บทที่ 8

การทดสอบ ผลและการวิเคราะห์ผล

8.1 คำนำ

เงื่อนไขการทดสอบ มีส่วนทำให้ผลและการวิเคราะห์ผลมีความเชื่อถือได้เพียงใด มีข้อจำกัดบางประการที่ทำให้การทดสอบนี้ไม่ค่อยสมบูรณ์ตามมาตราฐานทั่วไปได้ เนื่องจากเป็นที่รู้กันแล้วว่าวงจรที่จะกล่าวถึงคือ วงจรบริดจ์สามเฟสควบคุมเฟส (3-phase phase-control bridge rectifier) ดังนั้น ต่อไปนี้จะเรียกสั้น ๆ อย่างนี้ วงจรควบคุมเต็มที่ หมายถึง full-bridge control rectifier และ วงจรควบคุมครึ่งเดียว หมายถึง half-bridge control rectifier

การที่จะศึกษาว่าวงจรควบคุมที่ได้ คำนวณ และ ออกแบบ เสร็จแล้วนี้ทำงานได้ตามเป้าหมายหรือไม่ กล่าวคือ ควบคุมหรือรักษาความเร็วของมอเตอร์ได้ตามที่ตั้งไว้หรือไม่ ดังนั้นจำเป็นต้องทดสอบหาลักษณสมบัติของมอเตอร์ เพื่อให้รู้ ความแตกต่างความเร็วไร้โหลด กับ ความเร็วมีโหลด ของมอเตอร์ เสียก่อน จึงจัดลำดับการทดสอบดังนี้

8.1.1 ทดสอบลักษณสมบัติของวงจรควบคุมเต็มที่และวงจรควบคุมครึ่งเดียว

8.1.2 ทดสอบลักษณสมบัติของมอเตอร์ เมื่อป้อนแรงดันจากวงจรควบคุมเต็มที่ และ วงจรควบคุมครึ่งเดียว

8.1.3 ทดสอบผลตอบสนองของวงจรป้อนกลับ

8.1.4 ทดสอบสมรรถนะของการป้องกัน

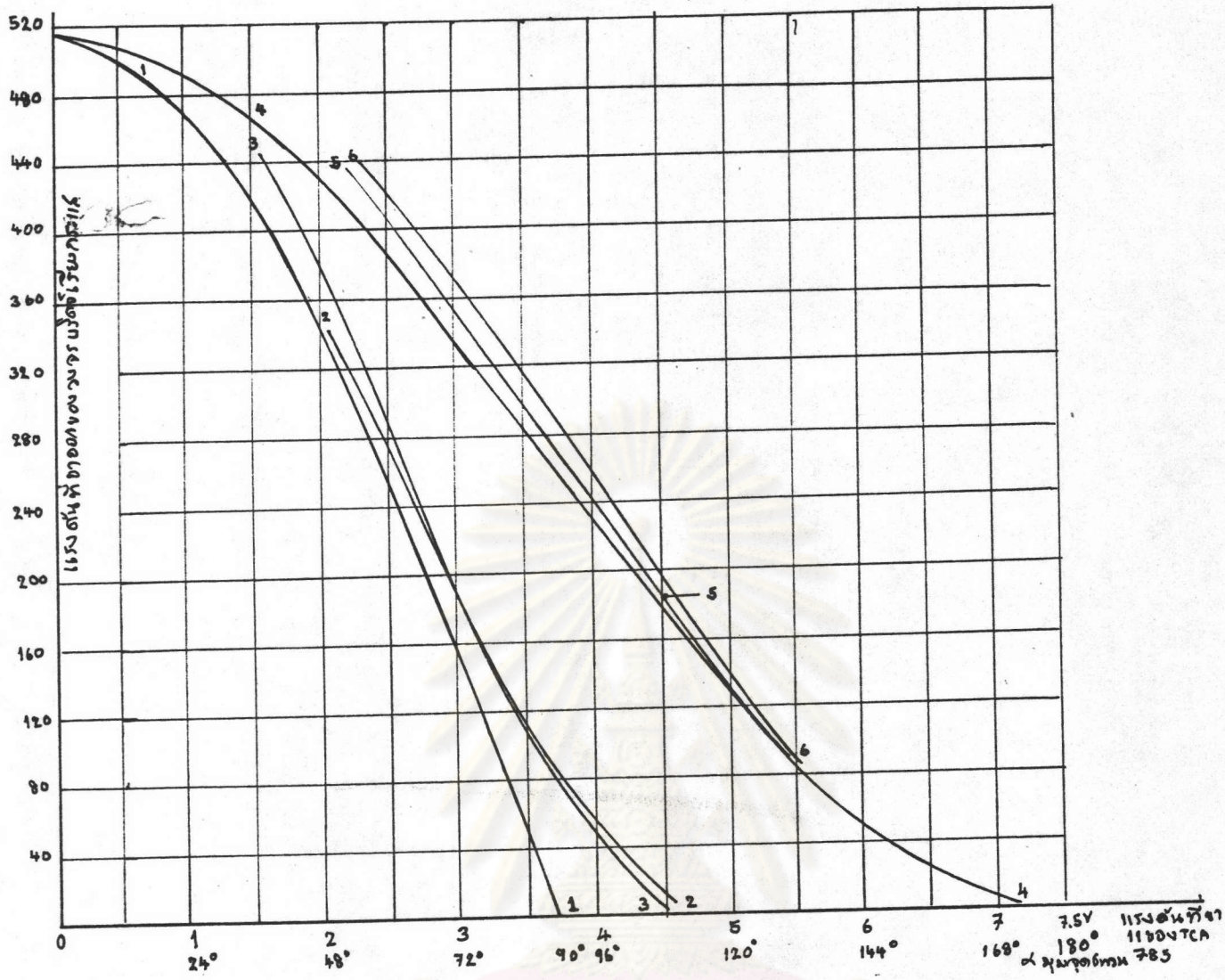
8.2 ทดสอบลักษณสมบัติของวงจรควบคุมเต็มที่และวงจรควบคุมครึ่งเดียว

กล่าวคือ ทดสอบหาผลของ แรงดันขาออกในฟังก์ชันของมุมจุดชนวน ในภาวะ ไร้โหลด (open-circuit characteristic) และ ภาวะมีโหลด (load characteristic)

pure resistive load 17.6 Ω

และ inductive+resistive load 29.45 mH

ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกกับแรงดันขา 11 ของ TCA 785 (เทียบได้กับมุมจุดชนวน)

1. แรงดันขาออกของวงจรบริดจ์ควบคุมเต็มที่ (จากการคำนวณ)
2. แรงดันขาออกของวงจรบริดจ์ควบคุมเต็มที่ (โหลด R_x = 17.9Ω จากการทดลอง)
3. แรงดันขาออกของวงจรบริดจ์ควบคุมเต็มที่ (โหลด R_x = 17.9Ω, L_x = 29.45mH)
4. แรงดันขาออกของวงจรบริดจ์ควบคุมครึ่งเดียว (จากการคำนวณ)
5. แรงดันขาออกของวงจรบริดจ์ควบคุมครึ่งเดียว (โหลด R_x = 17.9Ω)
6. แรงดันขาออกของวงจรบริดจ์ควบคุมครึ่งเดียว (โหลด R_x = 17.9Ω, L = 29.45mH)

ผลการทดลองนี้ได้กราฟใกล้เคียงกับการคำนวณ เหตุที่ไม่เหมือนกันเนื่องจากแรงดันที่ส่งมาจากโรงไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอและไม่สมดุลทั้งสามเฟส

8.3 <u>ทดสอบลักษณสมบัติของมอเตอร์</u>

รายละเอียดของมอเตอร์กระแสตรง ASEA 8.4 kW 440 V 24 A 1460 rpm
กระตุ้นแยก ขดลวดกระตุ้น 220 V 2.05 A
มีเครื่องวัดรอบ ความไว 0.06 V/rpm วัดความเร็วสูงสุด 10000 rpm
พัดลมระบายความร้อนใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 380 V 2710 rpm
ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเป็นโหลดของมอเตอร์ที่ใช้ทดสอบ มีรายละเอียดคือ
ASEA 220 V 6.6 kW 30 A 1400 rpm
ใช้เครื่องวัดแรงบิด ต่อ(coupling) ระหว่างมอเตอร์ทดสอบกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
รายละเอียดเครื่องวัดแรงบิด ipa Bangalore torque transducer Model QS-12 Serial 135 Range 100 kgm ipa torque indicator A-173 PEENYA INDUSTRIAL ESTATE Model QD1-31 Serial 580
ระบบนี้ต้องต่อกันอยู่ตลอดเวลา ปลดแยกกันไม่ได้ ใช้ความต้านทานเป็นโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในการทดสอบนี้เมื่อกล่าวว่า ต่อโหลดหมายถึงต่อความต้านทานให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไร้โหลดมีความหมายว่าปลดความต้านทานออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

8.3.1 ใช้แรงดันจากวงจรควบคุมเต็มที่ขับมอเตอร์ทดสอบ
ปรับแรงดันให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็วพิกัด 1460 rpm ไร้โหลด แล้วต่อโหลดทันที(โหลดนี้ได้ปรับเตรียมไว้ล่วงหน้าเพื่อให้มอเตอร์ดึงกระแสพิกัด 24 A) ผลการทดสอบคือ ความเร็วลดเหลือ 960 rpm regulation = 37 %

