้าสู่ความเร็วปกติได้ อีกทั้งยังสามารถควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ในขณะเริ่มต้นสตาร์ทได้ โดยการตรวจสอบค่ากระแสเริ่มต้นขณะสตาร์ทมอเตอร์โดยใช้ CT/REM ลดค่ากระแสเพื่อมาป้อนกลับยังชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลการทำงานของชุดสตาร์ท 3 เฟสแบบนุ่มนวลนี้สามารถลดกระแสขณะสตาร์ทได้ ซึ่งจะทำให้สามารถช่วยยืดอายุการใช้งานของมอเตอร์ และป้องกันการบิดตัวของแกนเพลลาในโหลดอินนินเซียซึ่งมีขนาดใหญ่

คำสำคัญ(Keyword) มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction motors), การสตาร์ทแบบนุ่มนวล (Soft start), การควบคุมเฟส (Phase control), การกระเพื่อมของแรงบิด (Torque pulsations), การควบคุมมอเตอร์ (motor control), วิธีการสตาร์ท (Starting methods)

1. บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องจักรกลต่างๆที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภทมักจะใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์เอชชีชนิดเหนี่ยวนำ (Induction motor) เพราะมีความคงทนเป็นเยี่ยมและราคาถูกกว่ามอเตอร์ชนิดอื่น ในขณะที่การบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำ แต่ก็มีข้อเสียคือ จะมีกระแสขณะสตาร์ทสูงประมาณ 7 เท่าของกระแสปกติ ซึ่งจะทำให้มีผลข้างเคียงต่อระบบไฟฟ้าภายในโรงงานอีก เช่น ระดับแรงดันไฟฟ้าตก (Voltage drop)

วิธีการสตาร์ทแบบนุ่มนวล เป็นเทคโนโลยีในการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่มีการนำมาใช้ทดแทนวิธีการสตาร์ทแบบดั้งเดิม อันได้แก่ การสตาร์ทโดยตรง

(direct on line start) และการสตาร์ทแบบสตาร์-เดลต้า (star-delta start) โดยอาศัยหลักการควบคุมไฟฟ้าผ่านสารกึ่งตัวนำแทนหน้าสัมผัสสกลไก จึงสามารถควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่ไฟฟ้าป้อนเข้าสู่มอเตอร์ อีกทั้งเทคโนโลยีทางด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ถูกพัฒนาให้มีขีดความสามารถสูงขึ้นและมีขนาดเล็กลง จึงใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ควบคุมการทำงานของชุดสตาร์ทแบบนุ่มนวล ทำให้กระบวนการสตาร์ทมอเตอร์มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

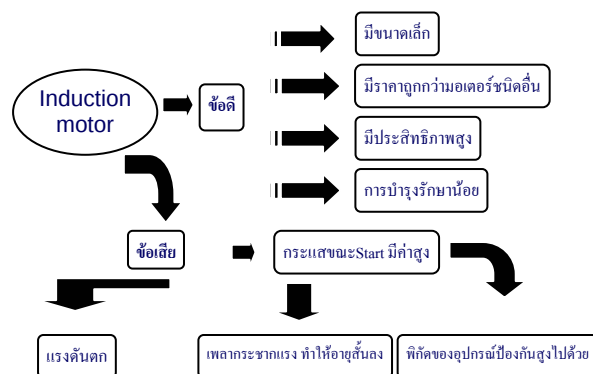
2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังในการควบคุมเครื่องจักร
- 2.2 เพื่อศึกษาการสร้างชุดสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบนิ่มนวล และวิธีควบคุมการทำงานของชุดสตาร์ท
- 2.3 เพื่อเป็นการนำเสนอชุดสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบนิ่มนวลที่มีการควบคุมโดยไม่โครคอนโทรลเลอร์

3. ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้เป็นการศึกษา และนำเสนอการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสโดยการนำเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง มาใช้งานในการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ มีการควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมเวลาและแรงดันในการสตาร์ทในส่วนของ Open Loop และมีการควบคุมกระแสในส่วนของ Close Loop ผ่านทางทางคีย์บอร์ดและ การแสดงผลทางจอแอลอีดี (LCD)

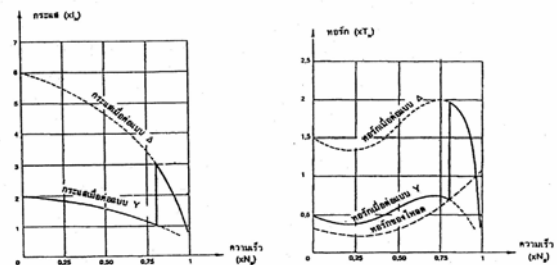
4. ข้อดีข้อเสียของมอเตอร์เหนี่ยวนำ



รูปที่ 1 แสดงข้อดีข้อเสียของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

5. ข้อดีของวิธี Soft Start

- 5.1 ลดกระแสขณะสตาร์ทได้เป็นอย่างดี
- 5.2 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของซอฟต์แวร์ทำให้กระบวนการสตาร์ทมอเตอร์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น
- 5.3 สามารถตั้งค่าเวลาและค่าแรงดันในขณะสตาร์ทได้
- 5.4 ทำให้ไม่เกิดแรงดันตกในขณะสตาร์ท
- 5.5 สามารถลดการกระชากของเพลา ทำให้ยืดอายุการใช้งานของมอเตอร์ได้
- 5.6 สามารถใช้กระแสย้อนกลับ เพื่อทำให้ทอร์คขณะสตาร์ทไม่ตก



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของกระแสมอเตอร์และทอร์คที่มอเตอร์สร้างได้กับความเร็วมอเตอร์เมื่อสตาร์ทแบบ สตาร์ทนิ่มนวล

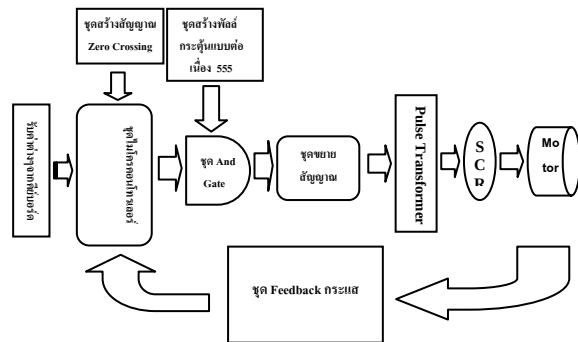
6. อุปกรณ์

1. มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาด 10 HP 1 ตัว
2. วงจรขับมอเตอร์ 1 วงจร
3. วงจรแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็นอนาลอก 1 วงจร
4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ชุด
5. แหล่งจ่ายไฟ 1 วงจร
6. SCR 3 ตัว

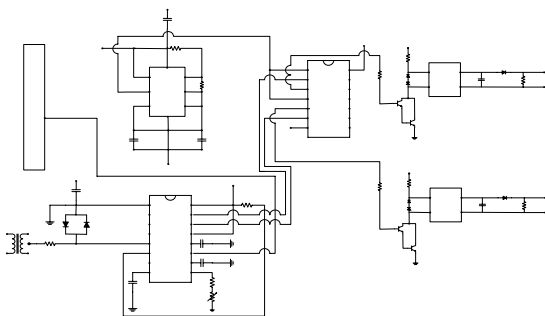
7. การทดลอง

การสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แบบนิ่มนวล ใช้วิธีการปรับระดับของสัญญาณ Control Voltage โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ควบคุมระดับแรงดันดิซีให้ตัดกับสัญญาณ ฟันเลื่อย(Ramp) ของ IC TCA785 เพื่อเป็น

