

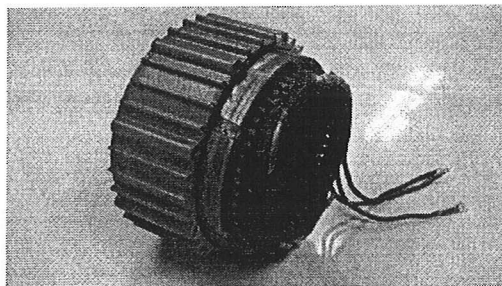
บทที่ 4

ผลการจำลองการทำงาน และผลการทดสอบ

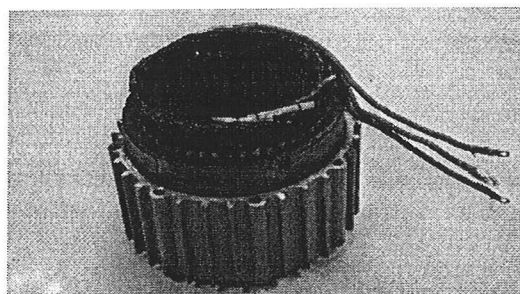
ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการสร้าง ทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และผลจากการจำลองการทำงานระบบผลิตไฟฟ้าแบบพลังงานลมชนิดแม่เหล็กถาวรขนาด 1 กิโลวัตต์ จากโปรแกรม MATLAB/Simulink รวมถึงการสร้างวงจรรักษาระดับแรงดัน

4.1 ผลการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ขนาด 1 กิโลวัตต์

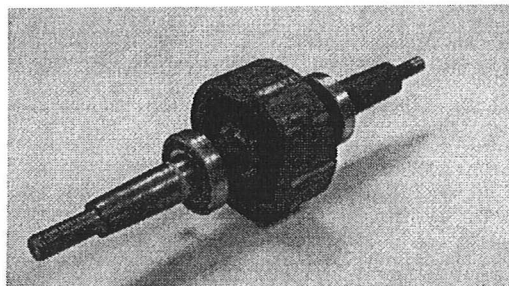
การพันขดลวดจะพันแบบ Whole Coil 48 Slot 48 ขด Double Layer ใช้ขดลวดทองแดง เบอร์ 21 ทนกระแสสูงสุดได้ 1.2 แอมป์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7239 mm. จะพันได้เต็ม 20 รอบ ของสเตเตอร์พอดี



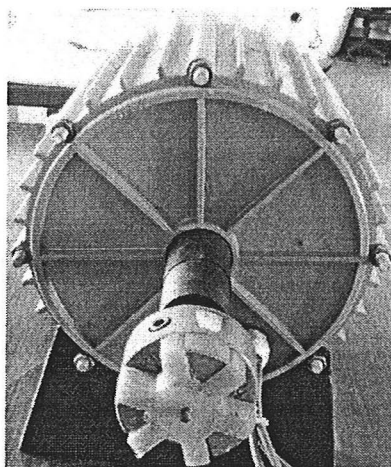
ภาพที่ 4.1 สเตเตอร์ที่พันขดลวด 3 เฟส



ภาพที่ 4.2 สเตเตอร์ที่พันขดลวด 3 เฟส



ภาพที่ 4.3 โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพที่ 4.4 ด้านหลังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรแบบ 3 เฟส

4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ขนาด 1 kW

การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวรแบบ 3 เฟส โดยวัดและบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงบิด กำลังเอาต์พุต และคำนวณหา กำลังอินพุตกับประสิทธิภาพแสดงดังภาพที่ 4.5 โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบ

4.1.1 โดยการทดสอบที่โหลดคงที่ ความเร็วเปลี่ยนแปลง

ทำการทดสอบความเร็วรอบตั้งแต่ 300-700 rpm ต่อโหลดความต้านทานปรับค่าได้ขนาด 100 วัตต์ โดยมีการแสดงผล เป็นกราฟดังนี้

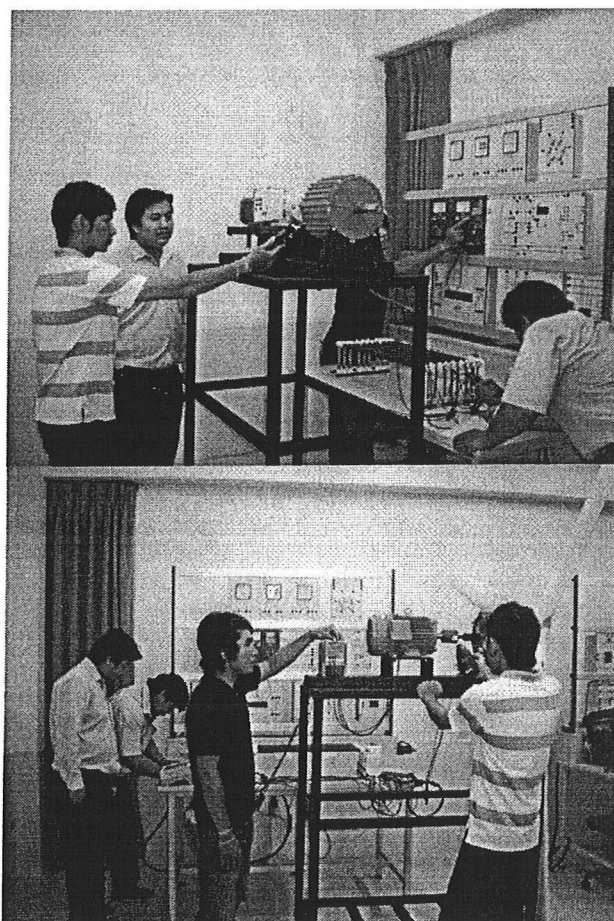
1. กำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบขณะจ่ายโหลด ดังแสดงในภาพที่ 4.6
2. แรงดันไฟฟ้าและความเร็วรอบขณะจ่ายโหลด ดังแสดงในภาพที่ 4.7

3. กำลังอินพุตและกำลังเอาต์พุตขณะจ่ายโหลด ดังแสดงในภาพที่ 4.8
4. แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด ดังแสดงในภาพที่ 4.9
5. กำลังเอาต์พุตและกระแสไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด ดังแสดงในภาพที่ 4.10
6. ประสิทธิภาพและกระแสไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด ดังแสดงในภาพที่ 4.11
7. เปรียบเทียบแรงดัน กำลังอินพุต เอาต์พุต และประสิทธิภาพกับกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 4.12