8.3.2 ใช้แรงดันจากวงจรควบคุมครึ่งเดียวขับมอเตอร์ทดสอบ
ทำเช่นเดียวกับข้อ 8.3.1 ได้ผลคือความเร็วลดจาก 1462 rpm เหลือ 611 rpm regulation 58 %

<u>วิเคราะห์ผล</u> ผลจากกระแสอาร์มาเจอร์ไหลอย่างไม่ต่อเนื่องในขณะไร้โหลดนี้เองทำให้การคงค่าความเร็วรอบไม่ดีนัก

<u>สรุป</u> ใช้วงจรควบคุมเต็มที่ ให้ regulation ดีกว่าใช้วงจรควบคุมครึ่งเดียว

8.4 <u>การทดสอบการควบคุมแบบวงรอบปิดโดยใช้วงจรคุมค่าแบบธรรมดา และ</u>

ใช้วงจรจุดชนวนแบบใช้ฟังก์ชันอ้างอิงรูปฟันเลื่อย

วิธีทดสอบ

8.4.1. ทดสอบวงจรควบคุมเต็มที่ ขณะใช้วงจรคุมค่าธรรมดาที่ได้จากการคำนวณและปรับแต่งเพิ่มเติมเพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพตลอดย่านการใช้งาน บันทึกผลการการทดสอบที่น่าสนใจ

8.4.2. ทดสอบวงจรควบคุมครึ่งเดียวตามข้อ 1

ผลการทดสอบ

1. วงจรควบคุมเต็มที่และวงจรควบคุมครึ่งเดียว ให้ผลการทดสอบคล้าย ๆ กัน

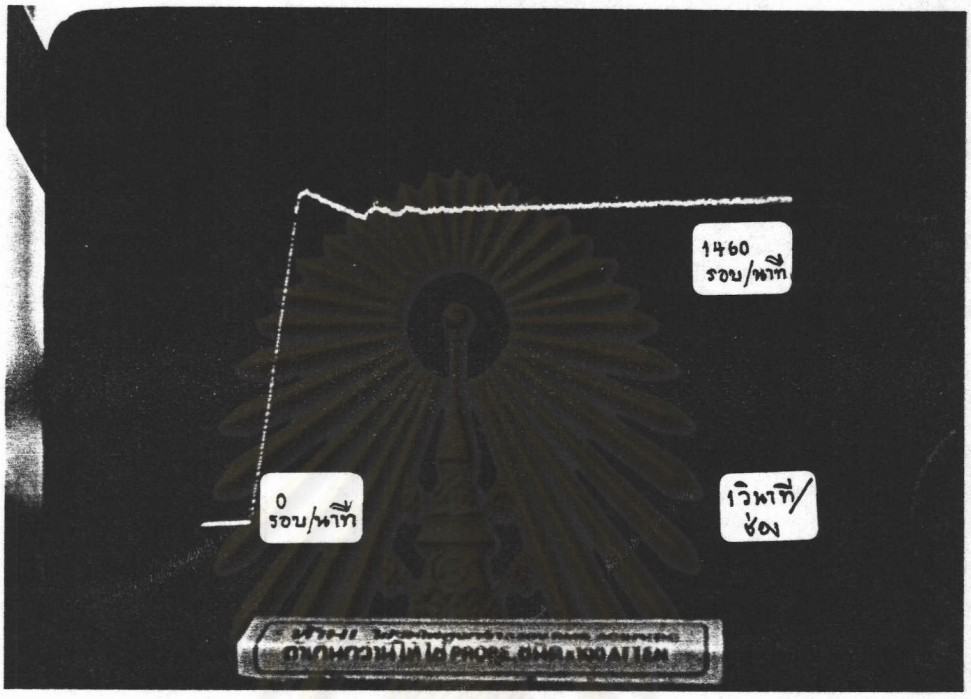
2. วงจรคุมค่าที่คำนวณได้นี้ ไม่สามารถควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ในขณะที่กระแสไหลอย่างไม่ต่อเนื่องได้ เพราะจะทำให้มอเตอร์แกว่ง แต่จะใช้ได้ในกรณีที่มีกระแสอาร์เมเจอร์ไหลอย่างต่อเนื่องตลอดย่านที่ใช้งาน ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของโหลดเกิดขึ้นหรือมีการตั้งความเร็วใหม่ อาจทำให้กระแสไหลอย่างไม่ต่อเนื่องเกิดขึ้นได้ ในภาวะเช่นนี้มอเตอร์อาจเข้าสู่เสถียรภาพอีกหรือไม่ก็ได้

3. วงจรคุมค่าที่คำนวนได้นี้ หากปรับวงจรคุมค่าโดยให้ T_{11} ค่อยๆ มากขึ้น T_{n1} ค่อยๆน้อยลง T_{nn} ค่อยๆน้อยลง T_{1n} ค่อยๆมากขึ้น เพื่อชดเชยผลจากกระแสไหลไม่ต่อเนื่อง (ตามที่กล่าวถึงในบทที่7) วงจรคุมค่าที่ปรับแต่งได้นี้ทำให้เกิดเสถียรภาพตลอดย่านการใช้งาน ทั้งแบบเสกลเล็ก (small scale) และแบบเสกลใหญ่ (large scale) ตัวอย่างผลการทดลองแสดงด้วยรูปที่ 8.2

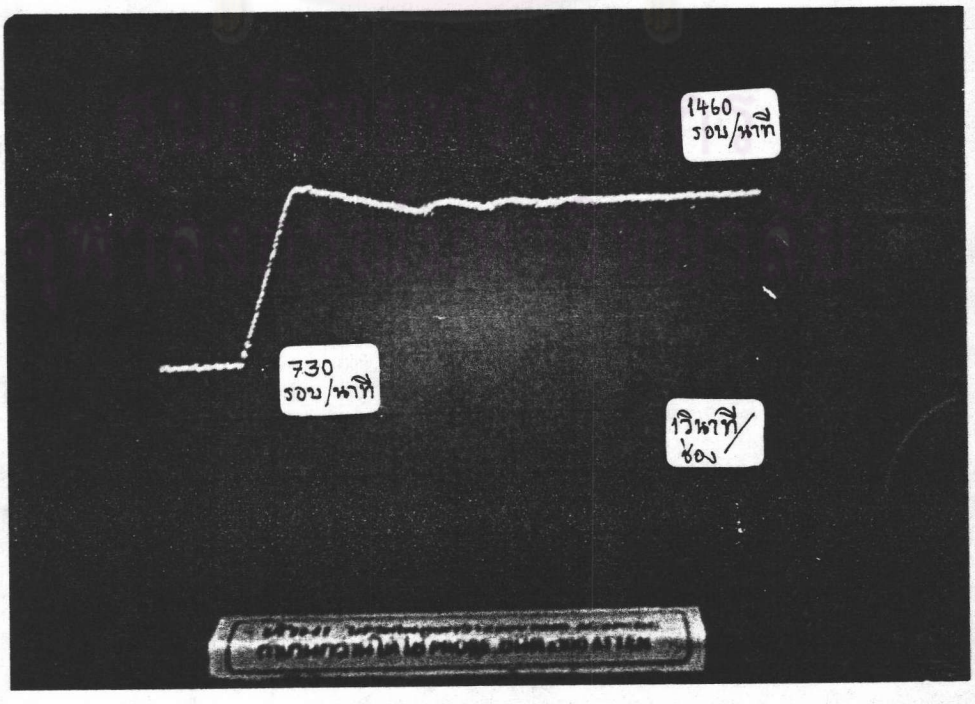
จากรูป 8.2 (ก) เริ่มตั้งแต่มอเตอร์ยังไม่หมุน เมื่อได้รับคำสั่งมอเตอร์จะหมุนไปที่ 1,460 รอบ/นาที เวลาขึ้น (rise time) 400ms ค่านี้อาจลดลง ถ้าไม่มีการจำกัดกระแสในวงจรควบคุม แต่อาจจะเป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ และมีช่วงเวลาเข้าที่ (settling time) 2 วินาที และมีการพุ่งเกิน (overshoot) ประมาณ 8%

จากรูปที่ 8.2 (ข) เริ่มตั้งแต่มอเตอร์หมุนที่ความเร็วครึ่งพิกัด แล้วได้รับคำสั่งทันใดให้ไปที่ 1,460 รอบ/นาที มีช่วงเวลาขึ้น 400ms พุ่งเกิน 8% และช่วงเข้าที่ 4 วินาที ต่อมาเมื่อใส่โหลดให้มอเตอร์ ซึ่งก็คือให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังออกมา

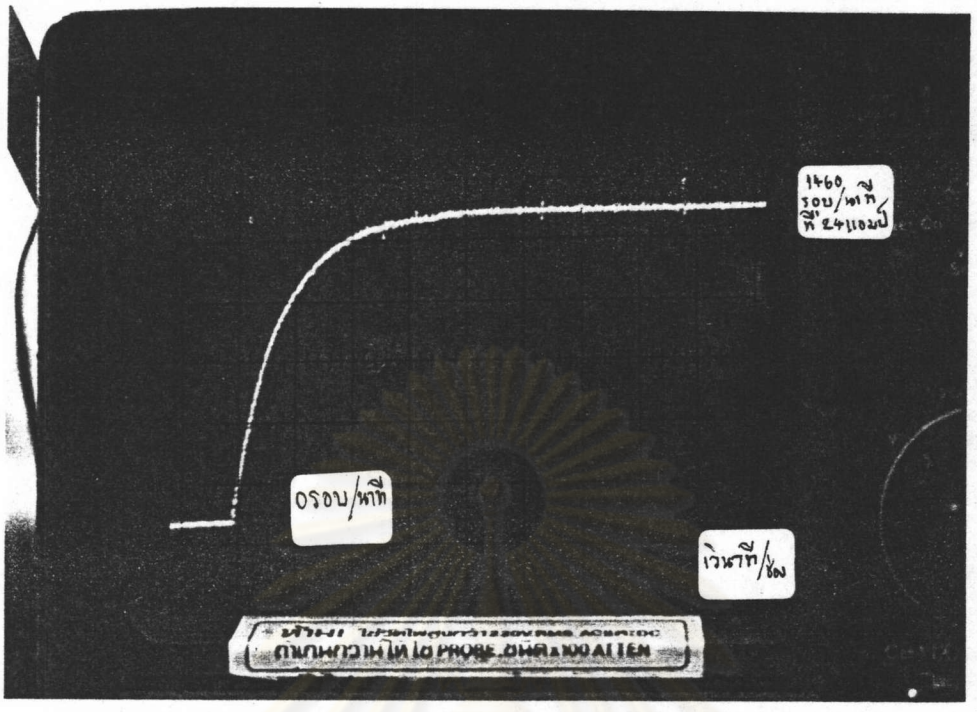
จากรูปที่ 8.2 (ค) ตั้งแต่มอเตอร์เริ่มหมุนจนถึงความเร็วรอบที่พิกัดและกระแสที่พิกัดจะมีช่วงเวลาเข้าที่ 4 วินาที และเป็นการเข้าที่แบบหน่วงเกิน (overdamp)



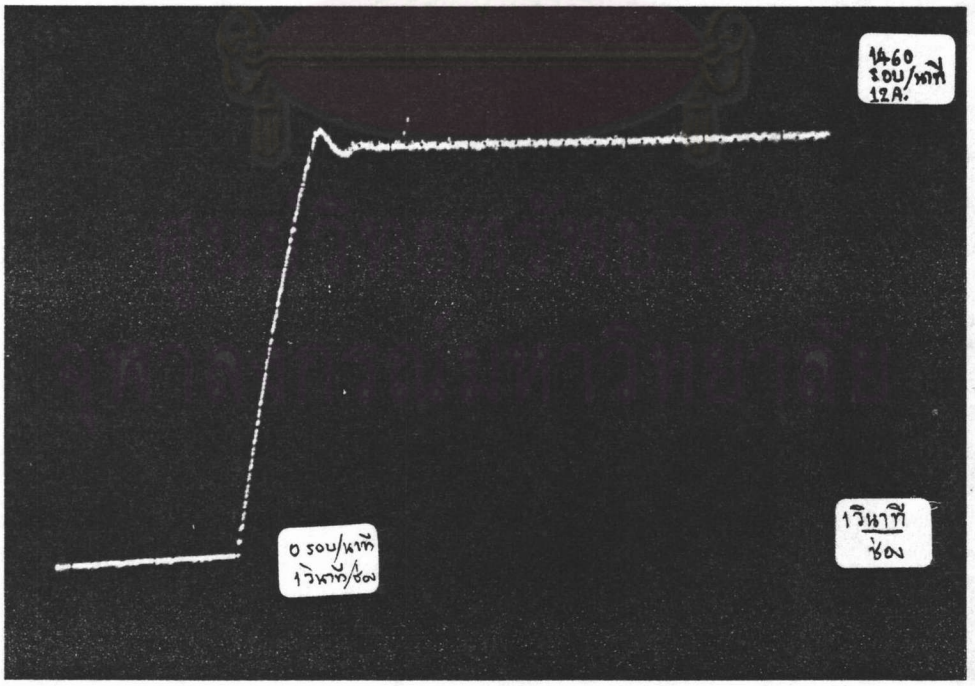
รูปที่ 8.2(ก) ทดสอบขณะไม่มีโหลดเปลี่ยนคำสั่งจาก 0 ไป 1460 รอบ/นาที



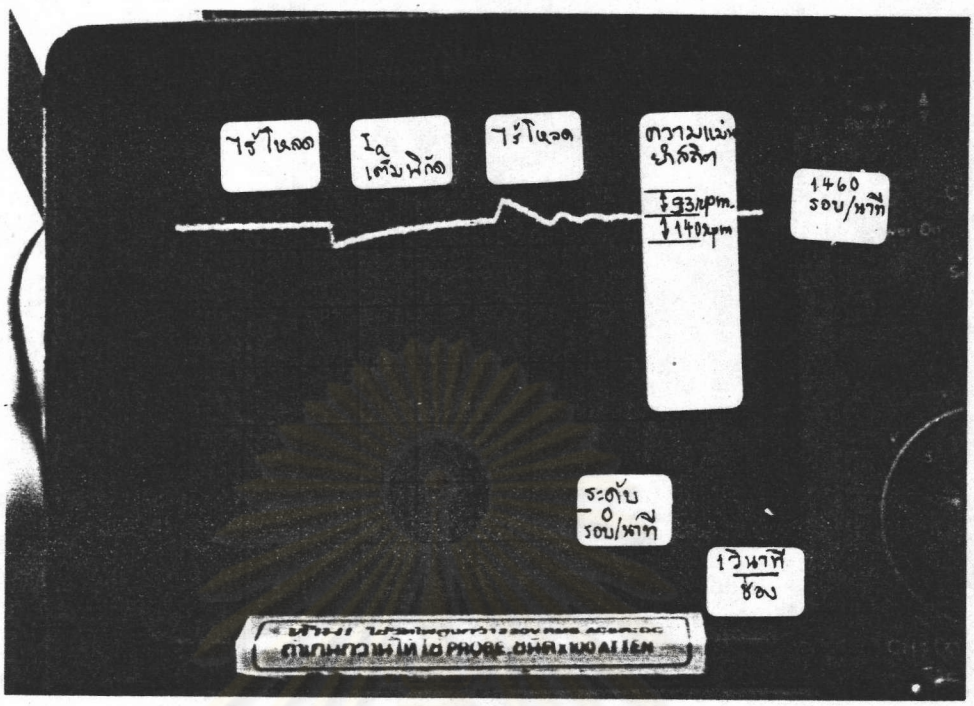
รูปที่ 8.2(ข) ทดสอบขณะไม่มีโหลดโดยหมุนที่ครึ่งพิกัดได้รับคำสั่งในทันทีให้หมุนที่พิกัด



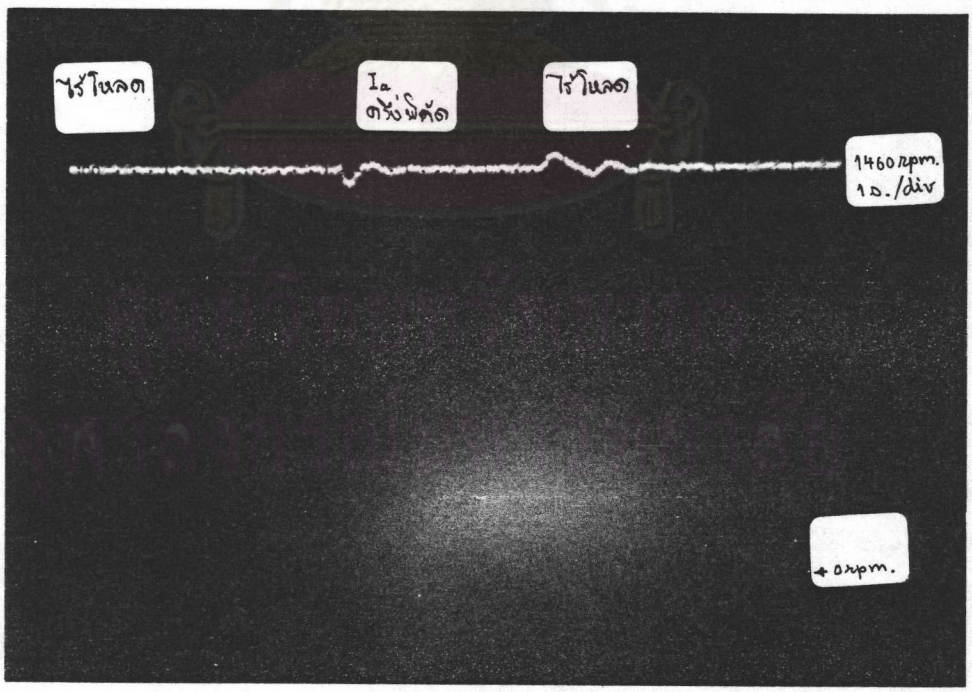
รูปที่ 8.2(ค) ทดสอบขณะต่อโหลดโดยได้รับคำสั่งทันทีให้เริ่มหมุนไปจนถึงค่าพิกัดของกระแสและความเร็วรอบ