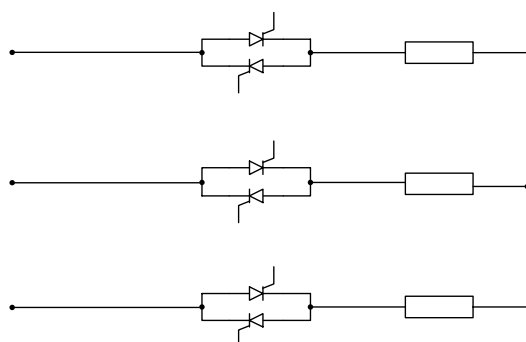
การปรับมุมจุดชนวน ทำให้ SCR นำกระแสที่มุมต่าง ๆ ได้รูปที่ 3 แสดงหลักการทำงานของสตา์ทแบบนิ่มนวลรูปที่ 4 แสดงวงจรของชุดสตา์ทแบบนิ่มนวลรูปที่ 5 แสดง วงจรSCRขับโหลด R-L และรูปที่ 6 เป็นโหลดมอเตอร์



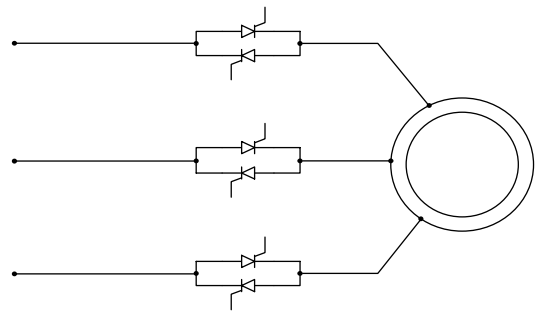
รูปที่ 3 หลักการทำงานของ Soft Starter



รูปที่ 4 วงจรของชุด Soft Start

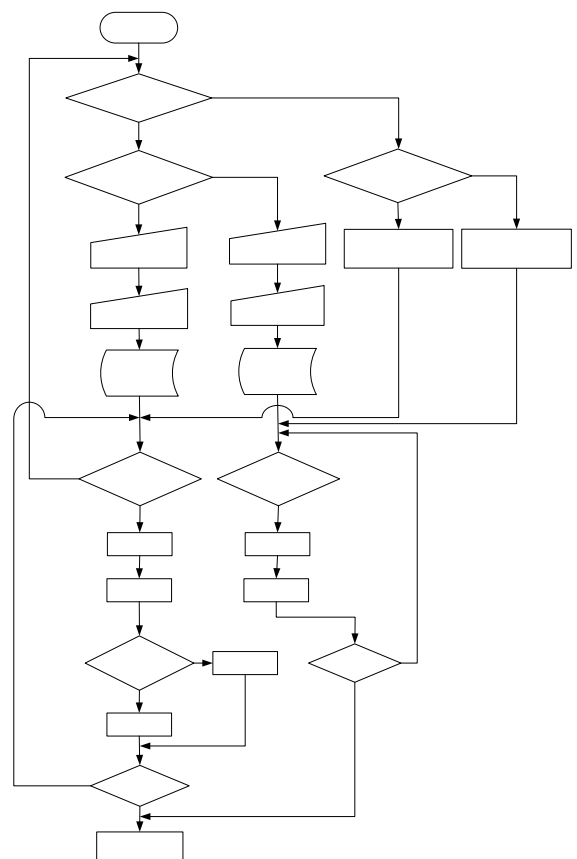


รูปที่ 5 วงจร SCR ขับโหลด R-L



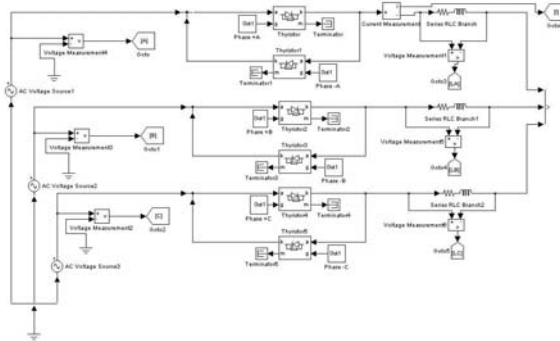
รูปที่ 6 วงจร SCR ขับโหลดมอเตอร์

หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

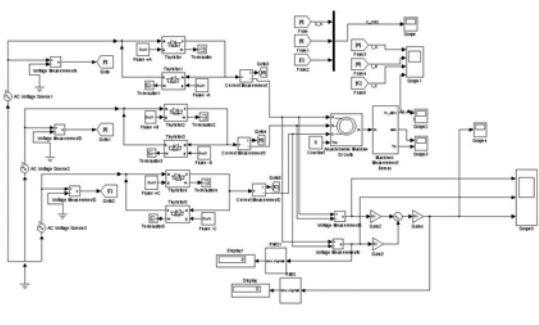


รูปที่ 7 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

การทดลองเริ่มจากการจำลองโดยใช้โปรแกรม Matlab ซึ่งมีวงจรแสดงดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9



รูปที่ 8 วงจรที่ใช้ในการ Simulate โหลด R-L

