หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

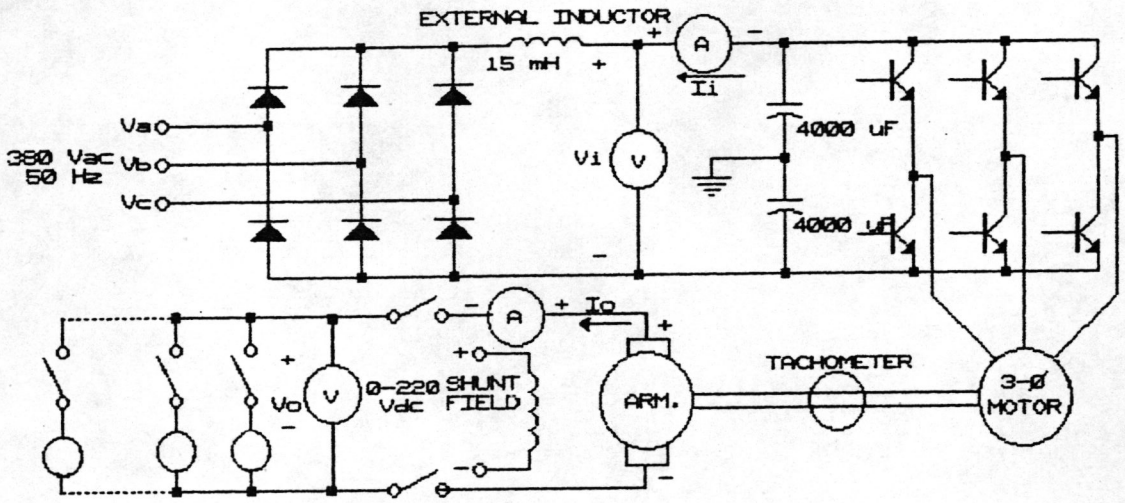
บทที่ 5

การทดสอบ

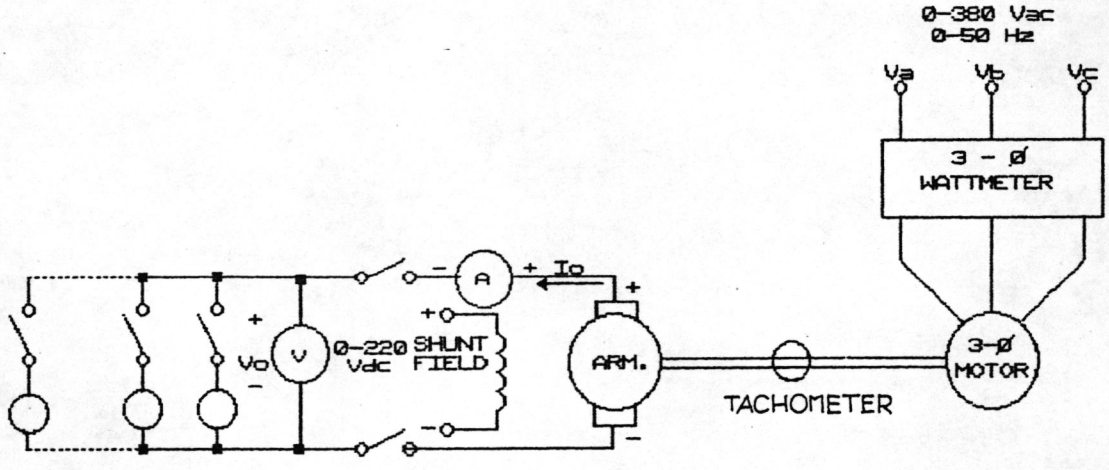
1. การทดสอบประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

ในการทดสอบ หาประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์นี้ มีข้อจำกัดเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ กล่าวคือ ในห้องปฏิบัติการไม่มีเครื่องมือวัดที่สามารถใช้วัดค่าประสิทธิผลจริงได้ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการวัดออกเป็น 2 ขั้นตอน เพื่อให้สามารถใช้เครื่องมือวัดที่มีอยู่วัดค่าประสิทธิผลได้

1.1 ขั้นตอนที่ 1 เป็นการใช้อินเวอร์เตอร์ที่ถูกสร้างขึ้น นำไปขับเคลื่อนมอเตอร์ ชนิด 3 - เฟส ที่เพลาของมอเตอร์ตัวนี้ถูกต่อกันกับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟตรง โดยที่เครื่องกำเนิดไฟตรงนี้มีโหลดที่เป็นหลอดไฟชนิดมีไส้หลอด ดังแสดงในภาพที่ 5.1 ในการวัดกำลังขาเข้าของวงจรอินเวอร์เตอร์นั้นไม่สามารถวัดกำลังไฟสลับได้ เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้วัดไม่สามารถวัดกำลังที่อินเวอร์เตอร์รับไปจริง ๆ ได้ ดังนั้นจึงใช้วิธีการต่อวงจร ดังแสดงในภาพที่ 5.1 ด้วยการวัดกำลังทางไฟตรงที่ออกจากวงจรเรียงกระแส ก่อนที่จะเข้าวงจรอินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์ แทนการวัดกำลัง ที่จ่ายให้กับวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ แต่ว่าการวัดกำลังของไฟตรงจะต้องทำให้กระแสเรียบพอที่จะใช้เครื่องมือที่มีอยู่ จึงนำตัวเหนี่ยวนำ (inductor,L) มาต่อไว้ ระหว่างขั้วบวกของวงจรเรียงกระแสกับขั้วบวกของตัวเก็บประจุ โดยที่ตัวเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 15 mH (ค่านี้ได้จากการทดลอง) และตัวเก็บประจุของวงจรซึ่งมีอยู่เดิมแล้ว มีค่าเท่ากับ 2000 F ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของทั้งอินเวอร์เตอร์ที่สร้างขึ้น และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง(motor and generator set, MG-set)ดังในตารางที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 วงจรทดสอบหาประสิทธิภาพในขั้นตอนที่ 1



ภาพที่ 5.2 วงจรทดสอบหาประสิทธิภาพในขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 5.1

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบ

วัดกำลังขาเข้า			กำลังขาออก	กำลังขาเข้าทั้งหมด	ความเร็ว	ประสิทธิภาพ	หมายเหตุ
Vi (V)	Ii (A)	Pit (W)	Po (W)	Pit (W)	n_m (rpm)	(%)	
360	0.80	288	0	310.1	1360	-	ทำการวัดกระแสของมอเตอร์ที่ Pi=1981 W ปรากฏว่ากระแสขาออกของอินเวอร์เตอร์เกินพิกัดของมอเตอร์ (15.8 A)
360	1.75	630	208	654.5	1356	32.7	
360	2.20	792	360	817.7	1352	45.1	
360	2.93	1054	544	1079.6	1348	51.2	
360	3.20	1152	625	1180.3	1345	53.9	
360	3.61	1299	760	1329.0	1342	58.0	
360	4.14	1490	896	1521.0	1338	59.6	
360	4.47	1609	996	1640.8	1333	61.4	
360	4.82	1735	1093	1767.7	1330	62.5	
360	5.41	1948	1260	1981.7	1327	64.2	

เนื่องจากการทดสอบทำการวัดกำลังขาเข้าของวงจรอินเวอร์เตอร์ ดังนั้น กำลังไฟขาเข้าของวงจรที่ใช้ทดสอบทั้งหมด จะต้องรวมถึงกำลังสูญเสียในวงจรเรียงกระแส ที่มีค่าสูญเสียเท่ากับ Ii x 2 x 1.3 วัตต์ (แรงดันตกคร่อมไดโอดเท่ากับ 1.3 V) และกำลังสูญเสียในวงจรควบคุม (มีค่าคงที่) วัดได้มีค่าเท่ากับ 20 วัตต์

$$\text{ดังนั้น ประสิทธิภาพทั้งหมด} = \frac{\text{กำลังขาออก}}{\text{กำลังขาเข้าทั้งหมด}} \times 100 \quad \% \quad (5.1)$$

กำลังไฟขาเข้าทั้งหมด (Pit) = Ii x 2 x (1.3) + 20 + (Vi) x (Ii) วัตต์ กำลังไฟขาออก(Po)มีหน่วยเป็น (W)ผลการคำนวณจากสมการ(5.1)แสดงในตารางที่ 5.1

1.2 ขั้นที่ตอนที่ 2ทำการทดสอบหา ประสิทธิภาพของมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟตรง ดังแสดงในวงจรของภาพที่ 5.2 โดยการจ่ายไฟสลับ 3 - เฟสเข้าที่ขั้วของมอเตอร์ ที่สามารถปรับแรงดันและความถี่ได้โดยไฟสลับชุดนี้ได้มาจากเครื่องกำเนิดไฟสลับที่กำเนิดขึ้นโดยเครื่องกำเนิดไฟสลับแบบซิงโครนัส ซึ่งถูกขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟตรงโดยไม่เกี่ยวกับแหล่งจ่ายไฟของการไฟฟ้า ดังนั้นจึงสามารถปรับให้อัตราส่วนแรงดันต่อความถี่มีค่าคงที่ตามต้องการได้ วงจรที่ใช้ในการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 5.2 โดยใช้หลักการของวัตต์มิเตอร์ 1 ตัว เพื่อวัดกำลังขาเข้าและใช้โวลต์มิเตอร์ กับแอมป์มิเตอร์ ทำการวัดกำลังขาออกของชุดจ่ายไฟตรง ผลจากการทดสอบได้ดังตารางที่ 5.2