4.1.2 โดยการทดสอบที่ความเร็วคงที่ โหลดเปลี่ยนแปลง

ทำการทดสอบความเร็วคงที่ 500 rpm ต่อโหลดความต้านทานปรับค่าได้ตั้งแต่ 0 - 1,000 วัตต์ โดยมีการแสดงผล เป็นกราฟดังนี้

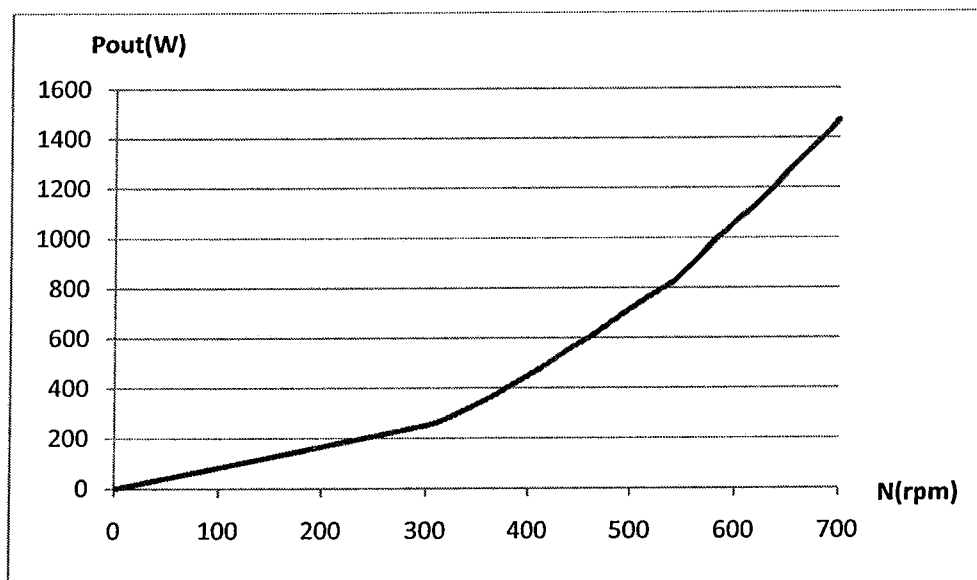
1. ประสิทธิภาพและกำลังเอาต์พุตขณะจ่ายโหลด ดังแสดงในภาพที่ 4.13



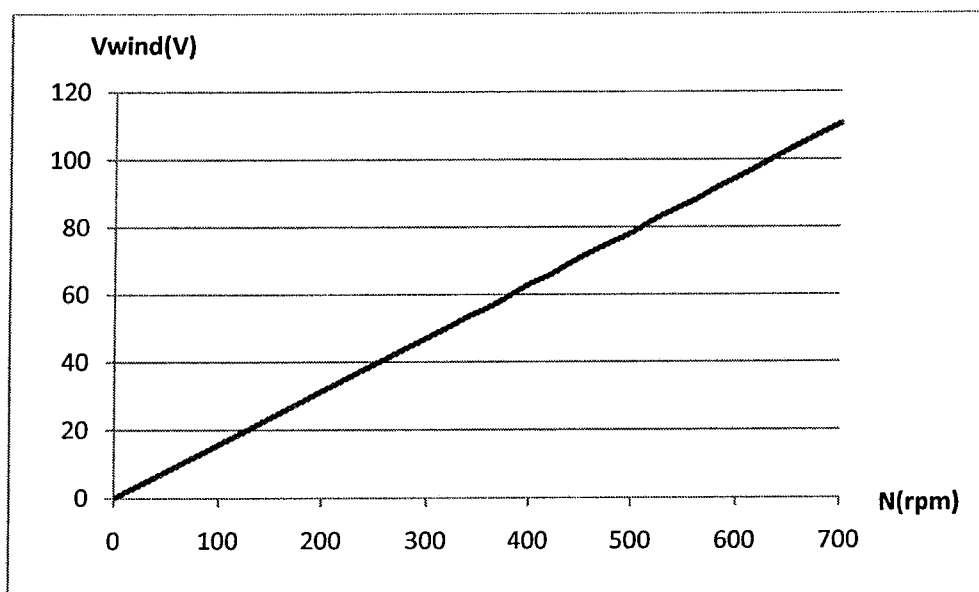
ภาพที่ 4.5 แสดงการทดสอบการหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบแม่เหล็กถาวร

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ขนาด 1 kW โหลดคงที่
และความเร็วเปลี่ยนแปลง

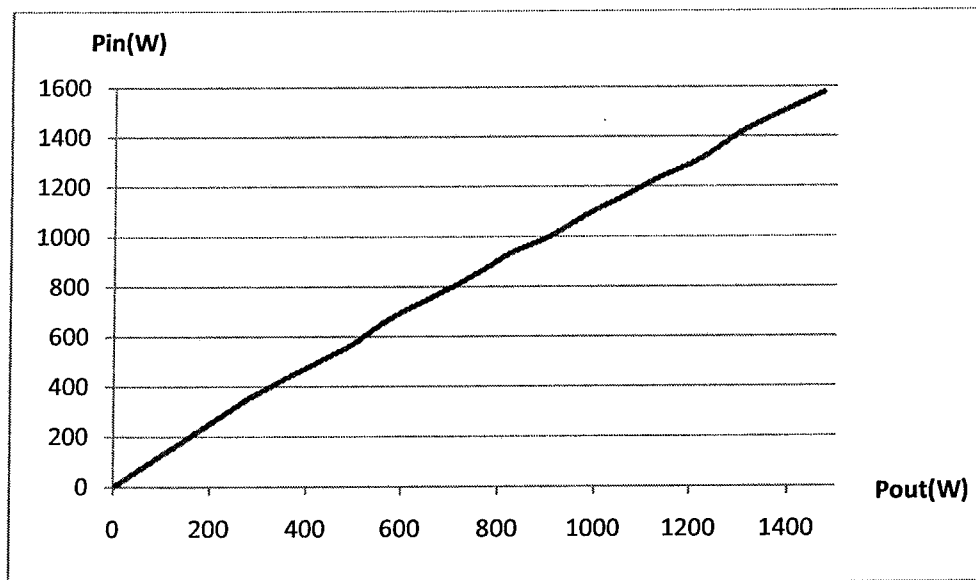
N(rpm)	Vwind(V)	Iwind(A)	Tshaft(N.m)	Pin(W)	Pout(W)	η (%)
0	0	0	0	0	0	0
300	47.1	2.52	10	314.159	250.7	79.800
320	50.2	2.69	10.5	351.858	279.6	79.464
340	53.5	2.87	11	391.652	317.7	81.118
360	56.2	3.01	11.5	433.540	357.6	82.484
380	59.6	3.21	12	477.522	403.5	84.499
400	63.1	3.39	12.5	523.599	450.7	86.077
420	65.8	3.56	13	571.770	499.8	87.413
440	69.3	3.75	14	645.074	554.5	85.959
460	75.5	3.91	14.5	698.481	601.7	86.144
480	79.5	4.08	15	753.982	659.5	87.469
500	83.2	4.24	15.5	811.578	717.7	88.433
520	85.1	4.53	16	871.268	771.8	88.583
540	88.2	4.73	16.5	933.053	823.6	88.269
560	90.1	4.91	17	996.932	901.2	90.397
580	92.6	5.12	18	1093.274	988.2	90.389
600	94.6	5.28	18.5	1162.389	1062.2	91.381
620	97.8	5.45	19	1233.599	1132.9	91.837
640	101.2	5.62	19.5	1306.903	1217.7	93.175
660	104.4	5.83	20.5	1416.858	1304.1	92.042
680	107.5	5.98	21	1495.398	1382.7	92.464
700	110.5	6.15	21.5	1576.032	1472.1	93.405