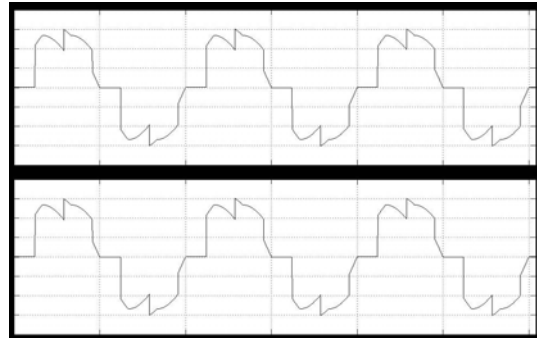


รูปที่ 9 วงจรที่ใช้ในการ Simulate โหลด Motor

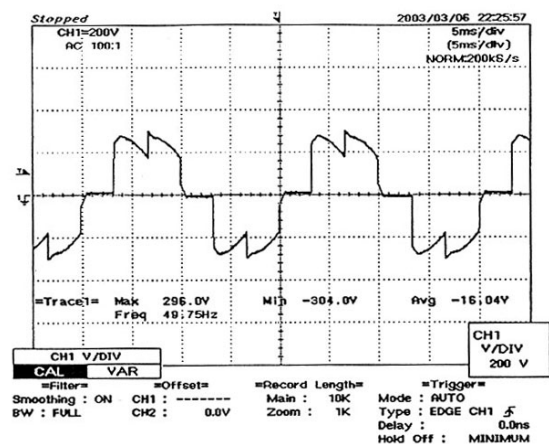
8. ผลการทดลอง

8.1 การควบคุมเฟสแบบการควบคุมแบบไลน์

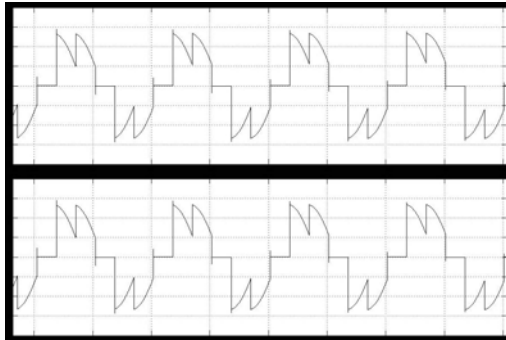
การควบคุมแบบไลน์มีวงจรการต่อเป็นแบบสตาร์และแบบเดลต้า ซึ่งมีหลักการทำงานเหมือนกันจึงขอกล่าวถึงการต่อแบบสตาร์เพียงอย่างเดียว จากวงจรการต่อจะไม่มีกรต่อสายนิวตรอล จากแหล่งจ่ายเข้ากับโหลด ดังนั้นจะต้องมี SCR ทำงานพร้อมกันอย่างน้อยที่สุด 2 ตัว จึงจะมีกระแสไหลผ่านได้เพราะฉะนั้นสัญญาณทริกขาเกต จะต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขนี้ ดังนั้นสัญญาณพัลส์ทริก จะต้องมีความกว้างอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ $\pi/3$ rad และซีควเन्ซ์ (Sequence) ของสัญญาณพัลส์ทริกที่จะไป ทริกเอสซีอาร์ในแต่ละเฟส จะต้องมียีควเन्ซ์ ตรงกับแหล่งจ่ายไฟ