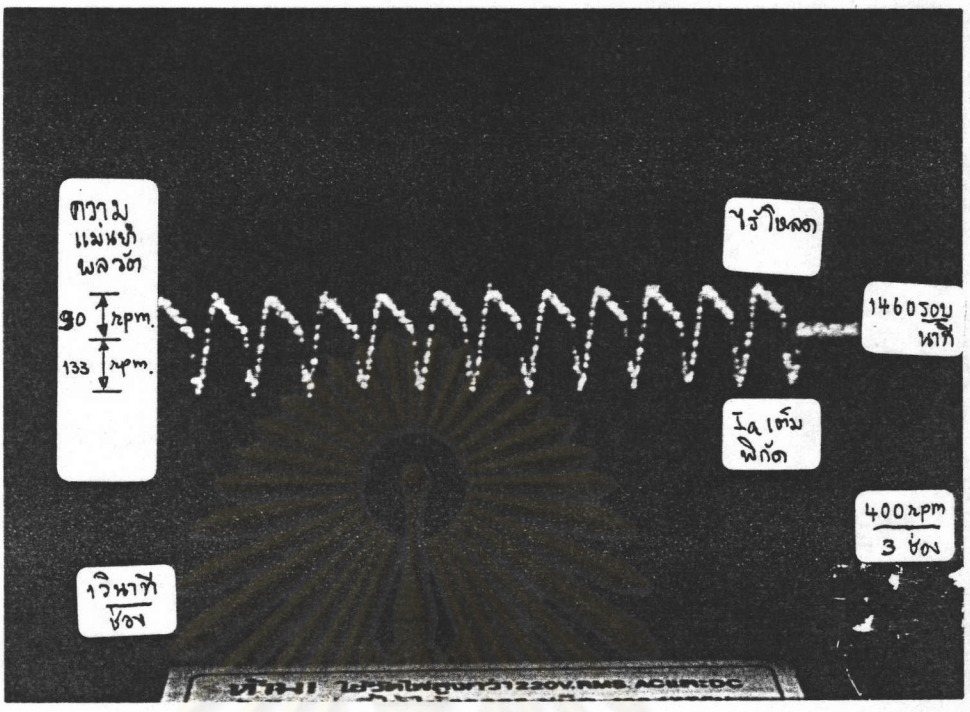
รูปที่ 8.2(ง) ทดสอบขณะต่อโหลดให้เริ่มหมุนไปจนถึงความเร็วรอบที่พิกัดและกระแสครึ่งพิกัด



รูปที่ 8.2(จ) ทดสอบขณะหมุนที่ค่าพิกัดไม่มีโหลด แล้วใส่โหลดที่กระแสอาร์เมเจอร์เต็มพิกัดต่อมาปลดโหลดออก



รูปที่ 8.2(ฉ) ทดสอบความเร็วพิกัดขณะไม่มีโหลด แล้วใส่โหลดที่กระแสอาร์เมเจอร์ครึ่งพิกัดต่อมาปลดโหลดออก



รูปที่ 8.2(ช) ทดสอบที่ความเร็วรอบพิกัด ใส่โหลดเต็มพิกัดเข้าและออกสลับไปมาเรื่อย ๆ ใช้เวลาสวิทช์ไปมาประมาณ 1 วินาที

รูปที่ 8.2

ผลตอบต่อการใช้วงจรคุมค่า PI แบบธรรมดาคุมค่ากระแสและความเร็วรอบโดยต่อทอดเนื่องกัน ขณะใช้วงจรจุดชนวนแบบใช้ฟังก์ชันอ้างอิงรูปฟันเลื่อยและใช้วงจรบริดจ์เรียงกระแสสามเฟสควบคุมเต็มที่

จากรูปที่ 8.2 (ง) ตั้งแต่มอเตอร์เริ่มหมุนจนถึงความเร็วรอบที่พิกัดและกระแสครึ่งพิกัด จะมีช่วงเวลาขึ้น 1 วินาที พุ่งเกิน 4% และ ช่วงเวลาเข้าที่ 1.5 วินาที

การทดลองเมื่อมอเตอร์หมุนที่พิกัดแล้ว (1,460 รอบ/นาที) จึงรับโหลดเต็มพิกัด (I_a ที่ 24 แอมป์) ความเร็วรอบจะลดลง 10% แล้วจะกลับเข้าสู่ความเร็วเดิมภายใน 3 วินาที และถ้าปลดโหลดออก (I_a ที่ 1.5 แอมป์) มอเตอร์จะพุ่งสูงประมาณ 6% แล้วมีช่วงเวลาเข้าที่ประมาณ 2 วินาที ตามรูปที่ 8.2 (จ) จากการทดลองมอเตอร์จะเข้าสู่ความเร็วรอบเดิมได้ดีกว่า 1% คือผิดพลาดไม่เกิน 14 รอบนั่นเอง

จากรูปที่ 8.2 (ฉ) เป็นการทดลองที่ระหว่างไม่มีโหลดกับกระแสโหลดครึ่งพิกัด (12A) ความเร็วจะลดลงประมาณ 4% มีช่วงเวลาอยู่ตัว 400ms และขณะปลด

โหลดความเร็วจะพุ่งสูงขึ้น 4% มีช่วงเวลาอยู่ตัวประมาณ 1.5 วินาที การวัดความแม่นยำสถิติดีกว่า 1% โดยวัดจากเครื่องวัดรอบ แต่การวัดความแม่นยำพลวัตอยู่ในช่วง 250 รอบ/นาที รอบ ๆ ค่าพิกัดคิดเป็น $\pm$10% ดังแสดงในรูป 8.2 (ช)

วิเคราะห์ผล

1. การใช้วงจรคุมค่าแบบธรรมดา ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์สามารถกระทำได้ โดยชดเชยผลจากการที่กระแสไหลไม่ต่อเนื่อง ด้วยการปรับค่า T_{nn}, T_{in}, T_{ni}, T_{ii} ใหม่จากการทดลองโดยเริ่มจากค่าที่ได้จากการคำนวณ

8.5 การทดสอบการควบคุมแบบวงรอบปิด โดยใช้วงจรคุมค่าแบบปรับตัวเอง และใช้วงจรจุดชนวนแบบเสมือนใช้ฟังก์ชันอ้างอิงรูปโคไซน์

วิธีทดสอบ

1. ทดสอบวงจรควบคุมเต็มที่ขณะใช้วงจรคุมค่าแบบปรับตัวเองที่ได้จากการคำนวณ และปรับแต่งเพิ่มเติมเพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพตลอดย่านการใช้งาน บันทึกผลการทดสอบที่น่าสนใจ

2. ทดสอบวงจรควบคุมครึ่งเดียวตามข้อ 1

ผลการทดสอบ

1. วงจรควบคุมเต็มที่และวงจรควบคุมครึ่งเดียว ให้ผลการทดสอบคล้าย ๆ กัน

2. ใช้วงจรคุมค่าที่ได้จากการคำนวณ และใช้เงื่อนไขที่กระแสไหลต่อเนื่องวงจรทำงานแบบ PI และกระแสไม่ไหลทำงานแบบ I ระบบยังมีการแกว่งเพียงเล็กน้อย (ในช่วง $\pm$1% ของความเร็วรอบที่พิกัด)

3. เมื่อเลื่อนจุดทำงานของการเปลี่ยนสภาพจาก PI เป็น I ไปอยู่ที่กระแสไหลค่าหนึ่ง ระบบก็สามารถรักษาเสถียรภาพได้ และให้ผลตอบสนองที่เร็วขึ้นกว่าการใช้วงจรคุมค่าธรรมดาที่ผ่านการชดเชยแล้ว