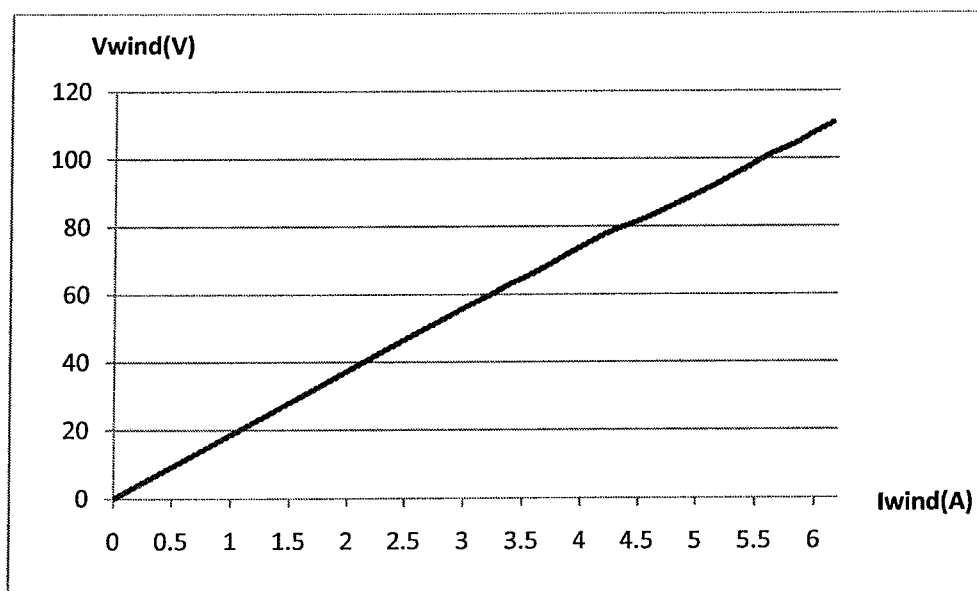
ภาพที่ 4.6 กำลังเอาต์พุตและความเร็วรอบขณะจ่ายโหลด



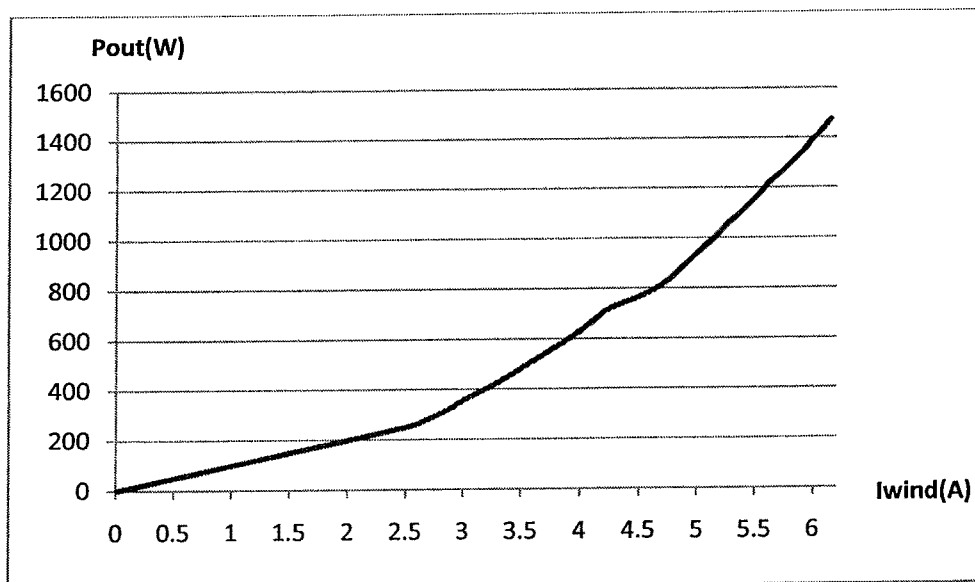
ภาพที่ 4.7 แรงดันไฟฟ้าและความเร็วรอบขณะจ่ายโหลด



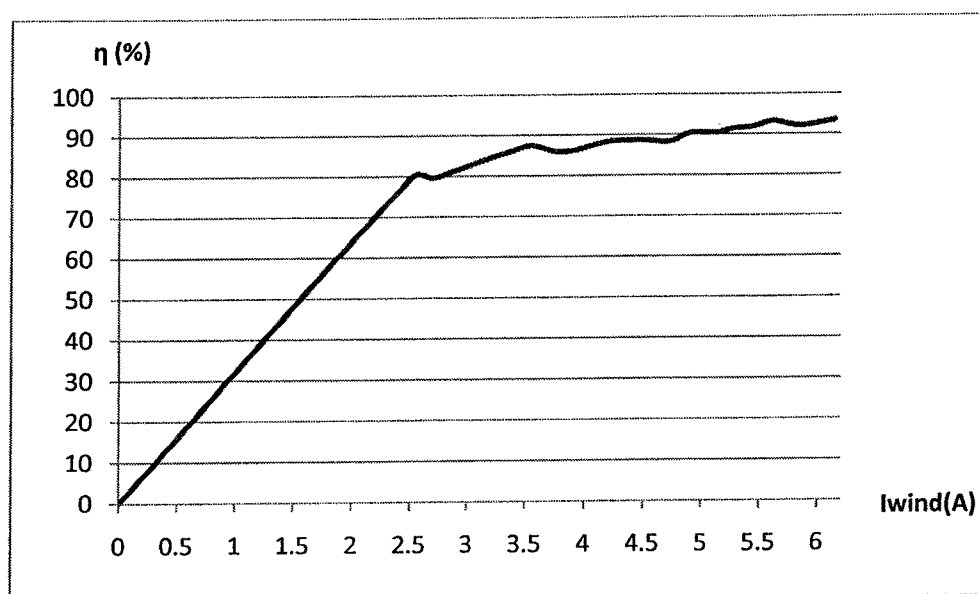
ภาพที่ 4.8 กำลังอินพุตและกำลังเอาต์พุตขณะจ่ายโหลด



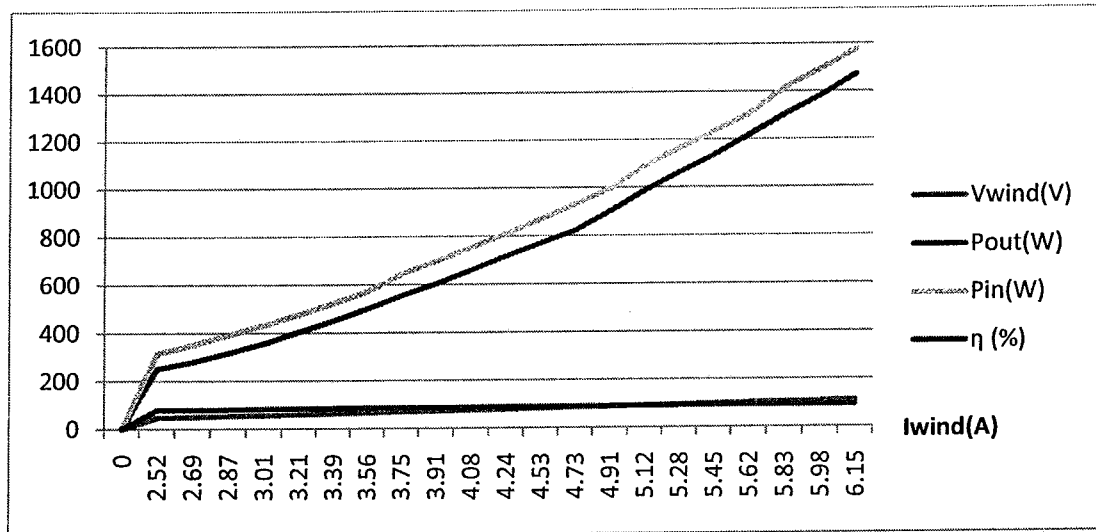
ภาพที่ 4.9 แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด



ภาพที่ 4.10 กำลังเอาต์พุตและกระแสไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด



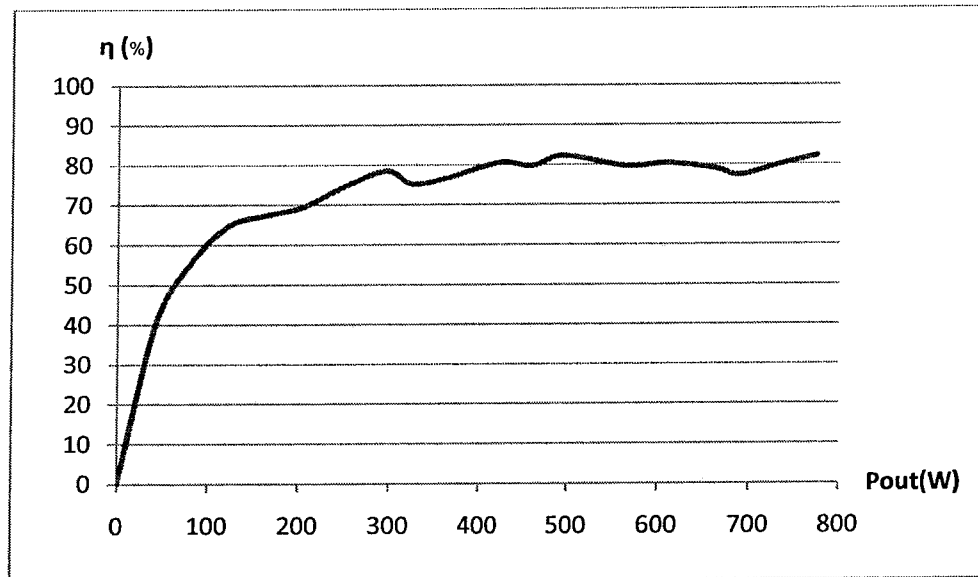
ภาพที่ 4.11 ประสิทธิภาพและกระแสไฟฟ้าขณะจ่ายโหลด



ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบแรงดัน กำลังเอาต์พุต อินพุต และประสิทธิภาพกับกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ขนาด 1 kW ความเร็ว
คงที่ และโหลดเปลี่ยนแปลง

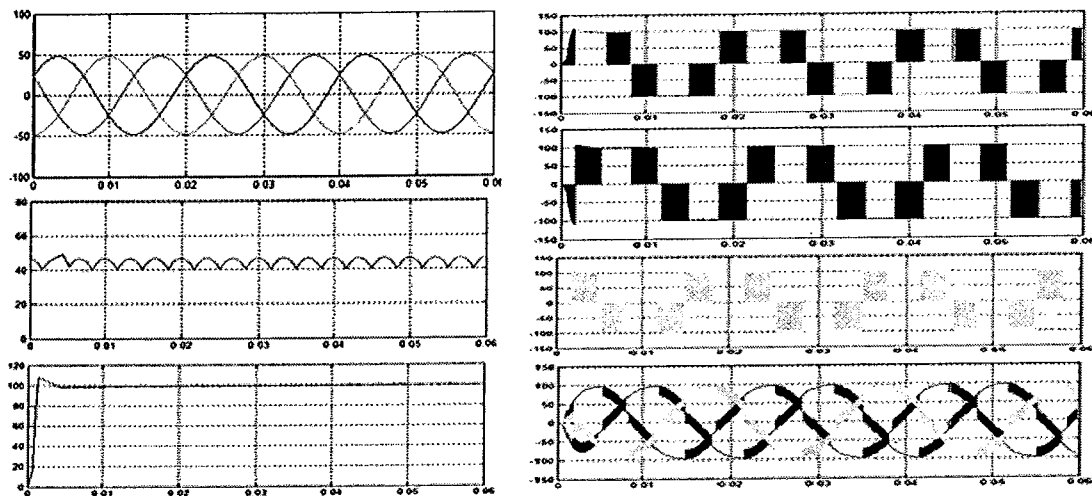
N(rpm)	Vwind(V)	Iwind(A)	Tshaft(N.m)	Pin(W)	Pout(W)	η (%)
0	0	0	0	0	0	0
500	80.8	0.63	2	104.720	42.8	40.871
500	80.6	0.66	2.8	146.608	81.9	55.863
500	80.5	0.86	3.6	188.496	122.2	64.829
500	80.1	1.14	4.6	240.855	162.3	67.385
500	79.9	1.43	5.6	293.215	203.6	69.437
500	79.7	1.76	6.4	335.103	250.4	74.723
500	79.4	2.03	7.2	376.991	295.9	78.490
500	79.2	2.31	8.2	429.351	323.2	75.276
500	79.2	2.64	9	471.239	360.9	76.585
500	79.1	2.98	10	523.599	421.7	80.539
500	78.8	3.29	11	575.959	459.3	79.745
500	78.5	3.56	11.5	602.139	495.4	82.273
500	78.4	3.99	13.5	706.858	563.1	79.662
500	77.9	4.31	14.5	759.218	609.8	80.319
500	77.6	4.67	16	837.758	661.6	78.973
500	77.4	5.09	17	890.118	688.4	77.338
500	77	5.34	17.5	916.298	732.6	79.952
500	76.8	5.79	18	942.478	774.1	82.135



ภาพที่ 4.13 ประสิทธิภาพและกำลังเอาต์พุตขณะจ่ายโหลด

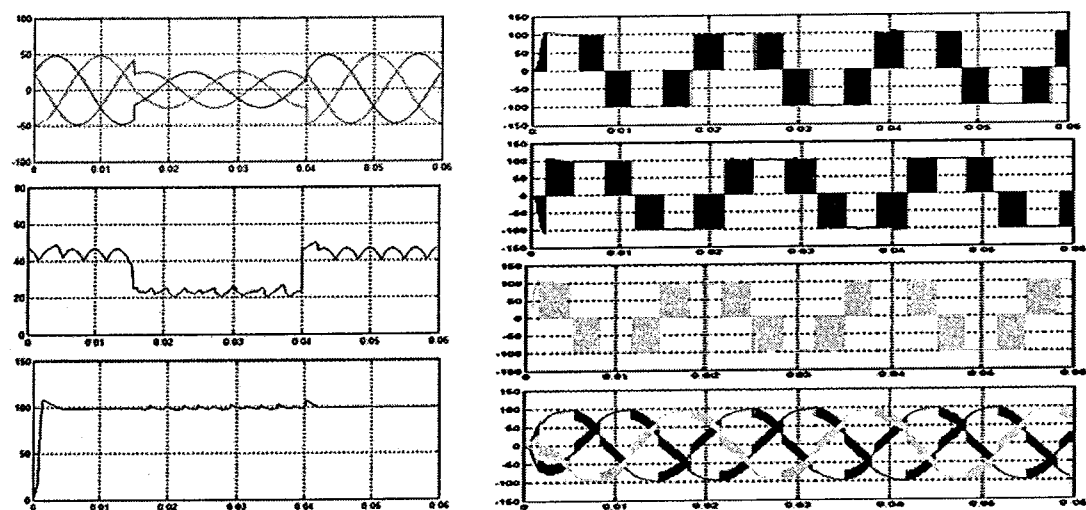
4.3 ผลการจำลองระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

การจำลองที่สภาวะแรงดันอินพุตคงที่ 48V ระบบสามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 100 V และมีความเสถียรภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 การจำลองที่สภาวะแรงดันอินพุตคงที่ 48V ระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 100 V

การจำลองที่สภาวะแรงดันอินพุตไม่คงที่ ระบบสามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 100 V ในกรณีเกิดแรงดันตกชั่วคราว และมีความเสถียรภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.15

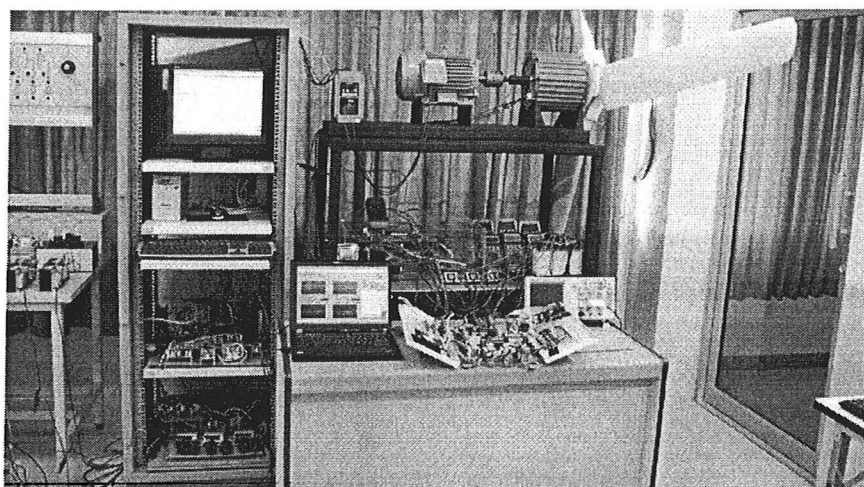


ภาพที่ 4.15 การจำลองที่สภาวะแรงดันอินพุตไม่คงที่ ในกรณีเกิดแรงดันตกชั่วคราว

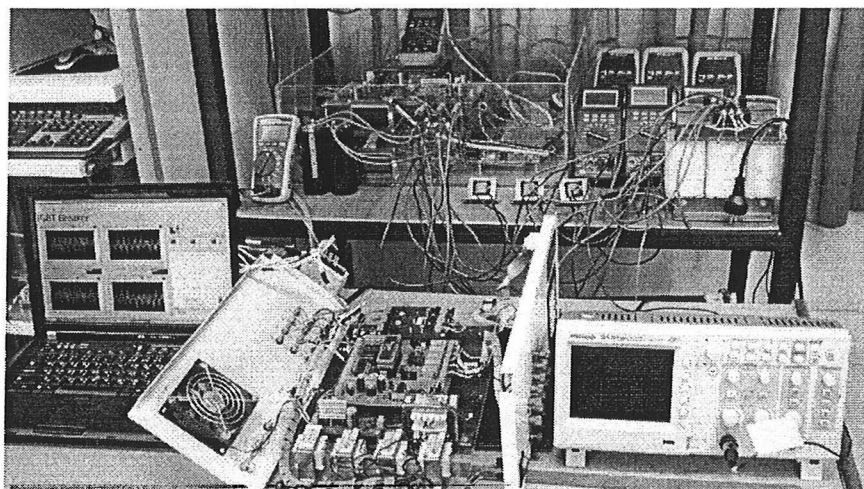


4.4 ผลการทดสอบระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

การทดสอบที่สภาวะแรงดันอินพุตคงที่ 48V ระบบสามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V และมีความเสถียรภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.16



(ก)

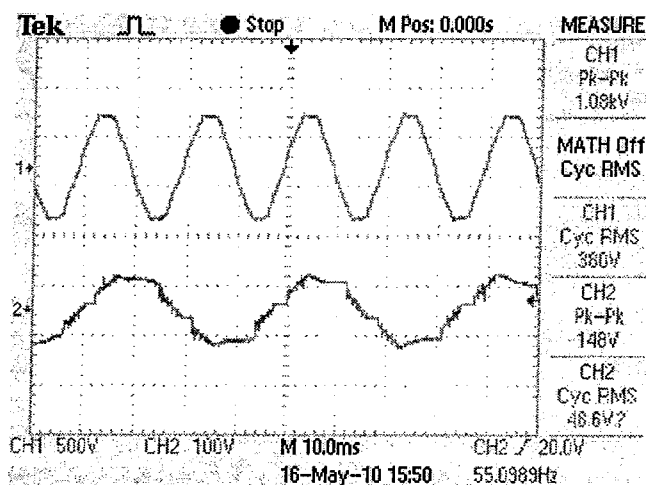


(ข)

ภาพที่ 4.16 การทดสอบที่สภาวะแรงดันอินพุตคงที่ 48V ระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V

4.4.1 ผลการทดสอบระดับแรงดันอินพุตที่ 48V รักษาแรงดันเอาต์พุตที่ 380 V

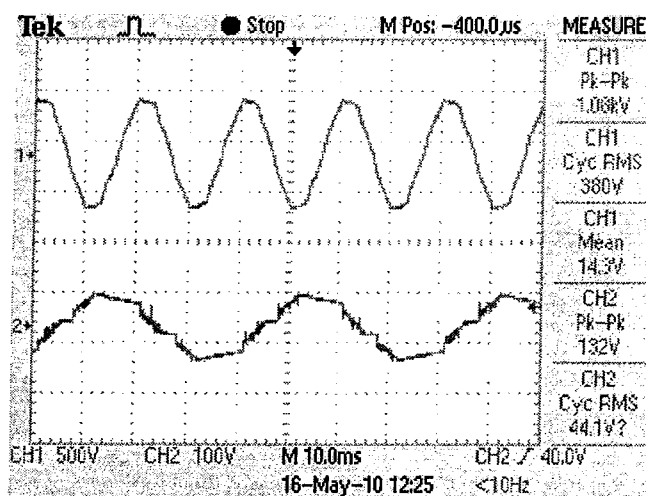
ผลการทดสอบที่สภาวะแรงดันอินพุตคงที่ 48V ระบบสามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V และมีความเสถียรภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 แรงดันอินพุตคงที่ 48V รักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V

4.4.2 ผลการจำลองแรงดันอินพุตต่ำสุด รักษาระดับแรงดันคงที่ 380 V

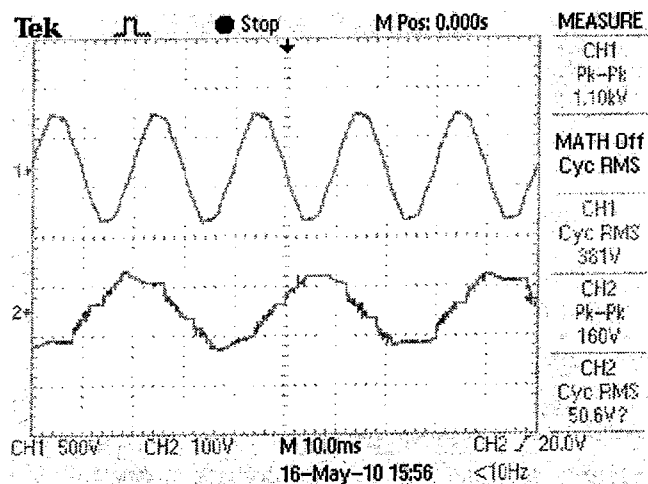
การจำลองที่สภาวะแรงดันอินพุตต่ำสุดอยู่ที่ 44.1 V ระบบสามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V ดังแสดงในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 แรงดันอินพุตต่ำสุดอยู่ที่ 44.1 V รักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V

4.4.3 ผลการจำลองแรงดันอินพุตสูงสุด รักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V

การจำลองที่สภาวะแรงดันอินพุตสูงสุดอยู่ที่ 50.6 V ระบบสามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V ดังแสดงในภาพที่ 4.19



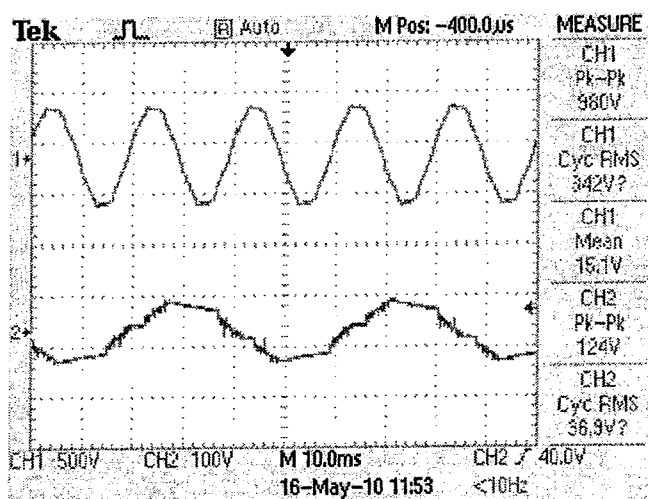
ภาพที่ 4.19 แรงดันอินพุตสูงสุดอยู่ที่ 50.6 V รักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V

4.4.4 ผลการจำลองแรงดันอินพุตที่สภาวะแรงดันต่ำเกิน และ แรงดันสูงเกิน ตามข้อกำหนดมาตรฐาน IEEE และ IEC ที่ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ $\pm 10\%$ (342V - 418V)

การจำลองระดับแรงดันเอาต์พุตที่ความคลาดเคลื่อน $\pm 10\%$ ตามมาตรฐาน IEEE และ IEC โดยอ้างอิงจากแรงดันเอาต์พุต 380 V จะมีความคลาดเคลื่อน $\pm 10\%$ อยู่ที่ 342 V ถึง 418 V

4.4.4.1 ผลการทดสอบระดับ แรงดันเอาต์พุต 342 V

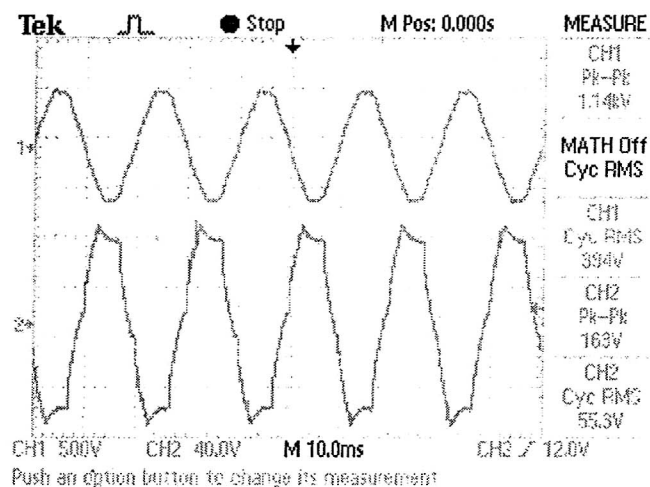
การทดสอบที่แรงดันต่ำเกิน ระดับแรงดันอยู่ที่ 36.9 V ระบบรักษาแรงดันเอาต์พุต 342 V ดังแสดงในภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 แรงดันต่ำเกินระดับแรงดันอยู่ที่ 36.9 V แรงดันเอาต์พุต 342 V

4.4.4.2 ผลการทดสอบระดับแรงดันเอาต์พุต 418 V

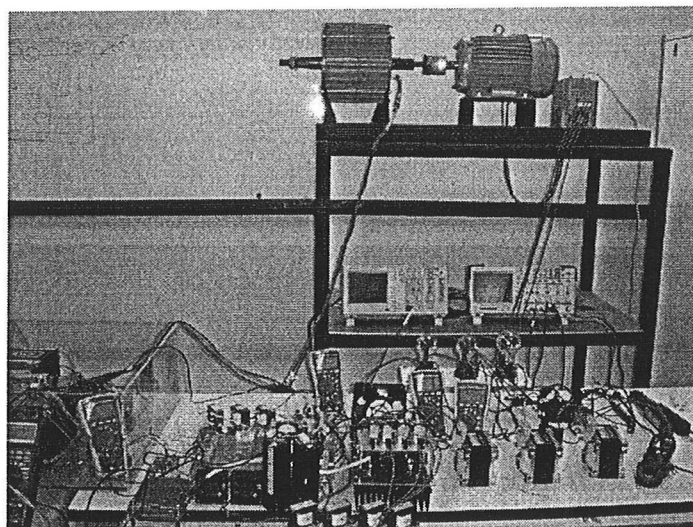
การจำลองที่แรงดันสูงเกิน ระดับแรงดันอยู่ที่ 55.3 V ระบบรักษาแรงดันเอาต์พุตสูงสุดที่ 394 V ดังแสดงในภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 แรงดันสูงเกินระดับแรงดันอยู่ที่ 55.3 V แรงดันเอาต์พุตสูงสุดที่ 394 V

4.5 ผลการทดสอบระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้วยวงจรพวง-พูลคอนเวอร์เตอร์

การทดสอบที่สภาวะแรงดันอินพุตคงที่ 48 V ระบบสามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V ด้วยวงจรพวง-พูลคอนเวอร์เตอร์ และมีความเสถียรภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.22



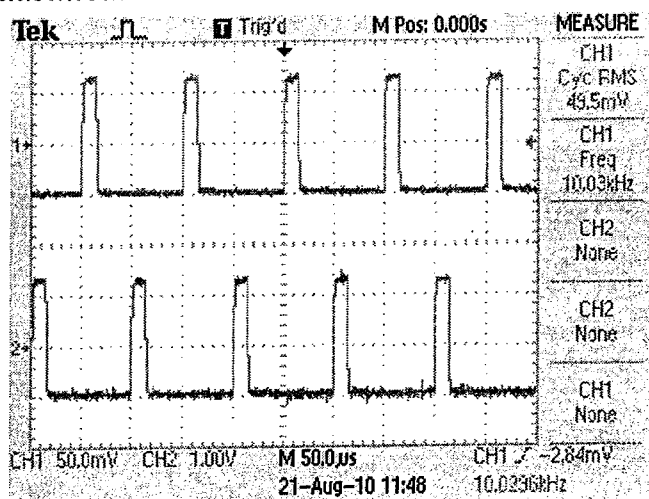
ภาพที่ 4.22 การทดสอบที่สภาวะแรงดันอินพุตคงที่ 48V ระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสกลับ

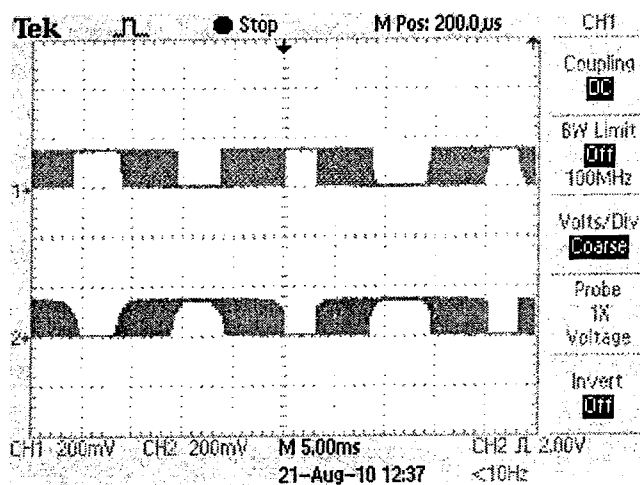
Vwind(V)	Vrectifier(V)	Vboost(V)	Iboost(A)	Vpush-pull(V)	Ipush-pull(A)	Vinverter	Iinverter
10.1	10.4	14.5	1.21	59.5	0.16	35.8	0.17
21.7	25.8	37.5	2.13	183.4	0.29	111.9	0.27
28.2	35.3	51.9	2.62	261.5	0.35	160.5	0.35
31.9	40.4	59.1	2.84	299.2	0.38	183.8	0.39
42.9	54.8	80.7	3.53	424.3	0.48	260.5	0.51
50.2	64.9	98.5	3.92	506.4	0.53	312.2	0.57
53.4	69.2	102.3	4.17	548.4	0.56	336.1	0.61
57.2	74.5	109.5	4.42	585.2	0.58	360.5	0.62
58.5	76.3	111.2	4.56	600.1	0.59	380.6	0.63
60.8	79.8	115.1	4.62	619.5	0.61	382.2	0.66
65.5	85.6	116.2	4.63	624.3	0.62	384.3	0.67
70.2	91.4	117.3	4.64	629.1	0.63	386.4	0.68

4.5.1 ผลการทดสอบระดับแรงดันอินพุตที่ 48V รักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 300 V

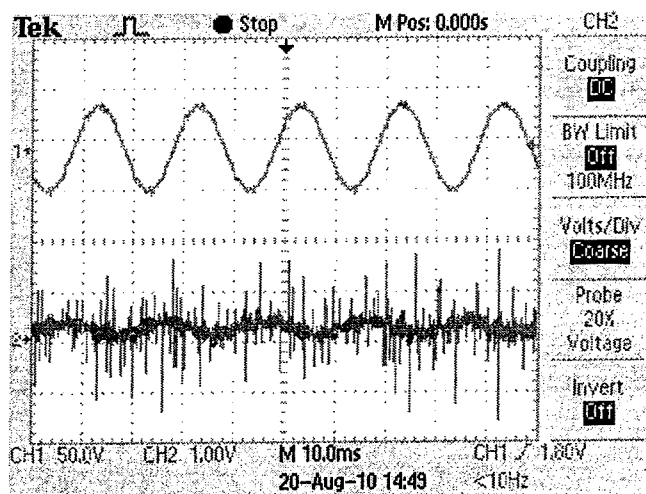
ผลการทดสอบที่สถานะแรงดันอินพุตคงที่ 48V ระบบสามารถรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตคงที่ 300 V และมีความเสถียรภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.23 ถึงภาพที่ 4.25



ภาพที่ 4.23 สัญญาณรับวงจรพ่วง



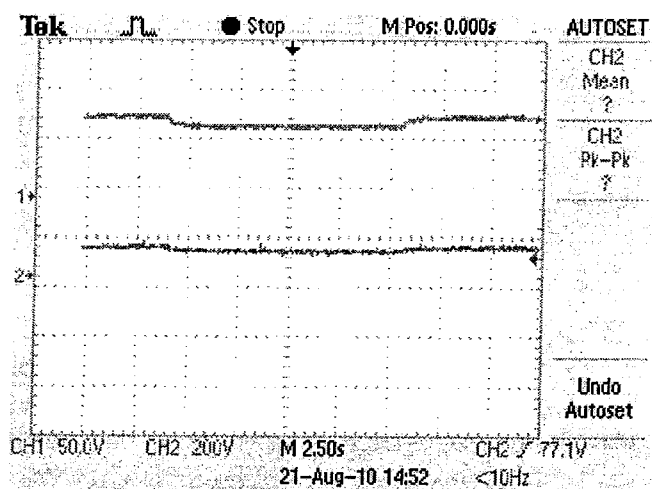
ภาพที่ 4.24 สัญญาณขั้ววงจรอินเวอร์เตอร์สามเฟส



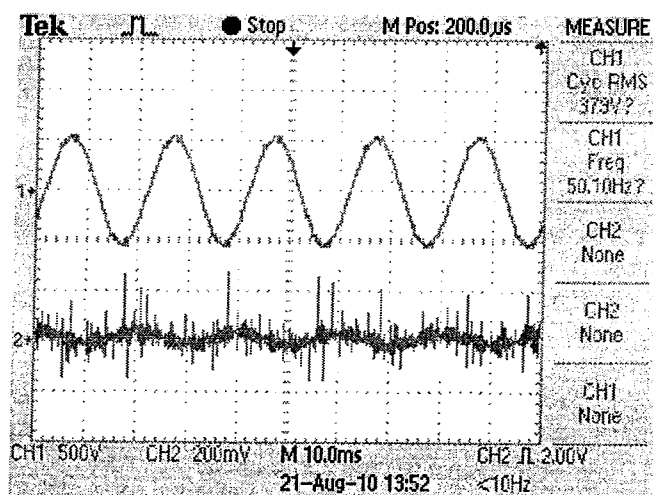
ภาพที่ 4.25 ระดับแรงดันอยู่ที่ 48 V แรงดันเอาต์พุตที่ 300 V

4.5.2 ผลการทดสอบระดับแรงดันอินพุตที่ 60 V รักษาแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V

ผลการทดสอบที่สภาวะแรงดันอินพุตคงที่ 60 V ระบบสามารถรักษาแรงดันเอาต์พุตคงที่ 380 V และมีความเสถียรภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.26 และภาพที่ 4.27



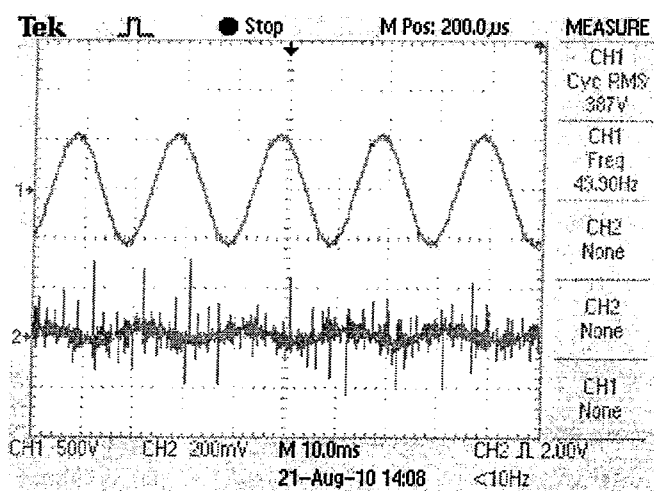
ภาพที่ 4.26 แรงดันวงจรเรียงกระแส และแรงดันวงจรทบระดับเมื่อสภาวะเปลี่ยนแปลงแรงดัน



ภาพที่ 4.27 ระดับแรงดันอยู่ที่ 60 V แรงดันเอาต์พุตที่ 380 V

4.5.3 ผลการทดสอบระดับแรงดันอินพุตที่ 70 V รักษาแรงดันเอาต์พุตคงที่ 387 V

ผลการทดสอบที่สภาวะแรงดันอินพุตที่ 70 V ระบบสามารถรักษาแรงดันเอาต์พุตคงที่ 387 V และมีความเสถียรภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.28



ภาพที่ 4.28 ระดับแรงดันอยู่ที่ 70 V แรงดันเอาต์พุตที่ 387 V