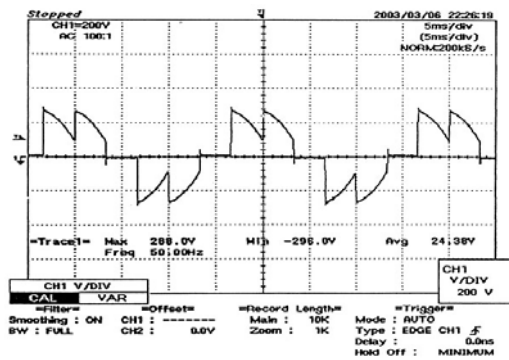
รูปที่ 10 เป็นรูปที่ได้จากการ Simulate โปรแกรม Matlab บนเป็นกระแสเฟสของโหลด R ที่มุมจุดชนวน 45° รูปล่างเป็นแรงดันเฟสของโหลด R ที่มุมจุดชนวน 45°



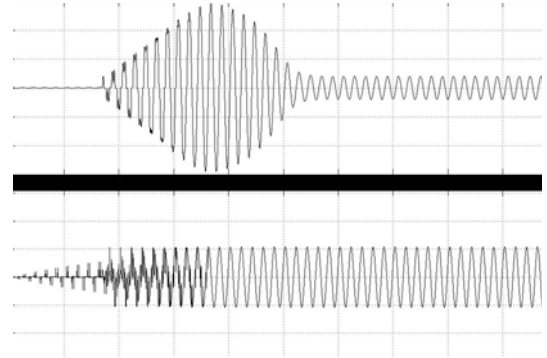
รูปที่ 11 แรงดันเฟสของโหลด R ที่มุมจุดชนวน 45° สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 200 V



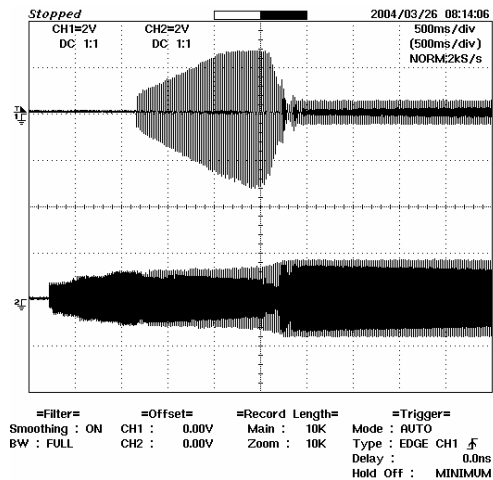
รูปที่12 เป็นรูปที่ได้จากการ Simulate โปรแกรมMatlab
 รูปบนเป็นกระแสเฟสของโหลด R ที่มุมจุดชนวน 70°
 รูปล่างเป็นแรงดันเฟสของโหลด R ที่มุมจุดชนวน 70°
 รูปที่ 10 แรงดันเฟสของโหลด R ที่มุมจุดชนวน 70°
 สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 200 V