4. ตัวอย่างผลการทดสอบแสดงด้วยรูปที่ 8.3

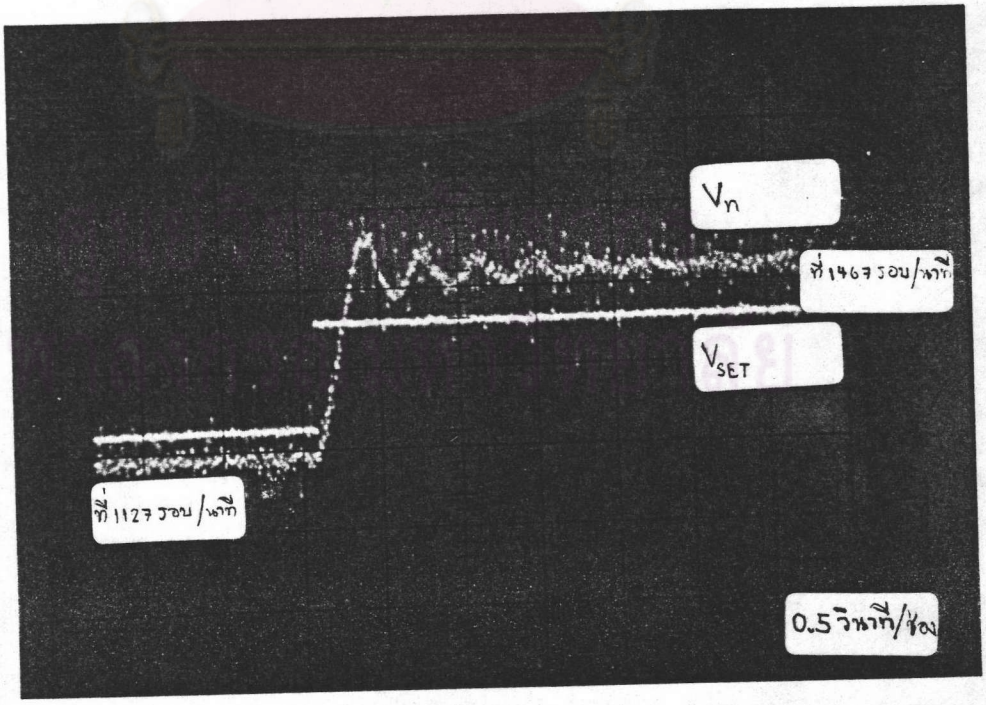
จากรูปที่ 8.3 (ก) คงค่าความเร็วที่ 1,127 รอบ/นาที โดยมีกระแสในอาร์เมเจอร์ 1.3 แอมป์ แล้วตั้งค่าความเร็วรอบใหม่ที่ 1,467 รอบ/นาที เมื่อมอเตอร์เข้าสู่ภาวะอยู่ตัวแล้วกระแสไหลในอาร์เมเจอร์ประมาณ 24 แอมป์ (ทดลองชั่วขณะเพราะ เกินภาระที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทนได้) 0.5 วินาที/ช่อง

จากรูป 8.3 (ข) คงค่าความเร็วที่ 1,341 รอบ/นาที โดยมีกระแสไหลในอาร์เมเจอร์ 14 แอมป์ ตั้งค่าความเร็วใหม่ที่ 1,427 รอบ/นาที เมื่อมอเตอร์เข้าสู่ภาวะอยู่ตัวแล้วจะมีกระแสไหล 29 แอมป์ (ทดลองโดยไม่มีการจำกัดกระแส) 0.5 วินาที/ช่อง

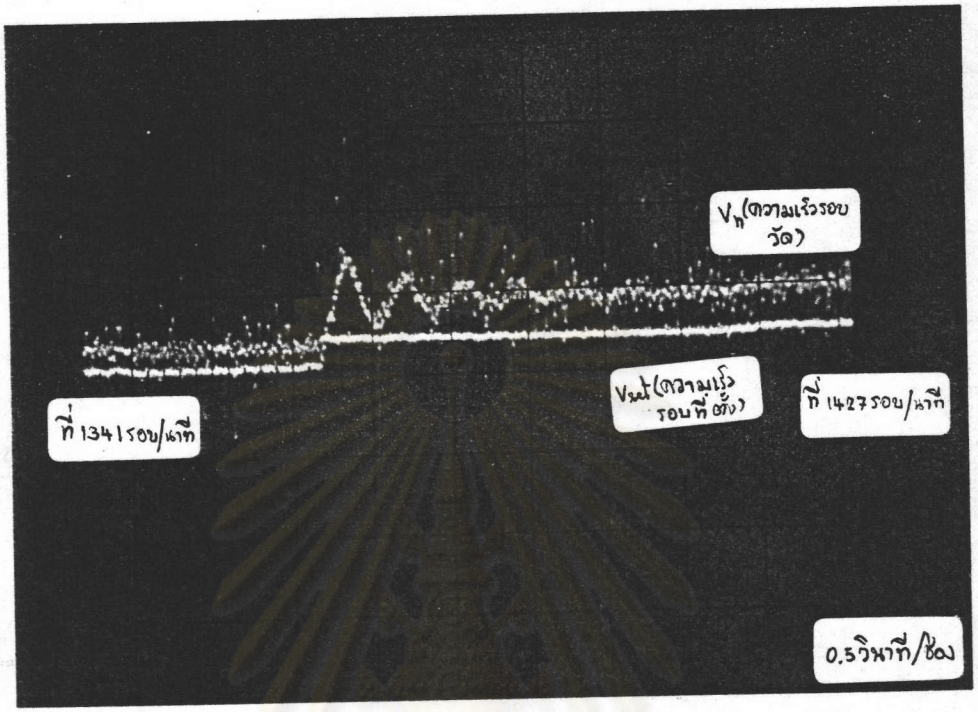
จากรูปที่ 8.3 (ค) ทดสอบการจำกัดกระแสของวงจรขณะเริ่มเดินเครื่อง สังเกตได้ว่า จะมีการจำกัดกระแสอยู่ช่วงหนึ่งพอมอเตอร์หมุนเร็วกว่าความเร็วที่ตั้งไว้กระแสจะเริ่มลดลงจนเป็นศูนย์และจะนำกระแสอีก

จากรูปที่ 8.3 (ง) ทดสอบขณะที่มอเตอร์หยุดหมุนโดยตั้งความเร็วรอบที่ 0 รอบ/นาที แล้วตั้งความเร็วรอบที่ 1,456 รอบ/นาที เพื่อดูภาวะเริ่มเครื่องและเมื่อมอเตอร์อยู่ตัวจะมีกระแสไหล 18 แอมป์

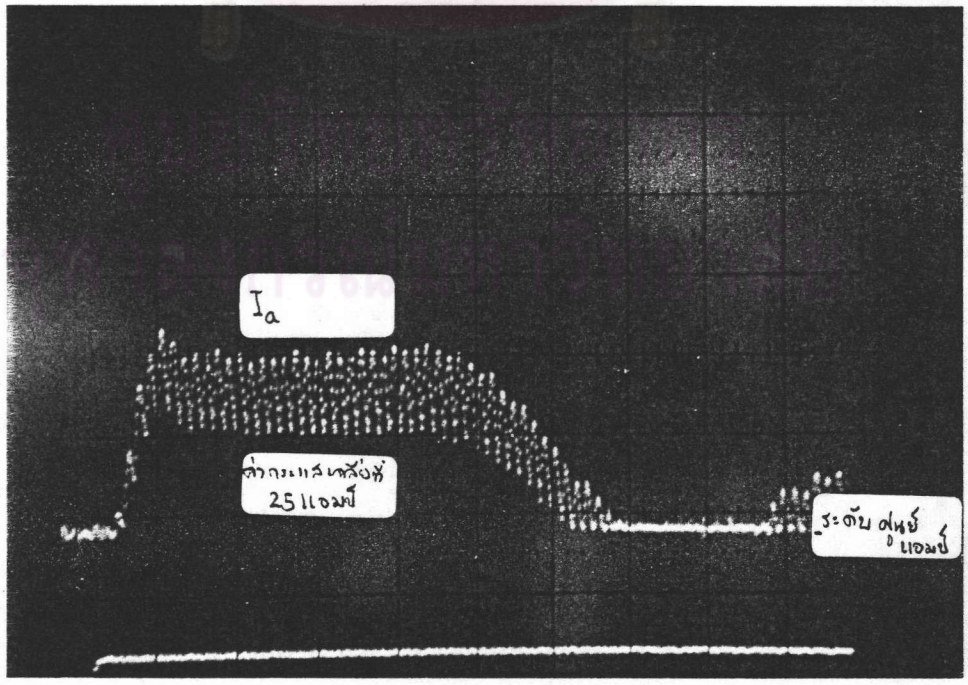
จากรูปที่ 8.3(จ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสอาร์เมเจอร์กับแรงดันในการควบคุมสวิตช์ หรือปรับสภาพวงจร สังเกตได้ว่า จากการทดลอง จุดทำงานนี้เป็นจุดทำงานที่เหมาะสม เพราะระบบมีเสถียรภาพตลอดย่านการใช้งาน และให้ผลตอบสนองที่เร็ว การที่ยอมให้มีการคุมค่าแบบ I ขณะที่กระแสไหลอย่างต่อเนื่องในบางขณะ เพราะถ้าใช้เป็นแบบ PI แล้วระบบจะขาดเสถียรภาพในบางขณะ