ประสิทธิภาพ = (Po / Pi) x100 %

โดยที่ Pi คือ กำลังไฟสลับ 3-เฟสด้านเข้ามอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้ทดสอบ มีหน่วยเป็น (W)

Po คือ กำลังไฟตรงขาออกไปยังโหลด มีหน่วยเป็น (W)

ทำการทดสอบที่ความถี่ 46 Hz

ตารางที่ 5.2

ผลทดสอบหาประสิทธิภาพของชุดมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟตรง

กำลังขาเข้า Pi (W)	กำลังขาออก Po (W)	ประสิทธิภาพของ MG-set (%)
260	0	-
420	105.6	25.1
460	132.16	28.7
620	268.80	43.3
700	347.90	49.7
920	527.68	57.3
1160	729.60	62.9
1400	918.40	65.6
1760	1177.44	66.9
1900	1321.47	69.5
2100	1459.20	69.5
2280	1587.20	69.6

ดังนั้นถ้าเราต้องการทราบประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ จะต้องนำประสิทธิภาพของผลการทดสอบจากตารางที่ 5.1 และ ประสิทธิภาพของผลการทดสอบจากตารางที่ 5.2 (ที่ค่ากำลังขาออกเท่ากัน) มาใช้หาประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ ดังสมการ(5.2)

เนื่องจาก

ประสิทธิภาพทั้งหมด = ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ x ประสิทธิภาพของ M-G set

ดังนั้น

$$\text{ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์} = \frac{\text{ประสิทธิภาพทั้งหมด}}{\text{ประสิทธิภาพ M-G set}} \times 100 \quad (\%) \quad (5.2)$$

จากผลการทดสอบในตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.2 สามารถนำมาหาประสิทธิภาพของเฉพาะตัวอินเวอร์เตอร์ โดยสมการ(5.2) แต่จะต้องปรับค่า ของประสิทธิภาพที่ได้จากตารางที่ 5.2 ให้มีค่าที่กำลังขาออกที่เท่ากันก่อน จึงจะหาประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ได้ ดังตัวอย่าง คือ หาประสิทธิภาพของตารางที่ 5.2 ที่กำลังขาออกที่ 208 วัตต์

$$\text{ประสิทธิภาพของ MG-set (ที่ Po เท่ากับ 208 W)} = \frac{(208 - 132.1)}{(268.8 - 132.1)} \times (43.3 - 28.7)$$

$$= 36.8 \ \%$$

ตารางที่ 5.3

ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์

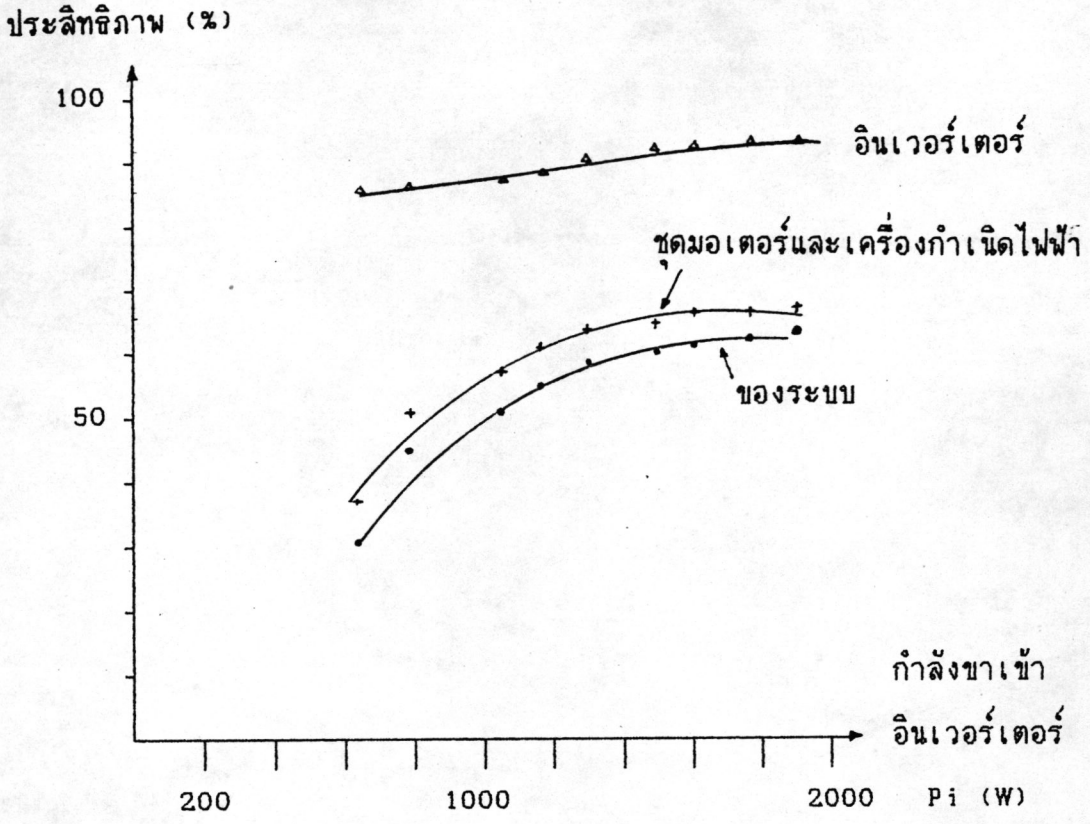
กำลังขาเข้าอินเวอร์เตอร์ Pi (W)	กำลังขาออกที่จ่ายให้โหลด Po (W)	ประสิทธิภาพ (%)		
		จากตารางที่		ของอินเวอร์เตอร์
		5.1	5.2	
630	208	31.8	36.8	86.3
792	360	44.0	50.2	87.6
1054	544	50.4	57.8	87.2
1152	624	53.0	60.0	88.3
1299	760	57.2	63.3	90.4
1490	896	59.0	64.0	92.2
1609	996	60.7	66.0	92.0
1735	1093	61.8	66.5	93.0
1948	1260	63.7	68.4	93.1

นำค่าในตารางที่ 5.1,5.2 และ 5.3 นำไปเขียนกราฟได้ดังแสดงในภาพที่ 5.3

กราฟเส้นที่ 1 แสดงประสิทธิภาพของทั้งอินเวอร์เตอร์และ M-G set

กราฟเส้นที่ 2 แสดงประสิทธิภาพของ M-G set

กราฟเส้นที่ 3 แสดงประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 5.3 กราฟแสดงประสิทธิภาพที่ได้จากตารางที่ 5.1 , 5.2 และ 5.3

2. <u>การทดสอบหาการคงค่า(regulation)</u> ได้แบ่งออกเป็น 2 แบบ

1) ทดสอบหาการคงค่าเมื่อเปลี่ยนแรงดันขาเข้า(line regulation)

2) ทดสอบหาการคงค่าเมื่อเปลี่ยนโหลด(load regulation)

2.1 <u>ทดสอบหาการคงค่าเมื่อเปลี่ยนแรงดันขาเข้า(line regulation)</u>

ทำได้โดยการให้อินเวอร์เตอร์ ที่ถูกสร้างขึ้นทำงานปกติแล้วทำการปรับแรงดันขาให้เปลี่ยนแปลง เท่ากับ $\pm$ 10 % ของแรงดันไฟปกติ (380 โวลต์) แล้วทำการวัดองค์ประกอบหลักมูลของแรงดันขาออกจากอินเวอร์เตอร์เพื่อต้องการทราบค่าการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบหลักมูลของแรงดันขาออก วงจรที่ใช้ในการทดสอบ