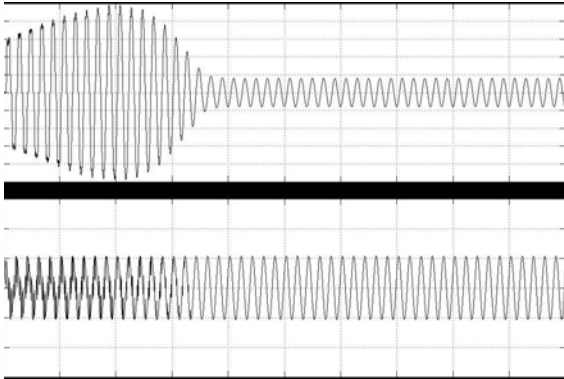
รูปที่13 เป็นรูปที่ได้จากการ Simulate โปรแกรมMatlab
 รูปบนเป็นกระแสเฟสของโหลด Motor ที่มุมจุดชนวน 180°
 รูปล่างเป็นแรงดันเฟสของโหลด Motor ที่มุมจุดชนวน 180°



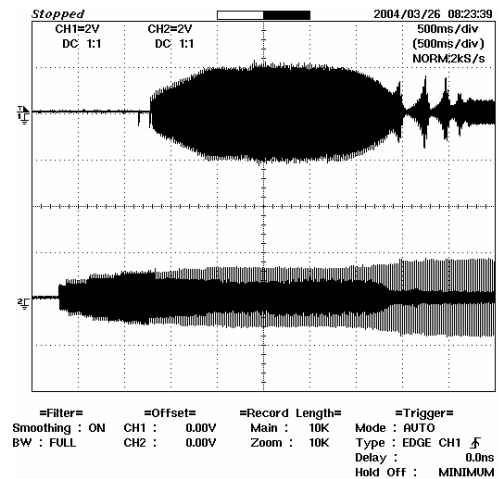
รูปที่14 เป็นการสตาร์ทมอเตอร์
 รูปบนแสดงกระแสเฟส ที่ 0 % Voltage
 สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 4 แอมป์
 รูปล่างแสดงแรงดันเฟส ที่ 0 % Voltage
 สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 400 โวลต์



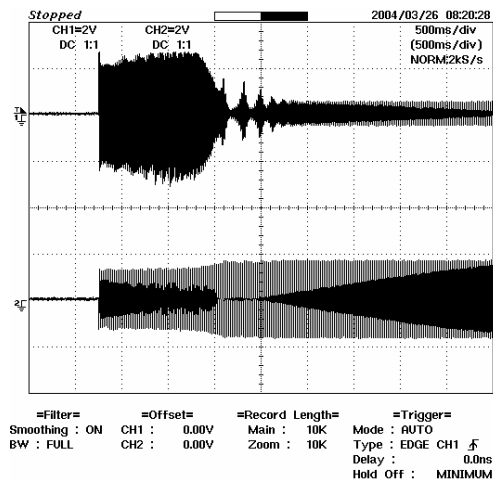
รูปที่15 เป็นรูปที่ได้จากการ Simulate โปรแกรมMatlab
 รูปบนเป็นกระแสเฟสของโหลด Motor ที่มุมจุดชนวน 120°
 รูปล่างเป็นแรงดันเฟสของโหลด Motor ที่มุมจุดชนวน 120°



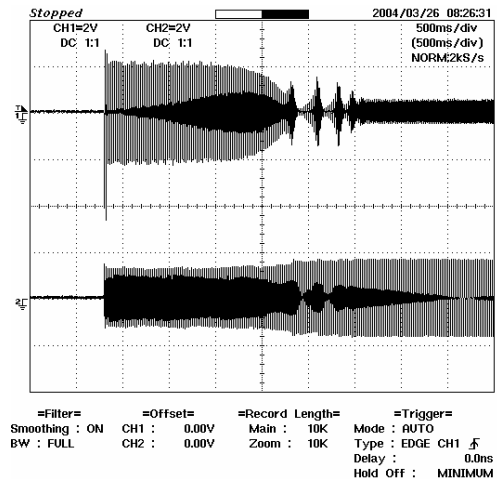
รูปที่ 16 เป็นการสตาร์ทมอเตอร์
 รูปบนแสดงกระแสเฟส ที่ 35 % Voltage
 สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 4 แอมป์
 รูปล่างแสดงแรงดันเฟส ที่ 35 % Voltage
 สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 400 โวลต์