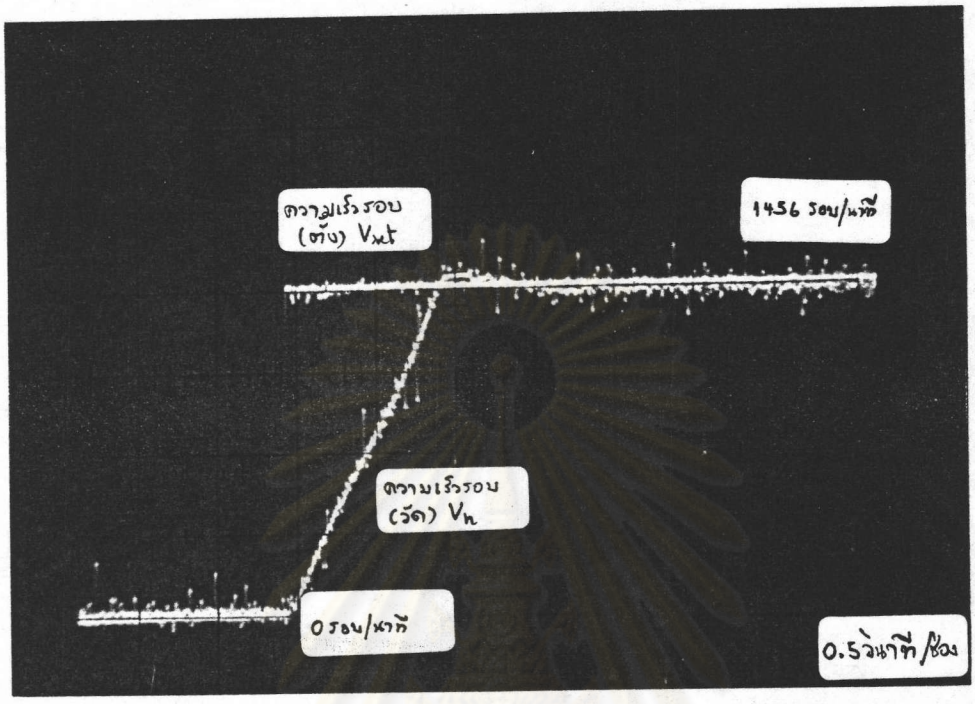
รูปที่ 8.3 (ก) ทดสอบที่ 1,127 รอบ/นาที และ 1,467 รอบ/นาที เพื่อดูผลของการเปลี่ยนความเร็ว



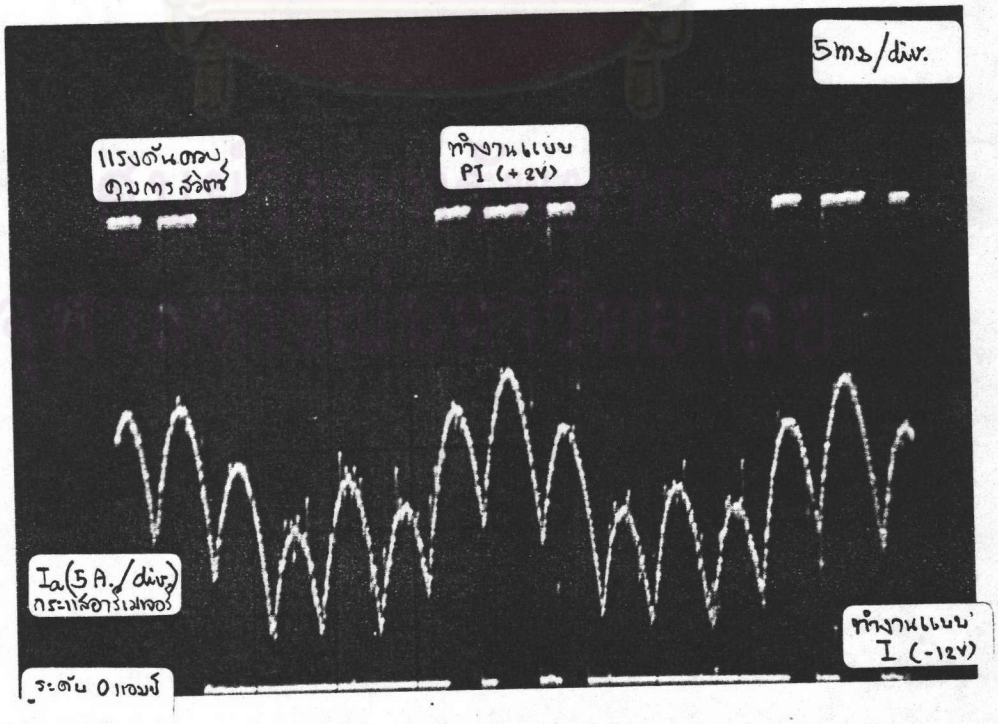
รูปที่ 8.3 (ข) ทดสอบที่ 1,341 รอบ/นาที และ 1,427 รอบ/นาที เพื่อดูผลของการเปลี่ยนความเร็วแบบเสกลเล็ก(small scale)



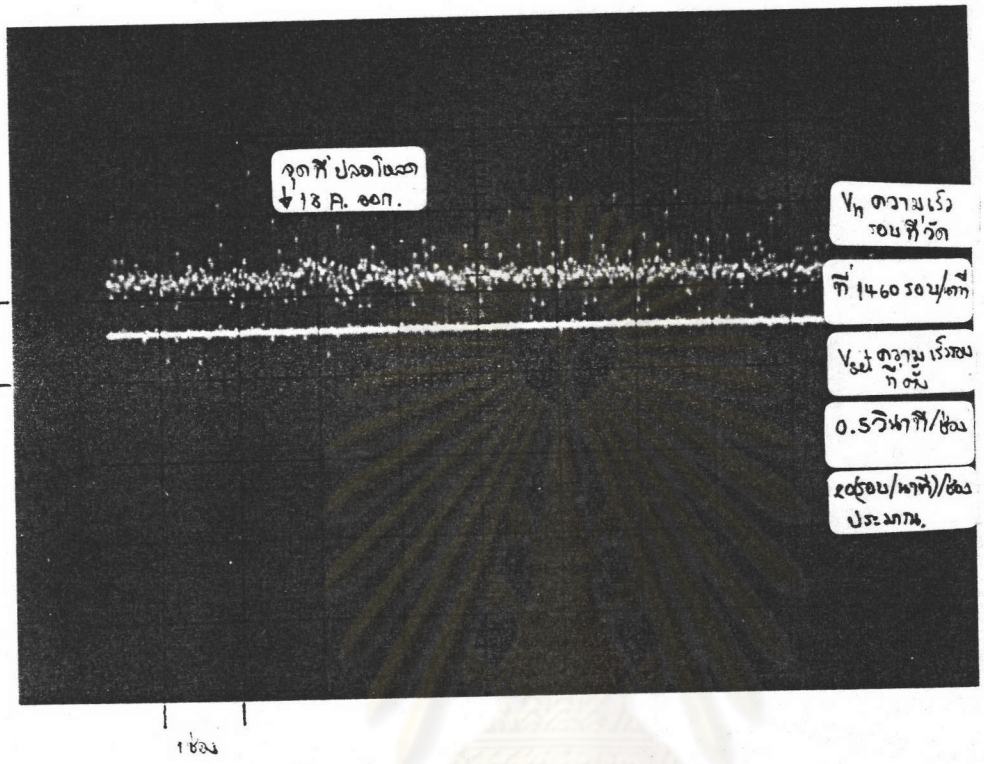
รูปที่ 8.3 (ค) กระแสขณะเริ่มเดินเครื่อง เพื่องดูผลการจำกัดกระแส



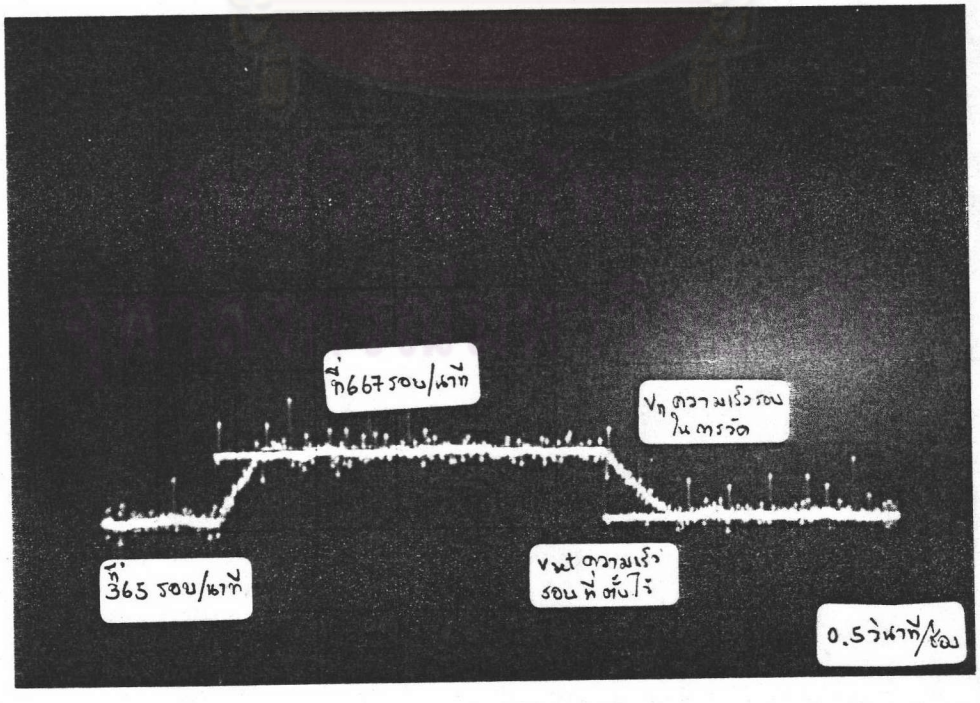
รูปที่ 8.3 (ง) ทดสอบขณะเริ่มเดินเครื่องจนถึงความเร็วพิกัด