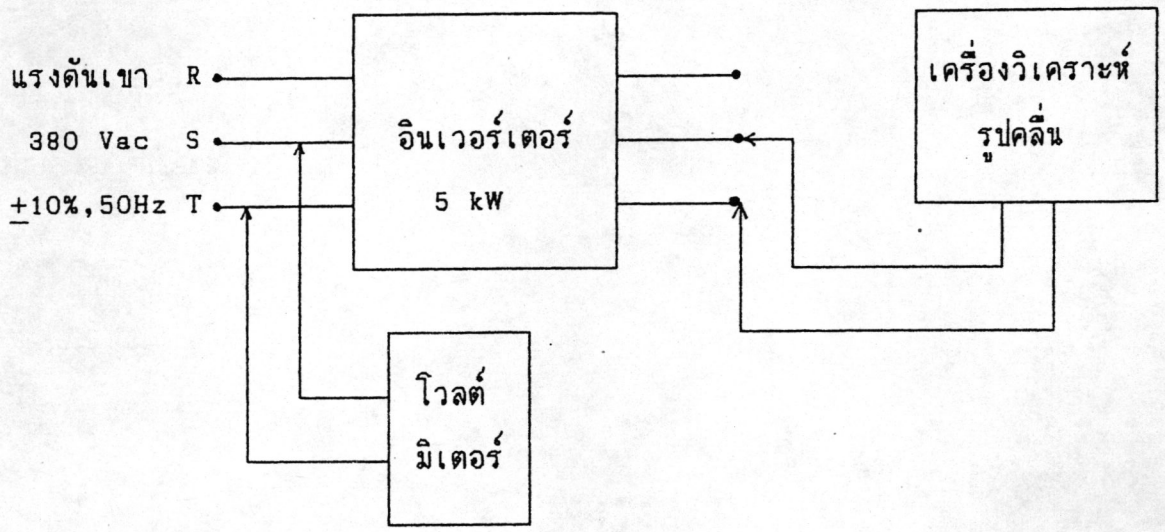
ดังแสดงในภาพที่ 5.4 ที่ใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องวิเคราะห์รูปคลื่น (wave analyzer) เพื่อทำการวัดองค์ประกอบหลักมูลของแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์ที่ค่าความถี่ต่าง ๆ กันสมการ การคงค่าแรงดันโดยการเปลี่ยนแรงดันขาเข้าดังสมการ(5.4)

$$\text{line regulation} = (\Delta Vo / \Delta Vi) \times 100 \quad (\%) \qquad (5.3)$$

ตารางที่ 5.4

ผลการวัด การคงค่าแรงดันโดยการเปลี่ยนแรงดันขาเข้า(line regulation)

ความถี่ (Hz)	ค่าองค์ประกอบหลักมูล ที่แรงดันขาเข้า			line regulation เท่ากับ
	340 V	380 V	420 V	$(\Delta Vo / \Delta Vi) \times 100$ (%)
20	150.1	152	153.9	4.75
25	188.3	190	191.6	4.12
30	226.3	228	229.7	4.25
35	257.8	260	262.1	5.37
40	301.9	304	306.0	5.12
45	339.8	342	344.2	5.50
50	339.6	342	344.3	5.87



ภาพที่ 5.4 วงจรที่ใช้วัดค่าองค์ประกอบหลักมูลของแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์

2.2 การทดสอบหาการคงค่าเมื่อเปลี่ยนโหลด(load regulation)

มีวิธีการทดสอบได้โดยการคงค่าแรงดันไฟสลับขาเข้าอินเวอร์เตอร์ไว้ที่ 380 โวลต์และทำการเพิ่มโหลด จากค่าต่ำสุดไปยังค่าสูงสุด เพื่อทำการวัดองค์ประกอบหลักมูล ของแรงดันขาออกจากอินเวอร์เตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 5.4 จากสมการ ต่อไปนี้สามารถ หาการคงค่าเมื่อเปลี่ยนโหลดได้ดังในตารางที่ 5.5

$$\text{load regulation} = \frac{V_{\text{no load}} - V_{\text{full load}}}{V_{\text{full load}}} \times 100 \quad (\%) \qquad (5.4)$$

ตารางที่ 5.5

ผลการทดสอบหา การคงค่าแรงดันโดยการเปลี่ยนโหลด (line regulation)

ค่าที่ทำการวัด	เงื่อนไขในการทดสอบ		หมายเหตุ
	ขณะไม่มีโหลด	ขณะโหลดเต็ม	
กระแสโหลด	0 A	20 A	คงค่าแรงดันขาเข้า 380 โวลต์
องค์ประกอบหลักมูลของแรงดัน	327.45 V	326.50 V	

load regulation = (327.45-326.5) / 326.5 x 100

= 0.29 %

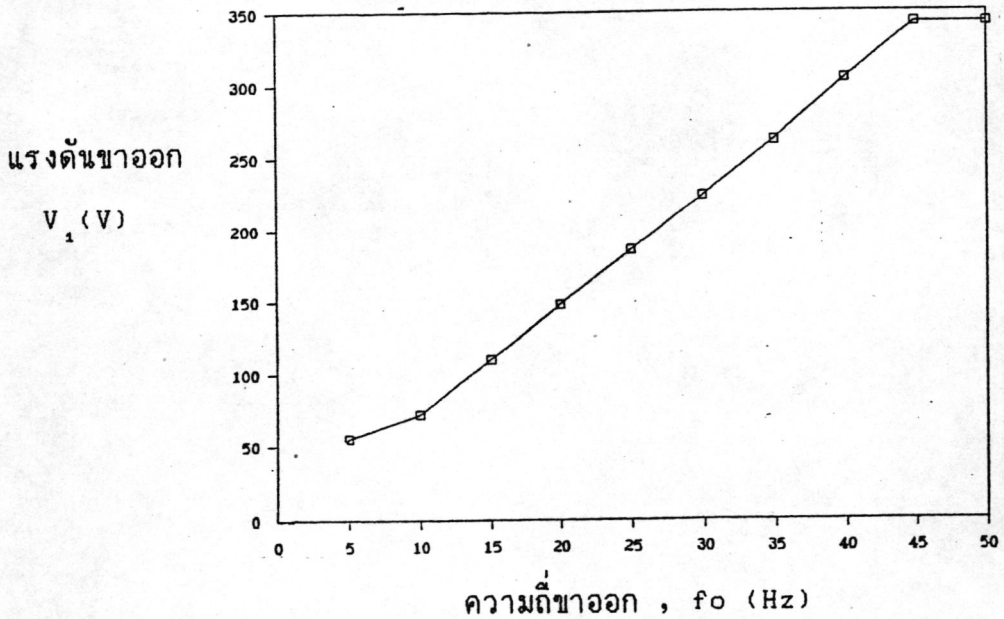
3. <u>การทดสอบหาความสัมพันธ์ของแรงดันกับความถี่ขาออก</u>

ทำได้โดยการปรับความถี่ที่ออกจากตัวอินเวอร์เตอร์ และทำการวัดความถี่และวัดแรงดันด้วยเครื่องวิเคราะห์รูปคลื่น (wave analyzer) เพื่อวัดเฉพาะองค์ประกอบหลักมูลของแรงดัน ที่ความถี่ต่างๆ ผลการทดสอบดังในตารางที่ 5.6 กราฟความสัมพันธ์ของความถี่และแรงดันดังภาพที่ 5.5

ตารางที่ 5.6

ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ขาออกกับค่าองค์ประกอบหลักมูล
ของแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์

ความถี่ขาออก fo(Hz)	ค่าองค์ประกอบหลักมูล ของแรงดันขาออก V_1(V)
5	55
10	72
15	110
20	148
25	186
30	224
35	262
40	304
45	342
50	342



ภาพที่ 5.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและความถี่ขาออกของอินเวอร์เตอร์

4. การทดสอบหาองค์ประกอบหลักมูล และ ค่าฮาร์มอนิกส์รวมในแต่ละความถี่

การทดสอบทำได้โดยการใช้เครื่องวิเคราะห์สัญญาณ วัดขนาดของแรงดันขาออกในแต่ละเท่าของความถี่หลักมูล ดังตารางที่ 5.7

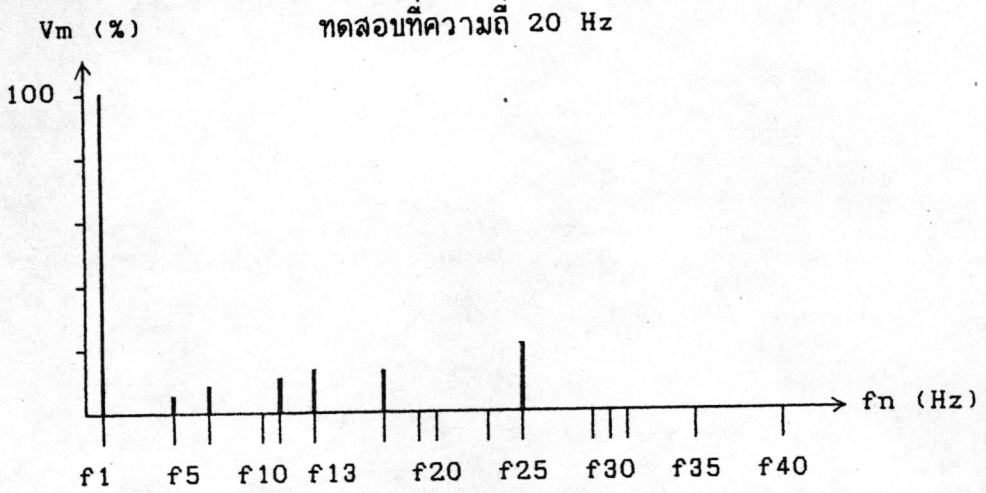
วิธีการคำนวณหา ฮาร์มอนิกส์รวม (total hamonic distrotion, THD)

$$THD = \frac{\sqrt{V_5^2+V_7^2+V_{11}^2+V_{13}^2+V_{17}^2+V_{19}^2+V_{23}^2+V_{25}+V_{29}^2}}{\sqrt{V_1^2+V_5^2+V_7^2+V_{11}^2+V_{13}^2+V_{17}^2+V_{19}^2+V_{23}^2+V_{25}^2+V_{29}^2}} \times 100\ (\%) \quad (5.5)$$

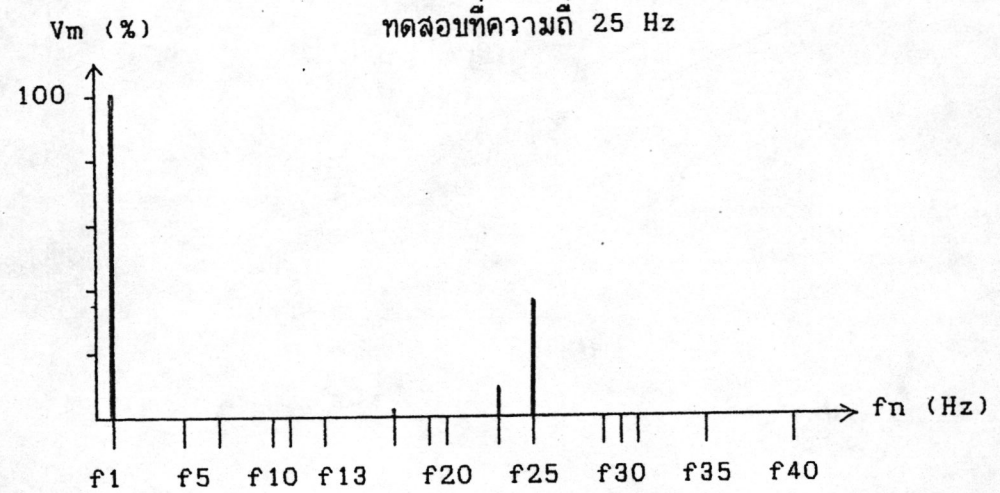
ตารางที่ 5.7 (ก)

ฮาร์มอนิกส์ ของแรงดันขาออก เมื่อความถี่หลักมูลเท่ากับ 20 Hz

ความถี่ (Hz)	อันดับของความถี่ (f_n)	เปอร์เซนต์แรงดัน (%)	หมายเหตุ
20	f_1	100	
100	f_5	5	
140	f_7	7	
220	f_{11}	12	THD = 37.8 %
260	f_{13}	17	
340	f_{17}	14	
380	f_{19}	0	
500	f_{25}	23	



ภาพที่ 5.6 แสดงแอมปลิจูดของแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์
ที่อันดับความถี่(fn)ต่างๆ เทียบกับแอมปลิจูดที่ความถี่หลักมูล



ภาพที่ 5.7 แสดงแอมปลิจูดของแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์
ที่อันดับความถี่(fn)ต่างๆ เทียบกับแอมปลิจูดที่ความถี่หลักมูล

ตารางที่ 5.7 (ข)

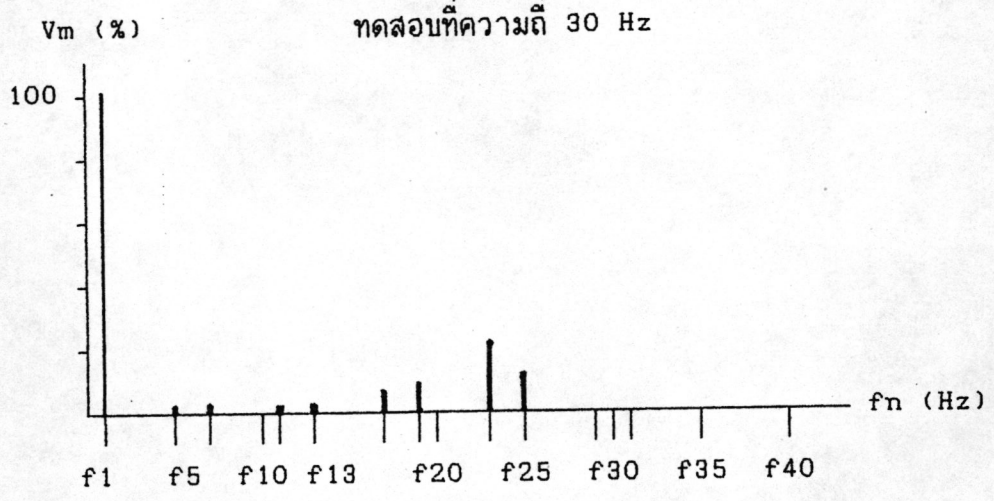
ฮาร์มอนิกส์ ของแรงดันขาออก เมื่อความถี่หลักมูลเท่ากับ 25 Hz

ความถี่ (Hz)	อันดับของความถี่ (f_n)	เปอร์เซนต์แรงดัน (%)	หมายเหตุ
25	f_1	100.0	
125	f_5	0.57	
175	f_7	0.246	
275	f_{11}	0.43	THD = 34.5 %
325	f_{13}	0.286	
425	f_{17}	2.14	
475	f_{19}	0.428	
575	f_{23}	8.75	
625	f_{25}	35.70	

ตารางที่ 5.7(ค)

ฮาร์มอนิกส์ ของแรงดันขาออก เมื่อความถี่หลักมูลเท่ากับ 30 Hz

ความถี่ (Hz)	อันดับของความถี่ (f_n)	เปอร์เซนต์แรงดัน (%)	หมายเหตุ
30	f_1	100.0	
150	f_5	4.3	
210	f_7	4.7	
330	f_{11}	1.2	
390	f_{13}	3.7	THD = 30.7 %
510	f_{17}	4.95	
570	f_{19}	6.1	
690	f_{23}	24.75	
750	f_{25}	12.37	

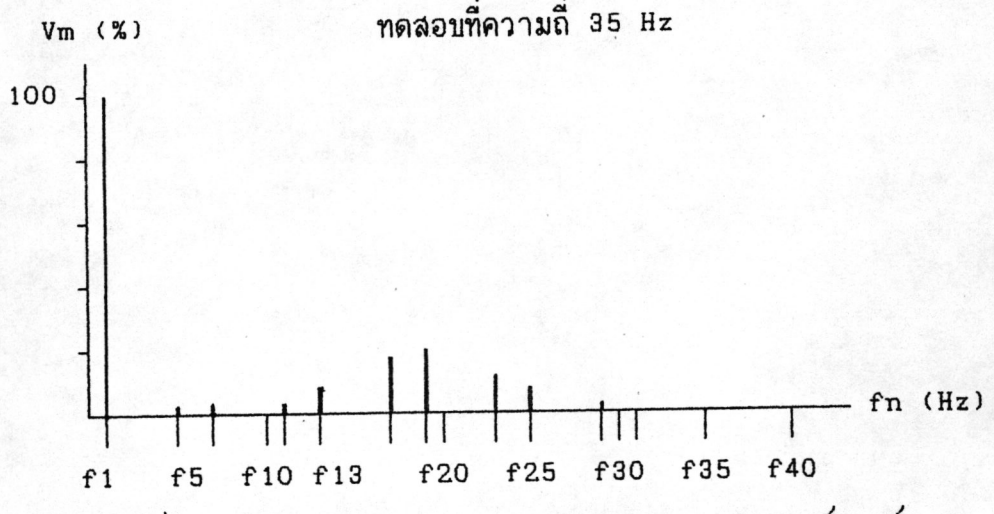


ภาพที่ 5.8 แสดงแอมปลิจูดของแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์
ที่อันดับความถี่(fn)ต่างๆ เทียบกับแอมปลิจูดที่ความถี่หลักมูล

ตารางที่ 5.7 (ง)

ฮาร์มอนิกส์ ของแรงดันขาออก เมื่อความถี่หลักมูลเท่ากับ 35 Hz

ความถี่ (Hz)	อันดับของความถี่ (f_n)	เปอร์เซนต์แรงดัน (%)	หมายเหตุ
35	f_1	100.00	
175	f_5	4.64	
245	f_7	4.33	
385	f_{11}	1.95	
455	f_{13}	6.70	THD = 22.5 %
595	f_{17}	16.50	
665	f_{19}	18.50	
805	f_{23}	11.30	
875	f_{25}	7.20	
1015	f_{29}	3.60	

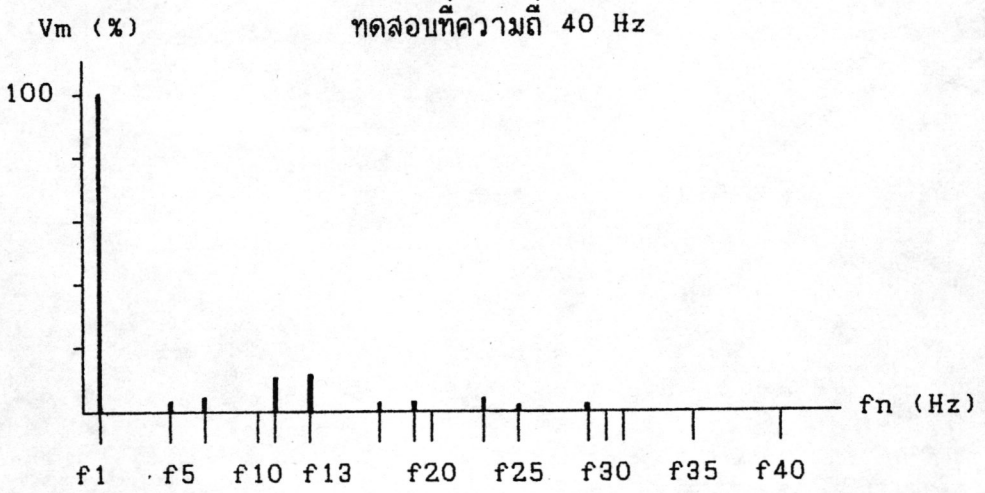


ภาพที่ 5.9 แสดงแอมปลิจูดของแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์
ที่อันดับความถี่(fn)ต่างๆ เทียบกับแอมปลิจูดที่ความถี่หลักมูล

ตารางที่ 5.7 (จ)

ฮาร์มอนิกส์ ของแรงดันขาออก เมื่อความถี่หลักมูลเท่ากับ 40 Hz

ความถี่ (Hz)	อันดับของความถี่ (f_n)	เปอร์เซนต์แรงดัน (%)	หมายเหตุ
40	f_1	100.00	
200	f_5	3.90	
280	f_7	7.20	
440	f_{11}	11.90	
520	f_{13}	11.10	
680	f_{17}	4.43	THD = 20.8 %
760	f_{19}	3.20	
920	f_{23}	6.65	
1000	f_{25}	3.10	
1160	f_{29}	4.00	

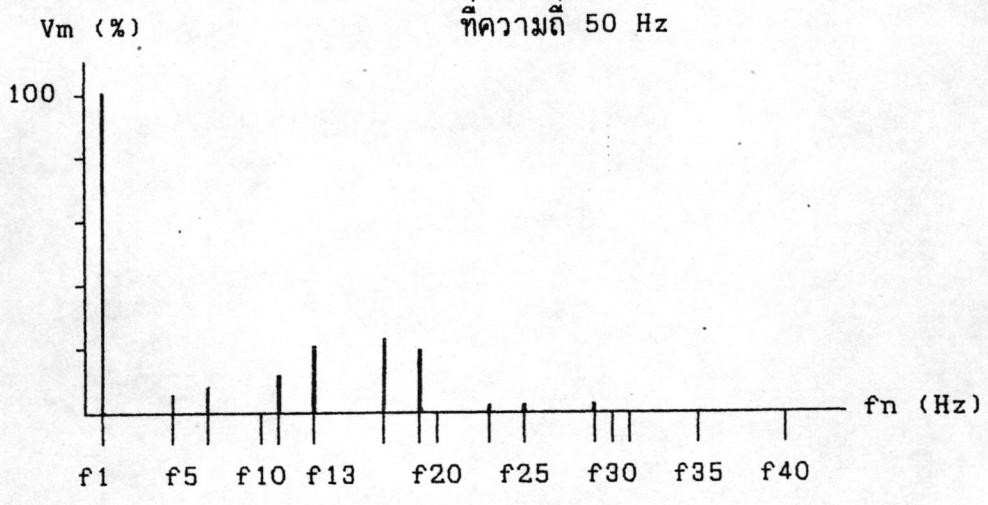


ภาพที่ 5.10 แสดงแอมปลิจูดของแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์ ที่อันดับความถี่(fn)ต่างๆ เทียบกับแอมปลิจูดที่ความถี่หลักมูล

ตารางที่ 5.7 (ฉ)

ฮาร์มอนิกส์ ของแรงดันขาออก เมื่อความถี่หลักมูลเท่ากับ 50 Hz

ความถี่ (Hz)	อันดับของความถี่ (f_n)	เปอร์เซนต์แรงดัน (%)	หมายเหตุ
50	f_1	100.00	
250	f_5	6.40	
350	f_7	8.80	
550	f_{11}	10.40	
650	f_{13}	18.00	
850	f_{17}	20.80	THD = 34.7 %
950	f_{19}	17.60	
1150	f_{23}	3.68	
1250	f_{25}	5.60	
1450	f_{29}	4.00	



ภาพที่ 5.11 แสดงแอมปลิจูดของแรงดันขาออกของอินเวอร์เตอร์
ที่อันดับความถี่(fn)ต่างๆ เทียบกับแอมปลิจูดที่ความถี่หลักมูล

5. การทดสอบคุณสมบัติพลวัต (dynamic characteristic)

5.1 ขั้นตอนที่ 1 ทำการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบจ่ายไฟโดยตรง (direct on line start) และการหยุดมอเตอร์โดยการตัดไฟออก จากภาพที่ 5.12 จะสังเกตได้ว่าเวลาในการเริ่มเดินใช้เวลา 0.7 วินาที และการหยุดใช้เวลา 12 วินาที ขณะไม่มีโหลด

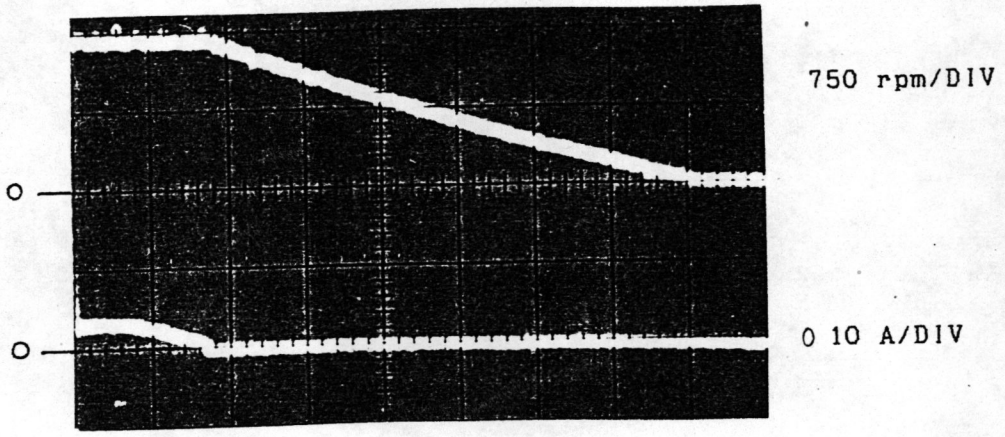
5.2 ขั้นตอนที่ 2 ทำการศึกษาคุณสมบัติ ในขณะที่อินเวอร์เตอร์เริ่มจ่ายไฟให้กับมอเตอร์และตัดไฟออกจากมอเตอร์ โดยการบันทึกค่ากระแส และความเร็ว โดยออสซิลโลสโคป โดยในตอนในการทดสอบดังต่อไปนี้ ทำการต่อมอเตอร์กับอินเวอร์เตอร์ดังภาพที่ 5.1 ขณะไม่มีโหลด และตั้งค่าจำกัดกระแส (current limit) ไว้ที่ ค่าต่าง ๆ กัน แล้วทำการปรับค่าตัวต้านทาน VR3 ให้มีอัตราการเพิ่มของความถี่จาก 5 Hz จนถึง 50 Hz ใช้เวลา 1 วินาที และทำการเริ่มเดินเครื่องให้มีความเร็วของมอเตอร์เริ่มจากหยุดนิ่งจนถึงพิกัด

ผลการทดสอบ

ภาพที่ 5.13 ปรับค่าจำกัดกระแสไว้ที่ 10 A. ทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ เพิ่มจากค่าหยุดนิ่งไปยังค่าความเร็วพิกัด เป็นเวลา 4 วินาที สาเหตุที่ความเริ่มเพิ่มขึ้นช้า เพราะวงจรจำกัดกระแสจำกัดไม่ให้กระแสไหลเข้ามอเตอร์เกิน 10 A. ถ้ากระแสเกินก็จะทำการลดทั้งความถี่และแรงดันลงดังได้กล่าวในหัวข้อที่ 2ในบทที่ 4

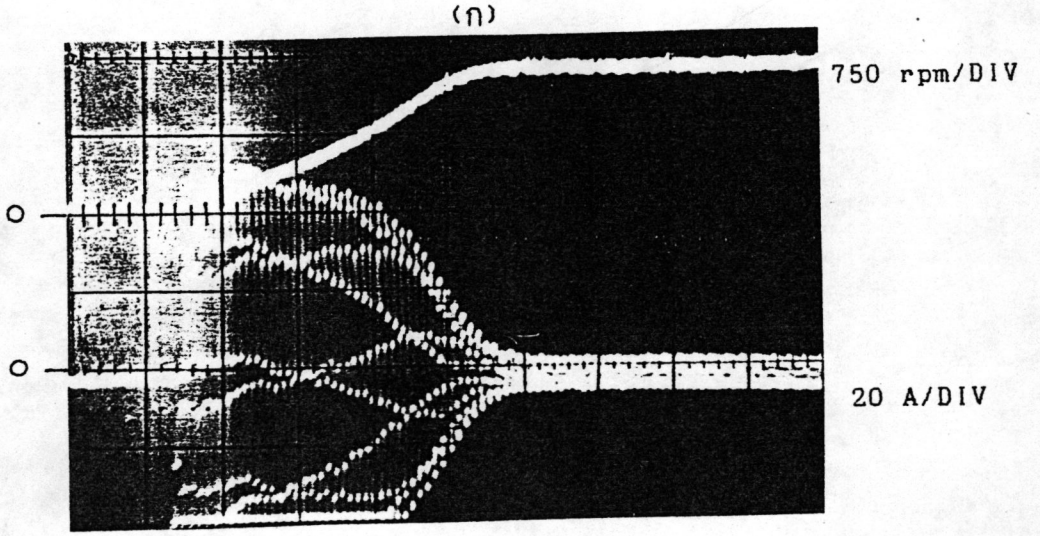
ภาพที่ 5.14 ทำการเพิ่มค่าจำกัดกระแส ของอินเวอร์เตอร์ให้มีค่า 15 A. จะสังเกตได้ว่า เวลาในการเพิ่มของความเร็วจากค่าหยุดนิ่งไปยังค่าความเร็พิกัดลดลงเป็น 2 วินาที

ภาพที่ 5.15 ตั้งค่าจำกัดกระแสไว้ให้มีค่าเท่ากับ 25A จะใช้เวลาในการเพิ่มความเร็วจากค่าหยุดนิ่งไปยังค่าความเร็วพิกัดน้อยที่สุด เท่ากับ 1 วินาที ซึ่งใกล้เคียงกับการทดสอบในขั้นตอนที่ 1 แต่กระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์จะสูงประมาณ 20 A



: สเกลเวลา 2 วินาทีต่อช่อง

(ก)



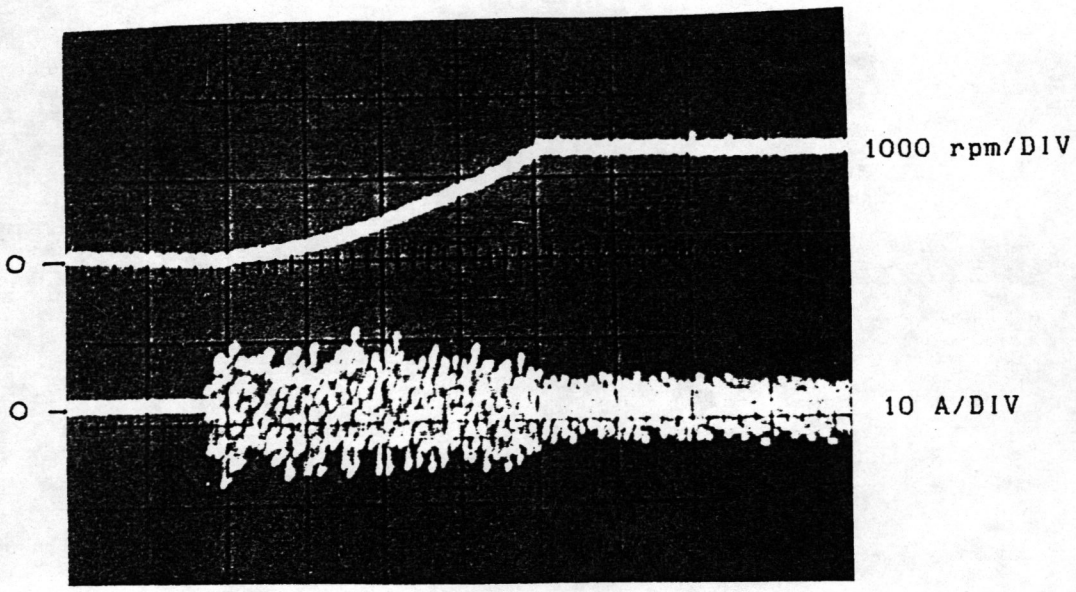
: สเกลเวลา 1 วินาทีต่อช่อง

(ข)

ภาพที่ 5.12 (ก):รูปแสดงสัญญาณความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อทำการเดินเครื่อง และหยุดเดิน เครื่องโดยการ จ่ายไฟสลับ และหยุดจ่ายไฟสลับ ตามลำดับ

(ข):รูปบน แสดงสัญญาณความเร็วของการเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์แบบจ่ายไฟเข้าโดยตรง(direct on line start)

:รูปล่าง แสดงขนาดของกระแสที่ไหลในมอเตอร์

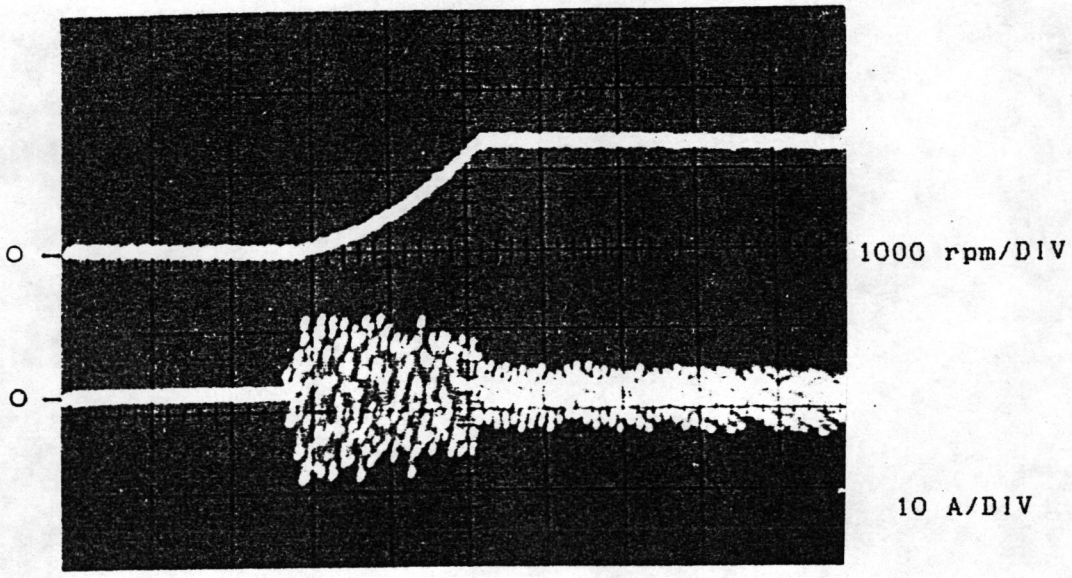


: สเกลเวลา 1 วินาทีต่อช่อง

ภาพที่ 5.13: รูปบน แสดงสัญญาณความเร็วรอบของมอเตอร์

: รูปล่าง แสดงกระแสที่ไหลในมอเตอร์

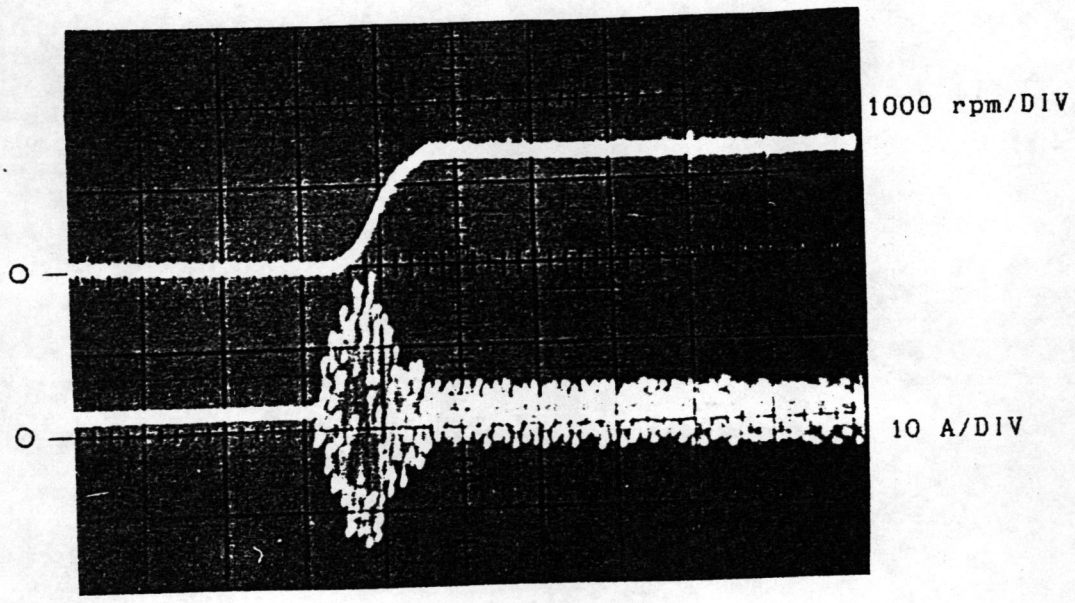
โดยทำการตั้งค่าจำกัดกระแสของอินเวอร์เตอร์ไว้ที่ 10 A



: สเกลเวลา 1 วินาทีต่อช่อง

ภาพที่ 5.14: รูปบน แสดงสัญญาณความเร็วรอบของมอเตอร์

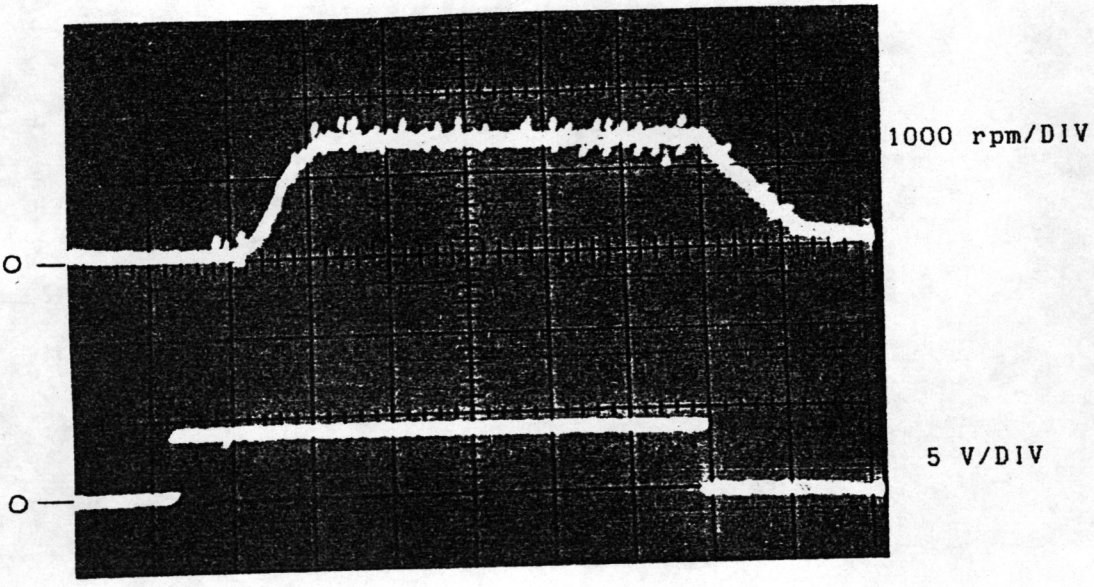
: รูปล่าง แสดงกระแสในมอเตอร์เมื่อตั้งค่าจำกัดกระแสที่ 15 A



: สเกลเวลา 1 วินาทีต่อช่อง

ภาพที่ 5.15 : รูปบน แสดงสัญญาณความเร็วรอบของมอเตอร์

: รูปล่าง แสดงกระแสในมอเตอร์เมื่อตั้งค่าจำกัดกระแสที่ 25 A



: สเกลเวลา 1 วินาทีต่อช่อง

ภาพที่ 5.16 : รูปบน แสดงสัญญาณความเร็วมอเตอร์

: รูปล่าง แสดงสัญญาณควบคุมความเร็ว

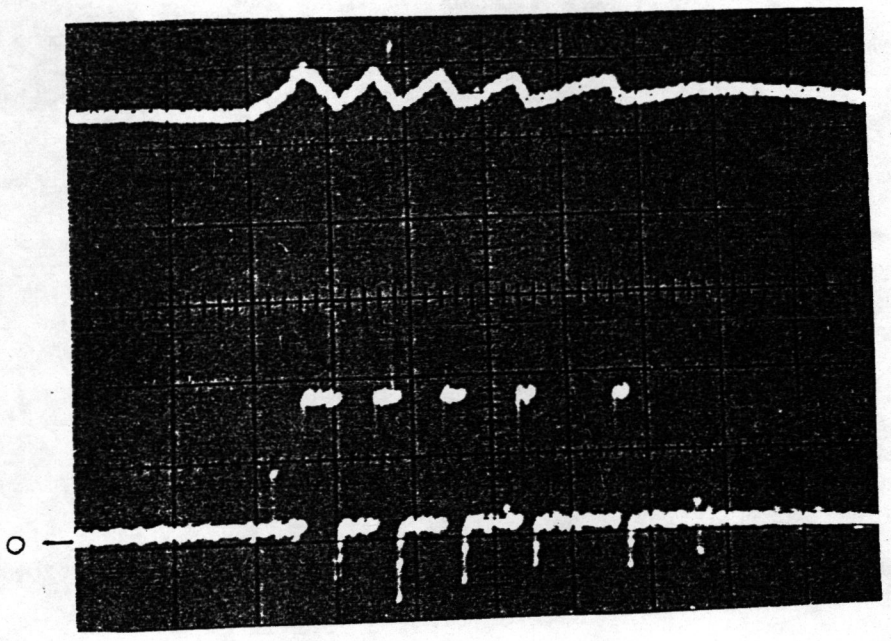
5.3 ขั้นตอนที่ 3 ทำการศึกษาผลการตอบสนองของความเร็วรอบมอเตอร์ ต่อสัญญาณควบคุมแบบขั้น (step function) และทำการปรับอินเวอร์เตอร์ให้มีเวลาการเพิ่มขึ้นของความถี่ (tacc) เท่ากับ 1 วินาที และเวลาการลดลงของความถี่ขาออกของอินเวอร์เตอร์(tdcc) เท่ากับ 1 วินาที เช่นกัน โดยตั้งค่าจำกัดกระแสมีค่าเท่ากับ 25 A ทำการบันทึกผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 5.16 การเพิ่มขึ้นของความเร็วไม่มีการจำกัดกระแสจึงสามารถเพิ่มได้เร็ว ส่วนการลดลงของความเร็วมอเตอร์ลดลงได้เร็วเนื่องจากวงจรเบรคทำงานซึ่งจะทำการทดสอบและแสดงในขั้นตอนต่อไป

5.4 ขั้นตอนที่ 4 ทำการศึกษาการทำงานของวงจรเบรคแบบพลวัต (dynamic braking) ในขณะที่อินเวอร์เตอร์ทำการลดตามถี่จาก 50 Hz มายัง 5 Hz เพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงและบันทึกค่าของแรงดันไฟตรงที่จ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์และความเร็วรอบของมอเตอร์ ในขณะมีการเบรคเกิดขึ้นและไม่มีการเบรค

ผลการทดสอบ

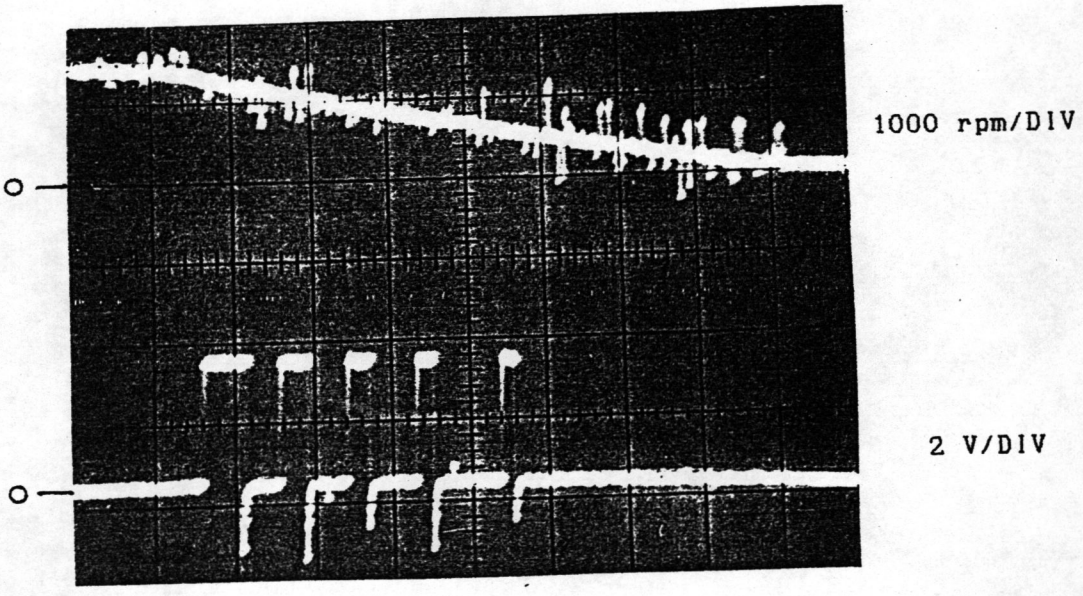
ภาพที่ 5.16 ทำการลดความเร็ว จากค่าพิกัดลงมายังค่าต่ำสุดโดยการลดค่าสัญญาณควบคุมทันที ความเร็วจะลดลงมาเป็นศูนย์โดยใช้เวลาเพียง 1 วินาที

ภาพที่ 5.17 แรงดันไฟตรงที่จ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อลดความถี่ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ โดยการลดลงของสัญญาณควบคุม จนแรงดันไฟตรงมีค่าประมาณ 560 โวลต์ วงจรเบรคก็จะเริ่มทำงานและเมื่อแรงดันที่เปลี่ยนแปลงต่ำกว่าค่าขอบเขตฮีสเตอร์ริซิสด้านล่าง (ที่แรงดันประมาณ 530 โวลต์) วงจรเบรคก็จะหยุดทำงาน และจะเริ่มทำงานอีกเมื่อแรงดันสูงกว่าที่ตั้งไว้ สำหรับค่าที่ตั้งไว้ของแรงดันเบรคนี้ถ้ามีค่าต่ำลงก็จะสามารถเบรคได้รวดเร็วยิ่งขึ้นซึ่งสามารถปรับค่าได้ที่วงจรควบคุมการเบรคดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2 ของบทที่ 4



(ก)

: สเกลเวลา 0.2 วินาทีต่อช่อง



(ข)

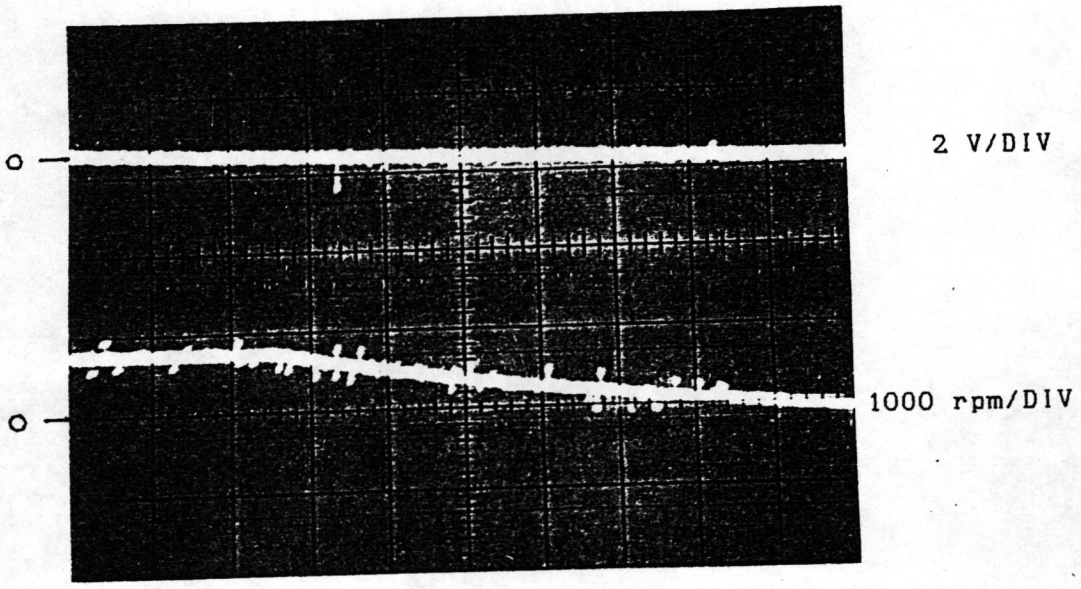
: สเกลเวลา 0.2วินาทีต่อช่อง

ภาพที่ 5.17 (ก):รูปบน แสดงระดับแรงดันไฟตรงของอินเวอร์เตอร์ขณะทำการเบรค

:รูปล่าง แสดงสัญญาณควบคุมการเบรค

(ข):รูปบน แสดงสัญญาณความเร็วในขณะเบรคใช้เวลาประมาณ 1.6 วินาที

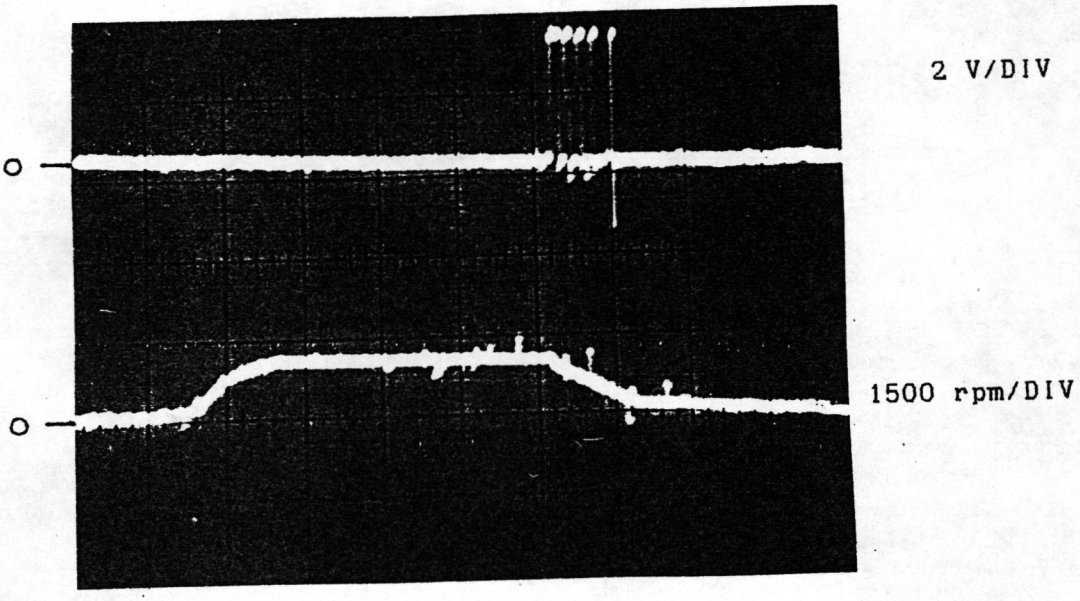
:รูปล่าง แสดงสัญญาณควบคุมการเบรค



: สเกลเวลา 1 วินาทีต่อช่อง

ภาพที่ 5.18 :รูปบน แสดงสัญญาณควบคุมในการเบรค

:รูปล่าง แสดงสัญญาณความเร็วของมอเตอร์



: สเกลเวลา 1 วินาทีต่อช่อง

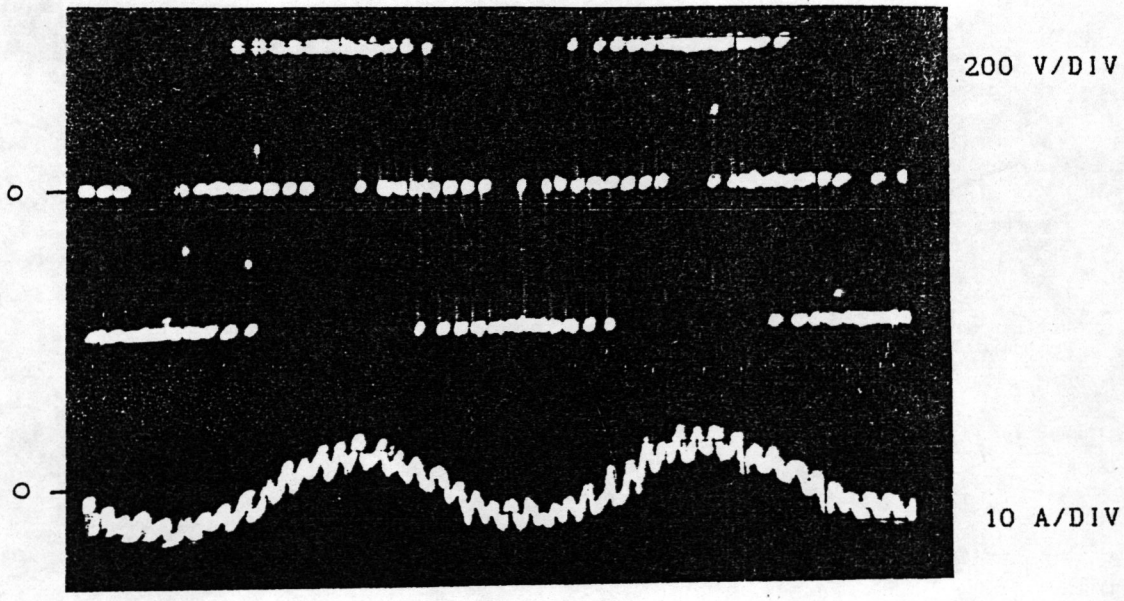
ภาพที่ 5.19 : รูปบน แสดงสัญญาณควบคุมการเบรคของอินเวอร์เตอร์

: รูปล่าง แสดงสัญญาณความเร็วของมอเตอร์

ภาพที่ 5.18 ทำการปรับให้ค่าอัตราการลดลงของความถี่มีค่ามากขึ้นประมาณ 5 วินาที จะเห็นว่าไม่มีสัญญาณควบคุมในการเบรค และความเร็วจะค่อยๆ ลดลงโดยใช้เวลาเพียง 5 วินาที ขอให้เปรียบเทียบกับการหยุดเดินเครื่องด้วยการตัดไฟจากแหล่งจ่าย(ดูภาพที่ 5.6)

ภาพที่ 5.19 เป็นการบันทึกค่าความเร็วและสัญญาณเบรคในขณะมอเตอร์เริ่มหมุน(start) และหยุดหมุนมอเตอร์ (stop)

ภาพที่ 5.20 เป็นการบันทึกสัญญาณแรงดัน ระหว่างสายขาออกของอินเวอร์เตอร์(Vab) และ กระแสที่ไหลในตัวมอเตอร์(Ia) ที่ความถี่ 45 Hz



ภาพที่ 5.20 รูปบน : แรงดันระหว่างสายขาออกของอินเวอร์เตอร์(Vab)
รูปล่าง : กระแสในสายที่ไหลเข้ามอเตอร์(Ia)