รูปที่ 18 มีการควบคุมกระแสขณะเริ่มสตาร์ท Motor
 รูปบนแสดงกระแสเฟส ที่ 0 % Voltage
 สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 4 แอมป์
 รูปล่างแสดงแรงดันเฟส ที่ 0 % Voltage
 สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 400 โวลต์



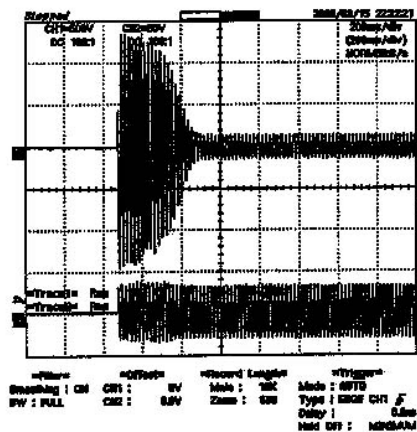
รูปที่ 17 มีการควบคุมกระแสขณะเริ่มสตาร์ท Motor
 รูปบนแสดงกระแสเฟส ที่ 35 % Voltage
 สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 4 แอมป์
 รูปล่างแสดงแรงดันเฟส ที่ 35 % Voltage
 สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 400 โวลต์



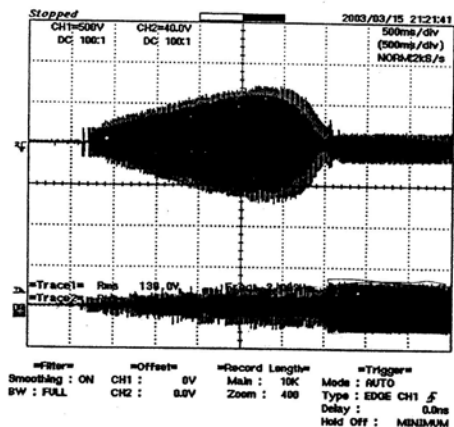
รูปที่ 19 มีการควบคุมกระแสขณะเริ่มสตาร์ท Motor
 รูปบนแสดงกระแสเฟส ที่ 35 % Voltage
 สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 4 แอมป์
 รูปล่างแสดงแรงดันเฟส ที่ 35 % Voltage
 สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 400 โวลต์

9. สรุป

จุดประสงค์ของการควบคุมความเร็วของ Induction motor โดยวิธีการควบคุมแรงดันที่จ่ายให้กับขดลวดที่ stator เพื่อลดกระแสสตาร์ทของมอเตอร์ซึ่งค่าประมาณ 3-7 เท่าของกระแสที่ใช้งานปกติ ซึ่งระบบที่ป้ายชื่อ ทำให้ลดการรบกวนของระบบไฟฟ้าเนื่องจากการกระชากของกระแสไฟฟ้า รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายและความเสียหายของอุปกรณ์ป้องกัน อุปกรณ์ตัดต่อต่าง ๆ

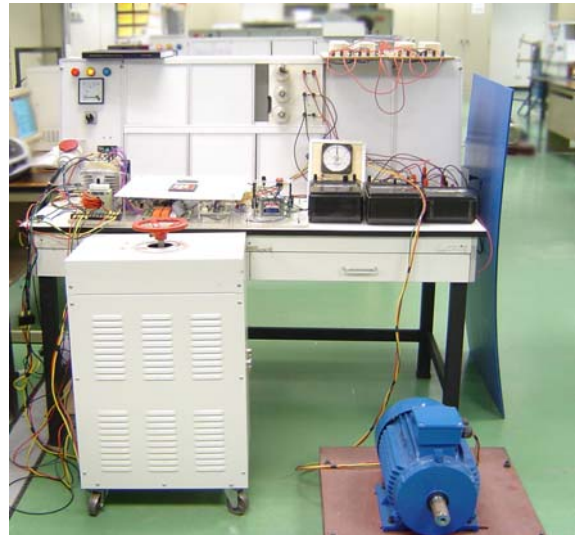


รูปที่ 20 เป็นการสตาร์ทมอเตอร์โดยวิธี Direct on line
รูปบนแสดงกระแสเฟส สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 5 แอมป์
รูปล่างแสดงแรงดันเฟส สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 500 โวลต์

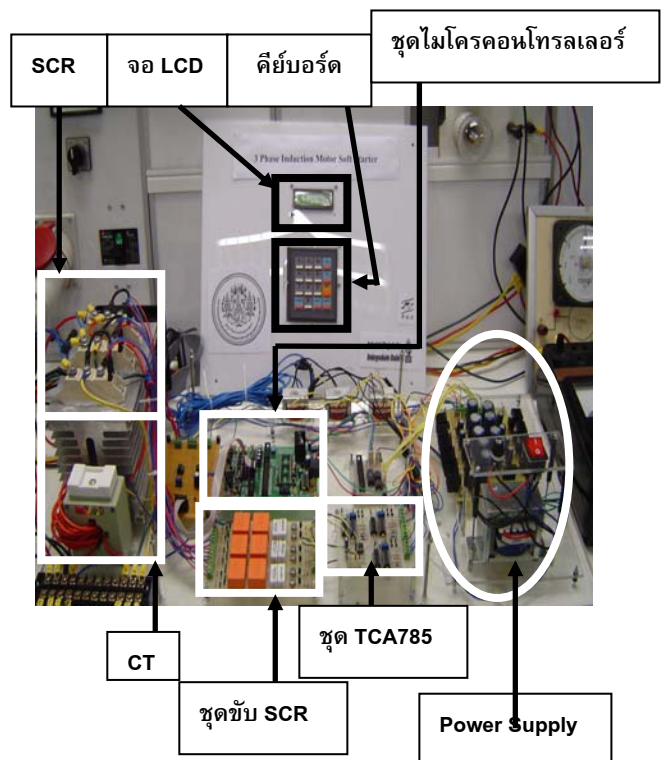


รูปที่ 21 เป็นการสตาร์ทมอเตอร์โดยวิธี Soft start
รูปบนแสดงกระแสเฟส สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 5 แอมป์
รูปล่างแสดงแรงดันเฟส สเกล 1 ช่อง เท่ากับ 500 โวลต์

ซึ่งจะเห็นได้ว่า กระแสขณะสตาร์ท Motor ด้วยวิธี Direct on line จะสูงมากถ้าเราดูจากรูปที่ 20 เทียบกับ รูปที่ 21 ซึ่งเป็นการสตาร์ทมอเตอร์ด้วยวิธี Soft Start



รูปที่ 22 แสดงภาพรวมของโครงการ



รูปที่ 23 แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ของชุด Soft Start

10. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถสำเร็จลงได้ ต้องขอขอบพระคุณ
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (IRPUS) ฝ่าย
อุตสาหกรรมโครงการ โครงการอุตสาหกรรมสำหรับ
ปริญญาตรีประจำปี 2546 และบริษัทสยามบราเดอร์
ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำโครงการระดับปริญญาตรี
ครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] A.E Fitzgerald, Charles, Kingley, Jr.,Stephan
D.Umans, "Electric Machinery", fifth edition Mc-
graw Hill
- [2] Joseph Vithayathil "Power Electronics, principles
and application", International edition Mc-Graw Hill
- [3] Mohan, Underland, Robbin, "Power Electronics,
converters, applications and design", second
edition WILEY
- [4] Mohammad H.Rashid, "Power Electronics,
circuits, devices and applications", second edition
Prentice hall International editions