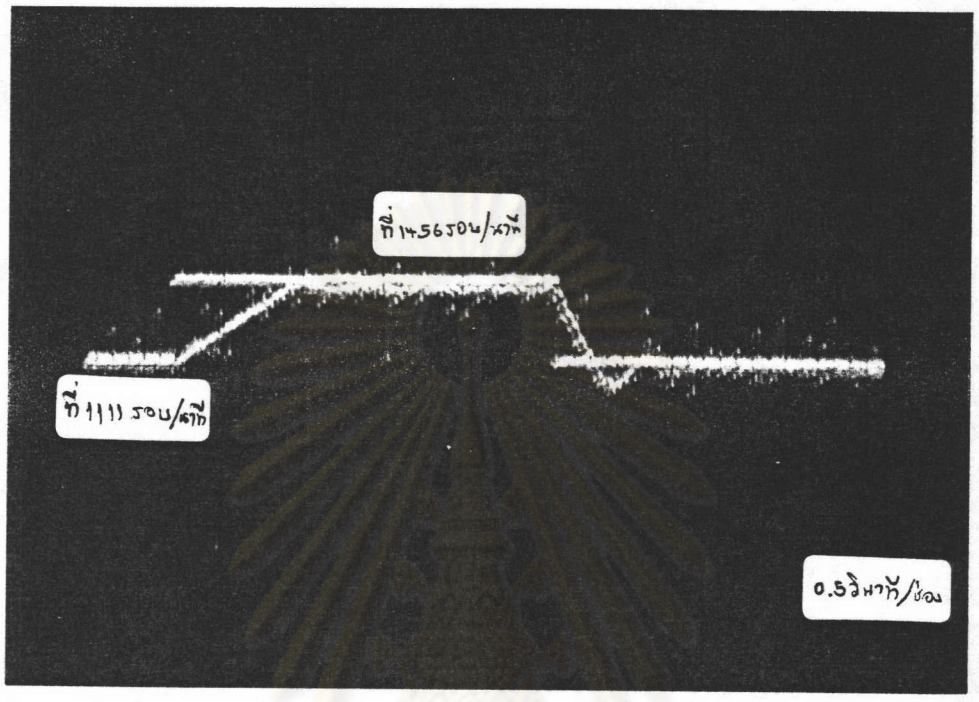
รูปที่ 8.3 (จ) ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์กับแรงดันควบคุมการสวิตช์หรือปรับสภาพวงจรคุมค่ากระแส



รูปที่ 8.3 (ฉ) ทดสอบการเปลี่ยนโหลด



รูปที่ 8.3 (ช) ทดสอบการเปลี่ยนความเร็วระหว่าง 365 รอบ/นาที กับ 667 รอบ/นาที



รูปที่ 8.3 (ช) ทดสอบการเปลี่ยนความเร็ว

รูปที่ 8.3 เป็นตัวอย่างของการทดสอบโดยใช้วงจรคุมค่าแบบปรับตัวเอง และใช้วงจรจุดชนวนที่เสมือนใช้ฟังก์ชันอ้างอิงรูปโคไซน์ ในการควบคุมวงจรบริดจ์เรียงกระแสสามเฟสควบคุมเต็มที่

จากรูปที่ 8.3 (ฉ) คงค่าความเร็วรอบที่ 1,460 รอบ/นาที ปลดโหลดที่ทำให้กระแสอาร์เมเจอร์ไหล 18 แอมป์ ออกไปสู่สภาพไร้โหลด ความเร็วรอบจะเปลี่ยนแปลงประมาณ 2 รอบ/นาที โดยดูจากเครื่องวัดรอบแบบดิจิตอลโดยใช้แสง (0.5 วินาที/ช่อง)

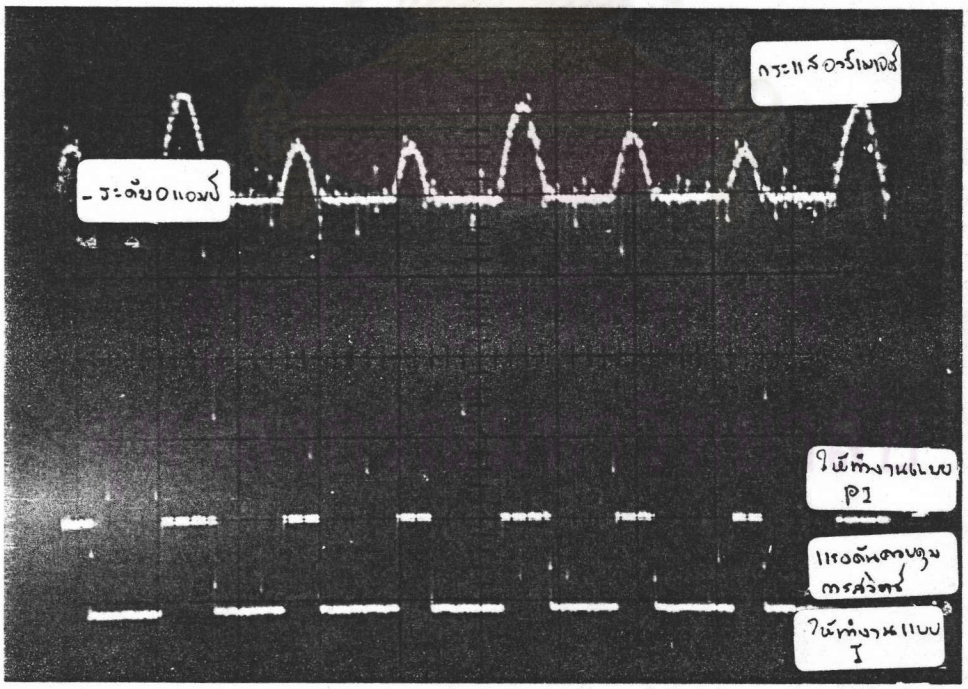
จากรูปที่ 8.3 (ช) คุมค่าที่ความเร็วรอบ 365.8rpm ที่ I_a = 8.7 เปลี่ยนความเร็วที่ตั้งไปที่ 667.3 รอบ/นาที ที่ I_a = 12 แอมป์ 0.5 วินาที/ช่อง

จากรูปที่ 8.7 (ช) คุมค่าที่ 1,111.7 รอบ/นาที I_a = 10 แอมป์ เปลี่ยนความเร็วที่ตั้งไปที่ 1,456.8 รอบ/นาที I_a = 18 แอมป์ 0.5 วินาที/ช่อง

<u>วิเคราะห์ผล</u>

1. จากการออกแบบในบทที่ 6 เราต้องการผลตอบสนองเร็วที่สุดโดยมีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนความเร็วรอบที่ตั้งค่า หรือ การเปลี่ยนภาระทางกล

(settling time) ดีกว่า 100 มิลลิวินาที น่าจะทำได้ แต่ผลการทดสอบทำไม่ได้เพราะข้อจำกัดของความสามารถในการออกแบบประการหนึ่ง อีกประการหนึ่งคือ ผลตอบสนองเปลี่ยนแปลงตามภาระทางกลที่ต่อเป็นโหลด นั่นคือ ภาระทางกลไม่ได้อยู่ในเงื่อนไขของบทที่ 6 ภาระทางกลที่นำมาทดสอบนี้เป็นการทำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดที่เป็นความต้านทานมาต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงโหลดหรือความเร็วรอบและมีโหลดก็ดี ย่อมมีเวลาหน่วงจากผลการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ ถ้าเวลาหน่วงนั้นมากก็จะทำให้ระบบเข้าสู่สภาพอยู่ตัวช้ากว่าที่ควรเป็น กล่าวคือ สภาพอยู่ตัวจะเกิดขึ้นพร้อมกันเมื่อเป็นเช่นนี้จะสังเกตุได้ว่า ณ วงจรคุมค่าเดียวกันจะให้ผลตอบสนองต่อภาระทางกลไม่เท่ากัน นั่นคือ จะนำเอาผลอันไหนมาอ้างอิงต้องระบุเงื่อนไขที่ชัดเจนลงไป จากรูปที่ 8.3 (ช) และ (ช) สังเกตุได้ว่า ในรูปที่ 8.3 (ช) จะมีการหน่วงน้อยกว่ารูปที่ 8.3 (ช) นั่นคือ จะเข้าสู่ภาวะอยู่ตัวเร็วกว่า ในการปรับแต่งวงจรคุมค่านี้เราสนใจเรื่องเสถียรภาพมากที่สุด ดังนั้นจึงมีบางจุดทำงานที่เรายอมให้มีการพุ่งเกินประมาณ 43% ได้ โดยที่ระบบยังคงรักษาเสถียรภาพอยู่ได้



รูปที่ 8.4

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์เมเจอร์กับภาวะปิด-เปิดสวิตช์ตามคำแนะนำในบทที่ 6

2. จากการออกแบบการคุมค่าแบบปิด-เปิด (on-off) เพื่อควบคุมการทำงานของสวิตช์ (JEET หรือ 4066) ในการเปลี่ยนสภาพการทำงานระหว่าง PI กับ I ตามบทที่ 6 แนะนำว่าช่วงที่มีกระแสไหลให้เป็น PI และช่วงที่ไม่มีกระแสไหลให้เป็น I ตามรูปที่ 8.4

จากรูปที่ 8.4 รูปคลื่นบนเป็นกระแสอาร์เมเจอร์ที่ไหลและหยุดไหล รูปคลื่นล่างเป็นแรงดันขาออกจากวงจรคุมค่าแบบฮิสเตอเรซิส เพื่อสั่งให้สวิทช์ 4066 ทำงาน แรงดันสูงวงจรคุมค่าที่ปรับตัวเองนี้จะมีสภาพเป็น PI และแรงดันต่ำกว่าจะมีสภาพเป็น I

จากรูปที่ 8.3 (จ) พบว่า เราทำเช่นรูปที่ 8.4 ไม่ได้ เพราะระบบจะขาดเสถียรภาพบางขณะที่เปลี่ยนแปลงภาระทางกลหรือความเร็วตั้งค่า นั่นคือวงจรคุมค่าแบบปรับตัวเองไม่ทำงานอยู่ ณ จุดทำงานที่เหมาะสม เนื่องจากข้างต้นจุดทำงานที่เหมาะสมต้องอยู่ในสภาพที่เหมาะสมหนึ่ง ๆ เท่านั้น อีกประการหนึ่งวงจรคุมค่าแบบปรับตัวเองทำงานไม่สมบูรณ์ ตามที่เคยกล่าวไว้ในบทที่ 7 นั่นเอง

จึงทำให้เราเลื่อนภาวะการเปลี่ยนจากปิด-เปิดมาอยู่ ณ ที่ภาวะกระแสอาร์เมเจอร์ไหลผ่านค่าๆหนึ่ง เพื่อเป็นการชดเชยผลต่าง ๆ ข้างต้น

8.6 ทดสอบการคงค่าของกระแสเมื่อแรงดันขาเข้าของวงจรเรียงกระแสเปลี่ยนแปลงขึ้นลง 10%

วิธีทดสอบ

1. ใช้หม้อแปลงแรงดันแบบปรับค่าแรงดันได้ (variac) ขนาด 10 แอมป์ ต่อที่ขาเข้าของวงจรเรียงกระแสโดยใช้วงจรคุมค่ากระแส ในการจ่ายกระแสให้โหลดที่เป็นตัวต้านทาน 17.6 โอห์ม โหลดที่เป็นตัวต้านทาน 17.6 โอห์ม และ ตัวเหนี่ยวนำ 29 มิลลิเฮนรี และโหลดที่เป็นมอเตอร์บันทึกค่ากระแสขาออก

ผลการทดสอบ

เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านเข้าเปลี่ยนแปลง±10% จากค่าปกติ ทดสอบที่กระแสขาเข้าเฟส T ในแต่ละเงื่อนไขไม่เกิน 10 แอมป์ ผลได้ตามตารางที่8.1

หมายเหตุ เหตุที่ใช้เงื่อนไขนี้ทดสอบเนื่องจากไม่สามารถกระทำที่พิกัดได้ เพราะต้องใช้หม้อแปลงแรงดันแบบปรับค่าแรงดันได้ (variac) ซึ่งในห้องปฏิบัติการมีขนาด 10 แอมป์ 3 เฟส และ เฟส T เป็นเฟสที่รับกระแสมากที่สุดเนื่องจากเอาแรงดันไปจ่ายให้วงจร

ควบคุมด้วย

เงื่อนไขในการวัด	วงจรบริดจ์เรียงกระแสสามเฟส	
	ควบคุมเต็มที่	ควบคุมแบบครึ่งเดียว
ความสามารถในการคงค่ากระแสจากการใช้วงจรคุมค่ากระแสแบบ PI		
โหลด R_x=17.6 Ω	2%	3%
โหลด R_x= 17.6 Ω และ L_x = 29mH	3%	2%
โหลดเป็นมอเตอร์ที่ I_aประมาณ 10.2A	ต่ำกว่า 1%	ต่ำกว่า 1%
ความสามารถในการคงค่าความเร็วรอบจากการใช้วงจรคุมค่าแบบธรรมดา		
โหลดเป็นมอเตอร์ที่ 1448 รอบ/นาที	ต่ำกว่า 1%	ต่ำกว่า 1 %

ตารางที่ 8.1 ผลการทดสอบ การคงค่าเมื่อแรงดันขาเข้าของวงจรเรียงกระแสเปลี่ยนแปลงขึ้นลง 10%

8.7 <u>ทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของวงจรเรียงกระแส</u>

<u>วิธีทดสอบ</u>

1. ทดสอบวงจรควบคุมเต็มที่ขณะใช้วงจรควบคุมแบบวงรอบเปิด โดยโหลดเป็นตัวต้านทาน 17.6 Ω อนุกรมกับตัวเหนี่ยวนำ 29 มิลลิเฮนรี และโหลดที่เป็นมอเตอร์ ทดสอบที่ 10 กิโลวัตต์ และ 5 กิโลวัตต์ บันทึกผล
2. ทดสอบวงจรควบคุมครึ่งเดียว ตามข้อ 1.

<u>ผลการทดสอบ</u>

ตามตารางที่8.2

เงื่อนไขในการวัด	วงจรเรียงกระแสสามเฟส	
	ควบคุมเต็มที่	ควบคุมแบบครึ่งเดียว
โหลดเป็น R_x=17.6 Ω กำลังขาออก 10kW	98%	92%
5kW	80%	85%
โหลดเป็น R_x=17.6 Ω ,L_x =24mH 10kW	99%	98%
5kW	98%	90%
มอเตอร์โดยให้ I_f=1.8A. ,I_a= 24A		
รักษาให้คงที่ 10kw	95%	93%
5kw	93%	88%
ค่าที่วัดนี้เป็นค่าที่วัดโดยประมาณ±5%		

ตารางที่ 8.2 ผลการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของวงจรบริดจ์เรียงกระแสสามเฟส

การวัดแรงดัน กระแส และกำลังขาเข้าใช้เครื่องมือวัดที่เป็นมิเตอร์วัดค่าอาร์เอ็มเอสจริง (ture rms meter) ส่วนแรงดันและกระแสขาออกใช้มิเตอร์กระแสตรงทั่วไป ขณะที่วัดค่าที่ได้ไม่คงที่ ทั้งแรงดัน กระแส และกำลังขาเข้า ซึ่งมีผลต่อการคำนวณด้วย

วิเคราะห์ผล วงจรควบคุมเต็มที่ ให้ประสิทธิภาพสูงกว่าวงจรควบคุมครึ่งเดียว

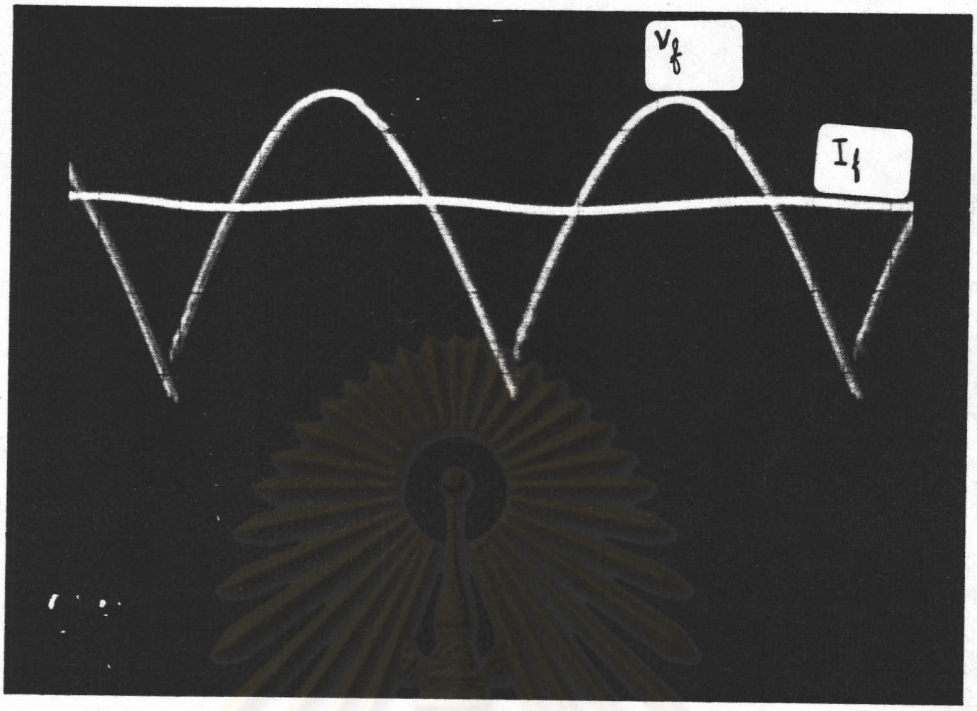
8.4 วัดรูปคลื่นของแรงดันและกระแสที่ขดลวดสนาม

วิธีวัด

1. ใช้ CRO วัดแรงดันและกระแสที่ขดลวดสนามขณะใช้งานที่ 1.8 แอมปร์

ผลการวัด

ตามรูปที่ 8.5



รูปที่ 8.5 กระแสและแรงดันที่ขดลวดสนามขณะใช้งาน

<u>วิเคราะห์ผล</u> กระแสสนามไหลอย่างต่อเนื่อง มีผลของค่าระลอก(ripple) น้อยพอที่จะอนุโลมให้ใช้งานได้

จากตัวอย่างผลการทดลองทั้งหมดนี้ จะสรุปรวมในบทต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย