

บทที่ 5

ผลการทดสอบอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า

5.1 บทนำ

ต้นแบบอินเวอร์เตอร์ที่สร้างขึ้นมีขนาดกำลังเอาต์พุต 1,000 วัตต์ ใช้ตัวเหนี่ยวนำ L_g ขนาด 78.8 มิลลิเฮนรี่ การทดสอบอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า ขนาดแรงดัน 230 - 240 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ และขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 85 - 136 โวลต์ เพื่อหาค่ากำลังเอาต์พุต ตัวประกอบกำลัง ประสิทธิภาพ และการตรวจสอบสถานะ Islanding ของอินเวอร์เตอร์

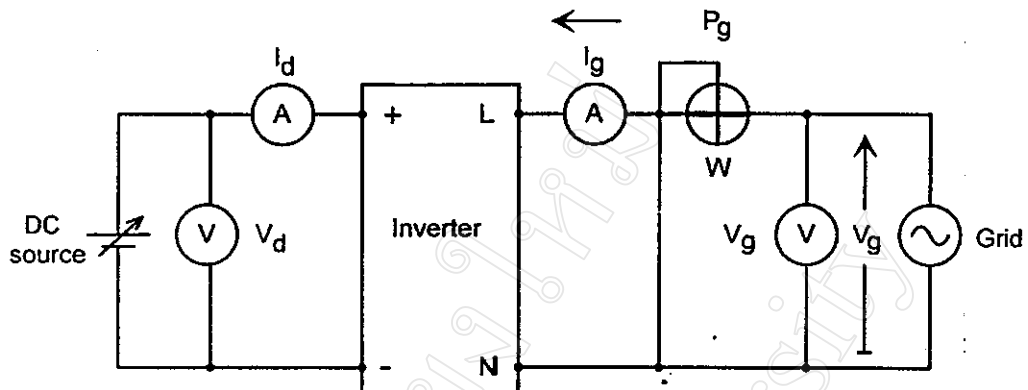
แรงดันกระแสตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งเป็นวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส เพื่อจำลองแรงดันที่เปลี่ยนแปลงระหว่าง 85-136 โวลต์ ส่วนเบคเตอร์นั้นไม่สามารถปรับระดับแรงดันได้ต่อเนื่อง แต่ใช้ทดสอบที่แรงดันกระแสตรงคงที่ได้ ซึ่งให้ผลการทดสอบที่ไม่แตกต่างจากการใช้วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส

ผลการทดสอบแบ่งเป็นสามส่วนดังต่อไปนี้

- 1) ผลการทดสอบจ่ายกำลังเอาต์พุตต่อกับกริดระบบไฟฟ้า
- 2) ผลการทดสอบควบคุมตัวประกอบกำลัง
- 3) ผลการทดสอบสถานะ Islanding

5.2 วงจรทดสอบ อุปกรณ์และเครื่องมือวัดไฟฟ้า

วงจรทดสอบอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า ประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า แหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง เครื่องวัดไฟฟ้า และกริดระบบไฟฟ้าใช้ระบบไฟฟ้าในห้องวิจัยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่าง 230 -240 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ แผนภาพวงจรทดสอบแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 วงจรทดสอบอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า

เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบประกอบด้วยเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า เครื่องวัดแรงดันและกระแส มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) มัลติมิเตอร์วัดค่าประสิทธิภาพจริงแบบดิจิทัล (True rms digital multimeter) ของ Good will รุ่น GDM 8145 จำนวน 4 ตัว สำหรับวัดค่าแรงดันกริดระบบไฟฟ้า (V_g) แรงดันกระแสตรง (V_d) กระแสกริดระบบไฟฟ้า (I_g) และกระแสอินพุต (I_d)
- 2) วัดคัมมิเตอร์ ของ YEW รุ่น DPW-IW class 0.5 จำนวน 1 ตัว วัดค่ากำลังเอาต์พุต (P_g)

เครื่องมือวัดรูปคลื่นไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบประกอบด้วยออสซิลโลสโคปและเครื่องวัดกระแสแบบแคลมป์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ออสซิลโลสโคปแบบดิจิทัล (Digitizing oscilloscope) ของ Tektronix รุ่น TDS460
- 2) เครื่องวัดกระแสแบบแคลมป์ (AC/DC clamp adapter) ของ Kyoritsu รุ่น 8113

แหล่งจ่ายกระแสตรงใช้วงจรเรียงกระแสสามเฟสแบบบริดจ์ Power Pack ของ TERCO รุ่น MV 1300 ซึ่งสามารถปรับแรงดันกระแสตรงได้โดยปรับค่าแรงดันกระแสสลับสามเฟสด้านอินพุตของวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ แรงดันกระแสตรงที่ปรับได้มีค่า 0-220 โวลต์ พิกัดกระแส 16 แอมแปร์

5.3 วิธีการคำนวณ ตัวประกอบกำลัง และประสิทธิภาพ

ค่ากำลังไฟฟ้า แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากการทดสอบ มีดังต่อไปนี้

V_d = แรงดันกระแสดตรง (โวลต์, ค่าเฉลี่ย)

I_d = กระแสอินพุต (แอมแปร์, ค่าเฉลี่ย)

V_g = แรงดันกริดระบบไฟฟ้า (โวลต์, ค่าอาร์เอ็มเอส)

I_g = กระแสอินพุต (แอมแปร์, ค่าอาร์เอ็มเอส)

P_g = กำลังเอาต์พุต (วัตต์)

การคำนวณเพิ่มเติม มีดังต่อไปนี้

P_d = กำลังอินพุต (วัตต์)

S_g = กำลังไฟฟ้าปรากฏ (วีเอ)

η = ประสิทธิภาพ (เปอร์เซ็นต์)

PF = ตัวประกอบกำลัง

$$P_d = V_d \times I_d \quad (5.1)$$

$$S_g = V_g \times I_g \quad (5.2)$$

$$PF = P_g / S_g \quad (5.3)$$

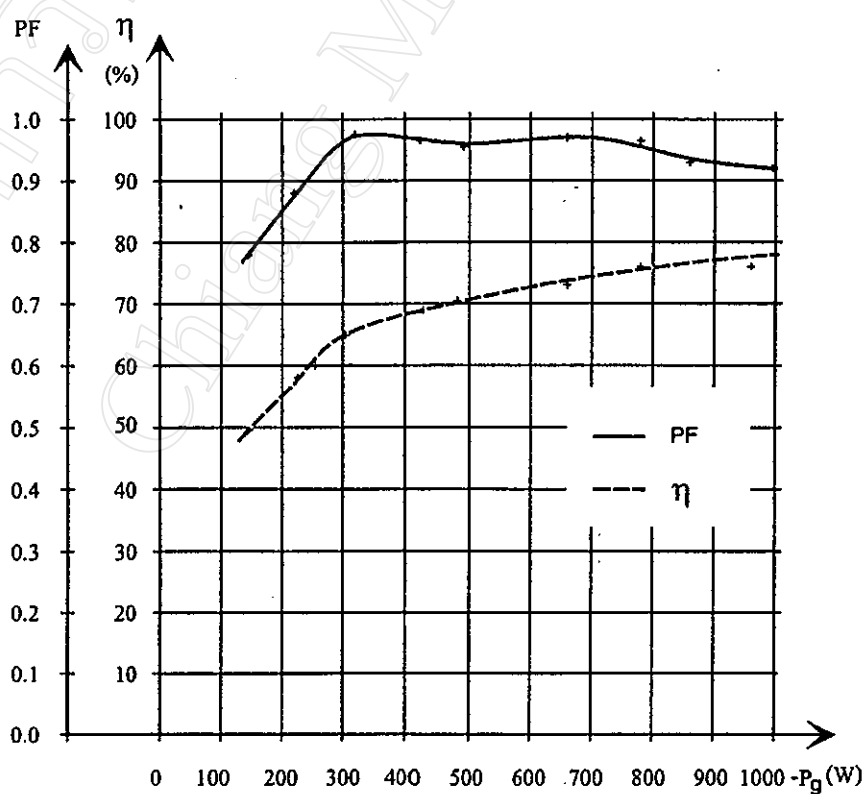
$$\eta = P_g \times 100 / P_d \quad (5.4)$$

5.4 ผลการทดสอบจ่ายกำลังเอาต์พุตต่อกับกริดระบบไฟฟ้า

การทดสอบอินเวอร์เตอร์จ่ายกำลังเอาต์พุตต่อกับกริดระบบไฟฟ้า กำหนดให้แรงดันกระแสดตรงมีค่าคงที่ เพื่อทดสอบหาค่ากำลังเอาต์พุต ตัวประกอบกำลัง และประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ โดยกำหนดแรงดันกระแสดตรงคงที่ทดสอบ 4 ค่าคือ 85 96 98 และ 100 โวลต์ แรงดันกระแสดตรงปรับให้คงที่ด้วยเครื่อง MV1300 อินเวอร์เตอร์จ่ายกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไปจนถึงเต็มพิกัดกำลัง บันทึกค่าแรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้าและคำนวณ แสดงผลในตารางที่ 5.1 ถึง 5.4 แสดงความสัมพันธ์ของตัวประกอบกำลังและประสิทธิภาพในกราฟในรูปที่ 5.2 ถึง 5.5 และรูปคลื่นแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 5.6 ถึง 5.13

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบจ่ายกำลังเอาต์พุต แรงดันกระแสตรง 85 โวลต์

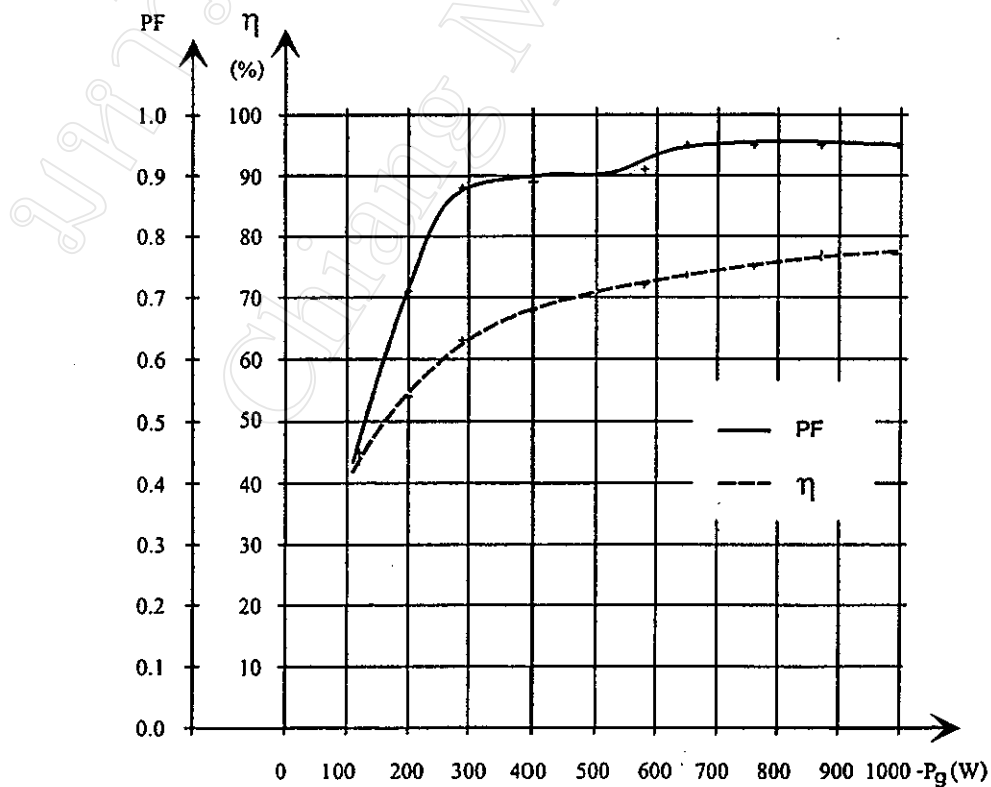
Vg	Ig	Vd	Id	PF	Sg	Qg	Pd	Pg	Eff
(V)	(A)	(V)	(A)		(VA)	(Var)	(W)	(W)	(%)
239.5	0.75	85.00	3.33	0.779	179.6	112.5	283.0	140.0	49.5
237.5	1.05	85.00	4.44	0.882	249.3	117.4	377.4	220.0	58.3
237.7	1.13	85.00	4.83	0.931	268.6	98.2	410.5	250.0	60.9
237.0	1.38	85.00	5.75	0.978	327.0	67.5	488.7	320.0	65.5
237.1	1.58	85.00	6.22	0.961	374.6	103.6	528.7	360.0	68.1
237.1	1.84	85.00	7.10	0.963	436.2	118.0	603.5	420.0	69.6
237.1	2.15	85.00	8.00	0.942	509.7	171.6	680.0	480.0	70.6
237.2	2.85	85.00	10.60	0.976	676.0	146.3	901.0	660.0	73.3
237.4	3.40	85.00	12.00	0.966	807.1	207.6	1,020.0	780.0	76.5
237.6	4.35	85.00	14.70	0.929	1,033.5	382.9	1,249.5	960.0	76.8
237.5	5.14	85.00	16.80	0.917	1,220.7	485.6	1,428.0	1,120.0	78.4



รูปที่ 5.2 กราฟตัวประกอบกำลังและประสิทธิภาพ (แรงดันกระแสตรง 85 โวลต์)

ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบจ่ายกำลังเอาต์พุต แรงดันกระแสตรง 96 โวลต์

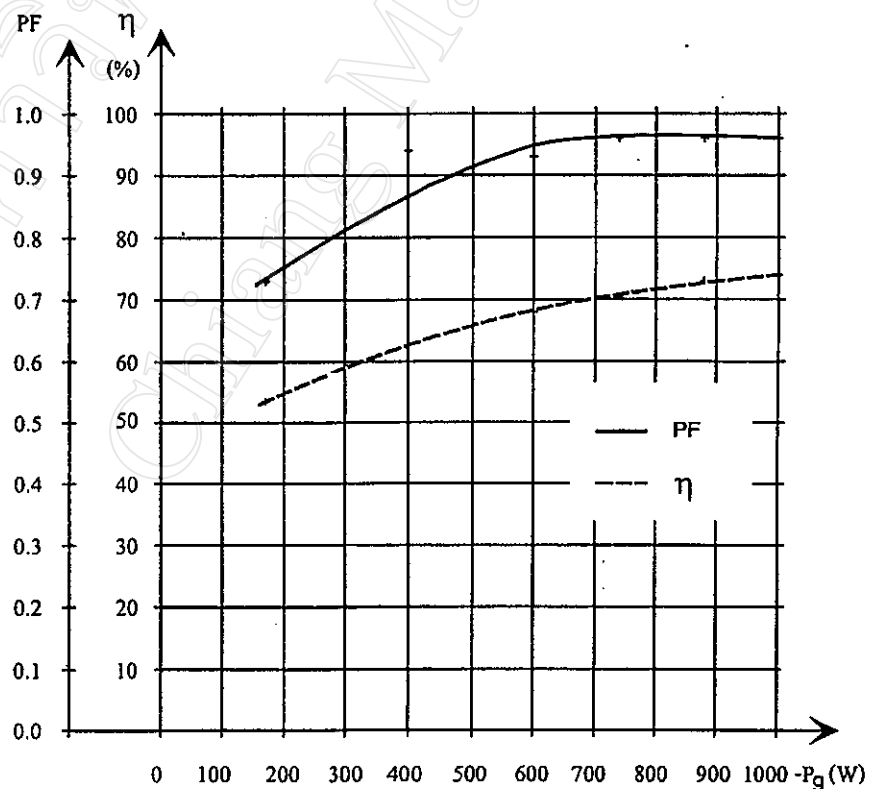
Vg	Ig	Vd	Id	PF	Sg	Qg	Pd	Pg	Eff
(V)	(A)	(V)	(A)		(VA)	(Var)	(W)	(W)	(%)
237.5	1.10	96.2	2.87	0.459	261.2	232.0	276.0	120.0	43.5
237.6	1.18	96.1	3.85	0.713	280.3	196.4	369.9	200.0	54.1
237.8	1.38	96.1	4.78	0.884	328.1	153.6	459.3	290.0	63.1
238.0	1.88	96.0	6.12	0.894	447.4	200.5	587.5	400.0	68.1
238.1	2.65	96.3	8.34	0.919	630.9	248.4	803.1	580.0	72.2
238.1	2.85	96.0	9.25	0.958	678.5	194.8	888.0	650.0	73.2
238.0	3.35	96.0	10.60	0.953	797.3	241.0	1,017.6	760.0	74.7
238.0	3.89	96.0	11.95	0.945	925.8	302.5	1,147.2	875.0	76.3
238.0	4.21	96.1	12.90	0.948	1,001.9	318.5	1,239.6	950.0	76.6
238.0	4.60	96.2	14.00	0.950	1,094.8	342.0	1,346.8	1,040.0	77.2
238.0	5.00	96.1	15.00	0.941	1,190.0	402.1	1,441.5	1,120.0	77.7



รูปที่ 5.3 กราฟตัวประกอบกำลังและประสิทธิภาพ (แรงดันกระแสตรง 96 โวลต์)

ตารางที่ 5.3 ผลการทดสอบจ่ายกำลังไฟฟ้าแรงดันกระแสตรง 98 โวลต์

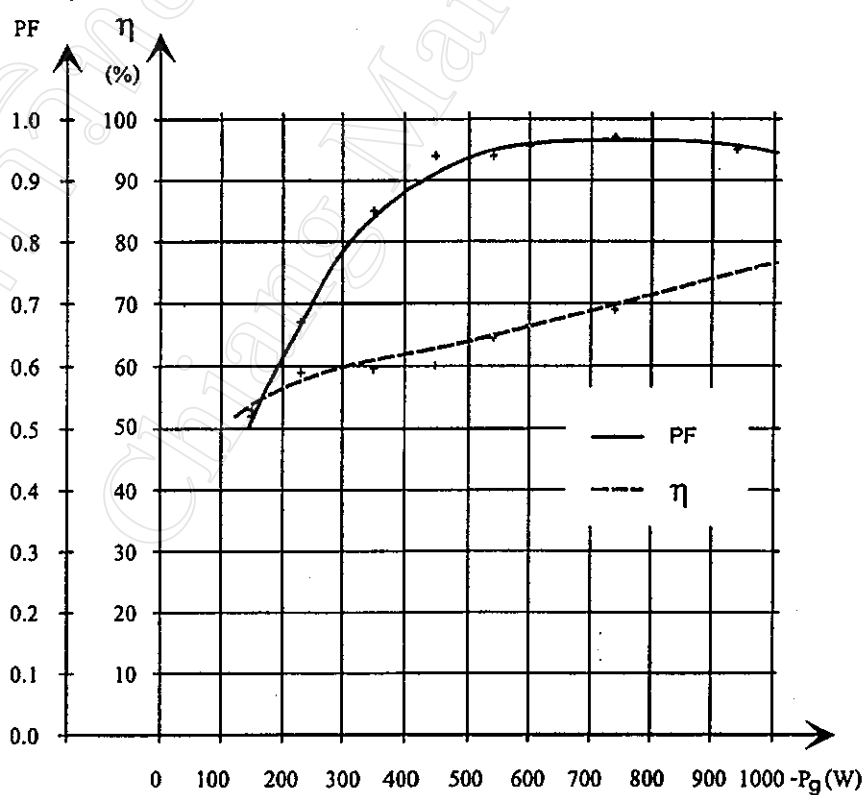
Vg	Ig	Vd	Id	PF	Sg	Qg	Pd	Pg	Eff
(V)	(A)	(V)	(A)		(VA)	(Var)	(W)	(W)	(%)
236.1	0.98	98.3	3.18	0.735	231.3	156.9	312.5	170.0	54.4
238.6	1.13	98.3	3.10	0.705	269.6	191.3	304.7	190.0	62.4
237.0	1.35	98.0	3.89	0.75	319.9	211.5	381.2	240.0	63.0
237.5	1.57	98.2	5.29	0.805	372.8	221.4	519.4	300.0	57.8
237.0	1.58	98.2	5.89	0.935	374.4	133.1	578.4	350.0	60.5
236.5	1.80	98.0	7.00	0.940	425.7	145.6	686.0	400.0	58.3
235.7	2.73	98.0	8.95	0.932	643.4	232.4	877.1	600.0	68.4
237.8	3.22	98.3	10.65	0.966	765.7	196.7	1,046.9	740.0	70.7
237.9	3.85	98.0	12.28	0.961	915.9	253.97	1,203.44	880.0	73.1
237.2	4.72	98.7	14.76	0.965	1,119.5	295.0	1,456.81	1,080.0	74.1



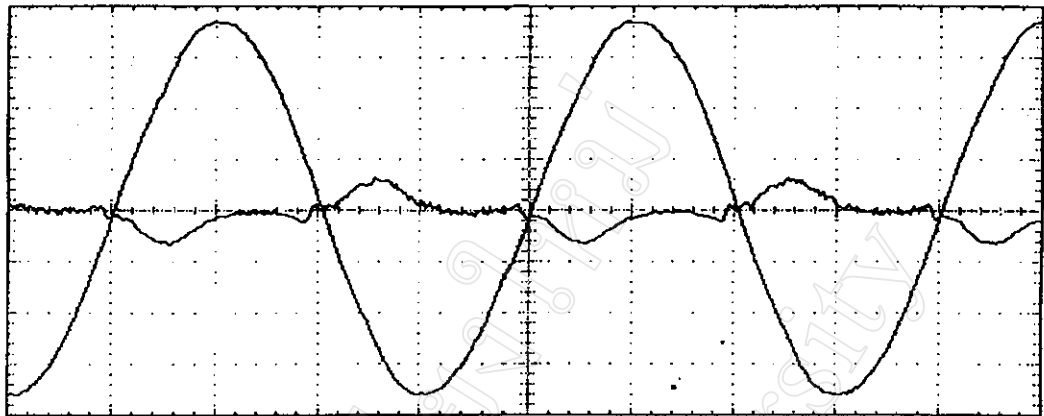
รูปที่ 5.4 กราฟตัวประกอบกำลังและประสิทธิภาพ (แรงดันกระแสตรง 98 โวลต์)

ตารางที่ 5.4 ผลการทดสอบจ่ายกำลังเอาต์พุต แรงดันกระแสตรง 100 โวลต์

Vg	Ig	Vd	Id	PF	Sg	Qg	Pd	Pg	Eff
(V)	(A)	(V)	(A)		(VA)	(Var)	(W)	(W)	(%)
240.0	1.19	100.8	2.79	0.525	285.6	243.0	281.2	150.0	53.3
239.6	1.42	100.2	3.88	0.676	340.2	250.7	388.7	230.0	59.2
239.3	1.71	100.5	6.15	0.855	409.2	212.0	618.0	350.0	56.6
240.0	1.95	100.5	7.35	0.940	468.0	159.4	738.6	440.0	59.6
240.4	2.39	100.2	8.35	0.940	574.5	196.2	836.6	540.0	64.5
240.1	2.61	100.5	8.95	0.957	626.6	251.7	899.4	600.0	66.7
239.8	3.18	100.2	10.70	0.970	762.5	184.1	1,072.1	740.0	69.0
239.8	4.10	100.6	12.50	0.956	983.1	288.1	1,257.5	940.0	74.8
240.5	4.65	100.4	13.74	0.948	1,118.3	356.4	1,379.5	1,060.0	76.8

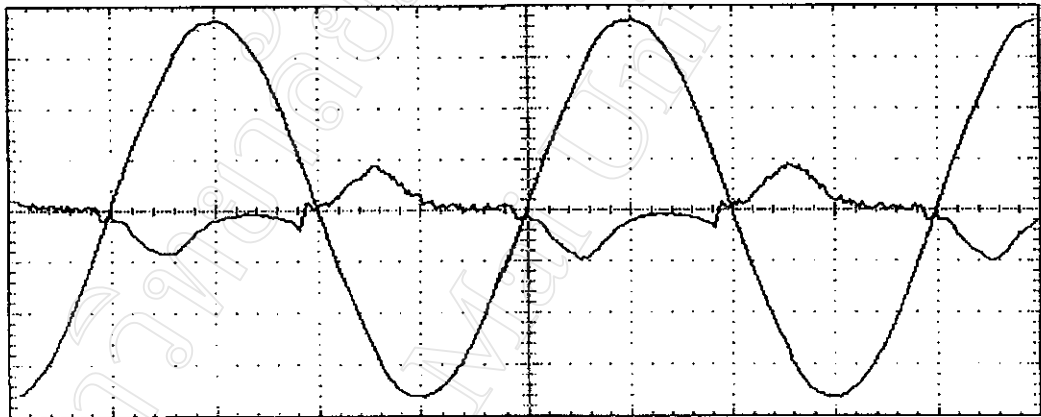


รูปที่ 5.5 ตัวประกอบกำลังและประสิทธิภาพ (แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 100 โวลต์)



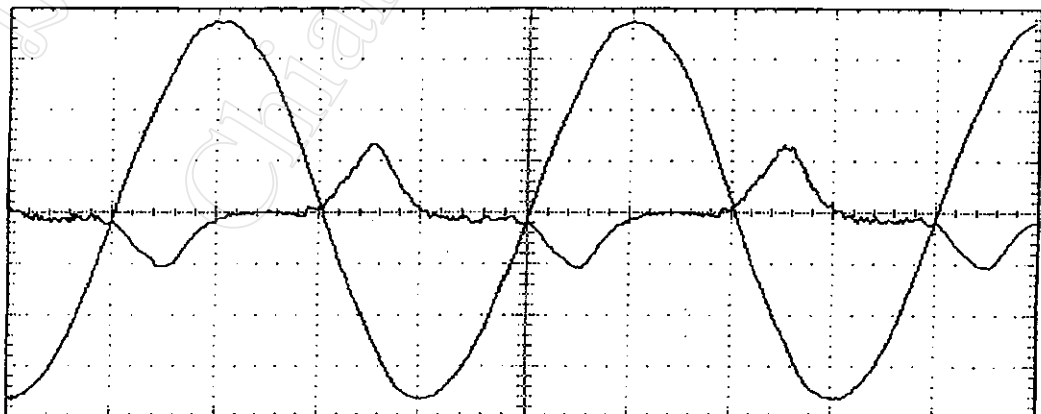
รูปที่ 5.6 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้า ($P_g=170W$)

$V_g=236.1V$, $I_g=0.98A$, $PF=0.735$, $P_g=170W$, $\eta=54.4\%$ ($V_d=98.3V$, $I_d=3.18A$)



รูปที่ 5.7 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้า ($P_g=240W$)

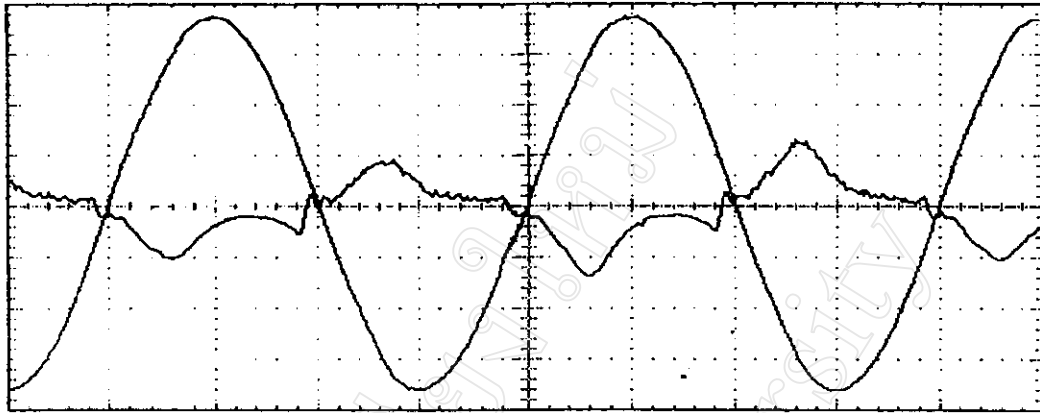
$V_g=237.0V$, $I_g=1.35A$, $PF=0.75$, $P_g=240W$, $\eta=63.0\%$ ($V_d=98V$, $I_d=3.89A$)



รูปที่ 5.8 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้า ($P_g=300W$)

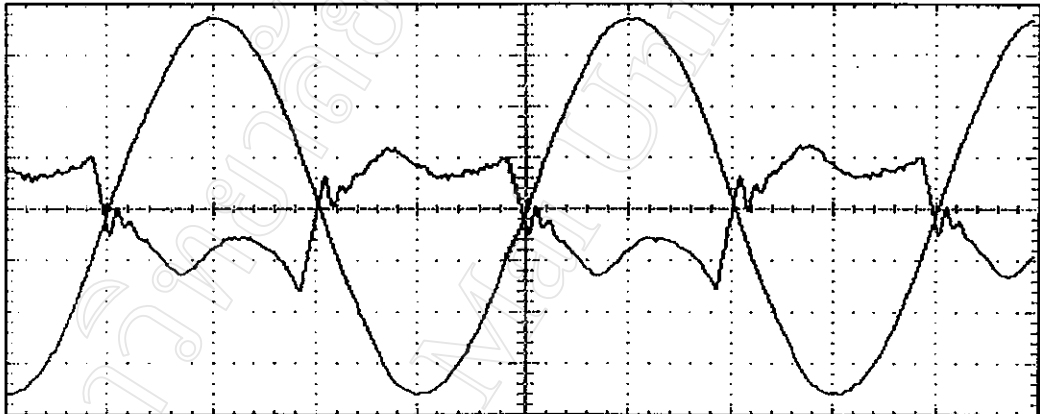
$V_g=237.5V$, $I_g=1.57A$, $PF=0.80$, $P_g=300W$, $\eta=57.8\%$ ($V_d=98V$, $I_d=5.29A$)

(แรงดัน 100 โวลต์ต่อช่อง กระแส 2.5 แอมแปร์ต่อช่อง)



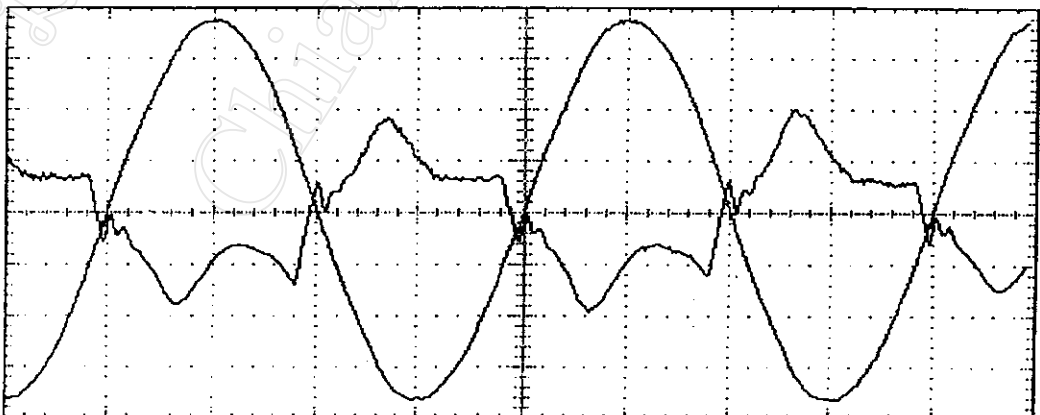
รูปที่ 5.9 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้า ($P_g=400\text{W}$)

$V_g=236.5\text{V}$, $I_g=1.8\text{A}$, $\text{PF}=0.94$, $P_g=400\text{W}$, $\eta=58.3\%$ ($V_d=98\text{V}$, $I_d=7.0\text{A}$)



รูปที่ 5.10 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้า ($P_g=600\text{W}$)

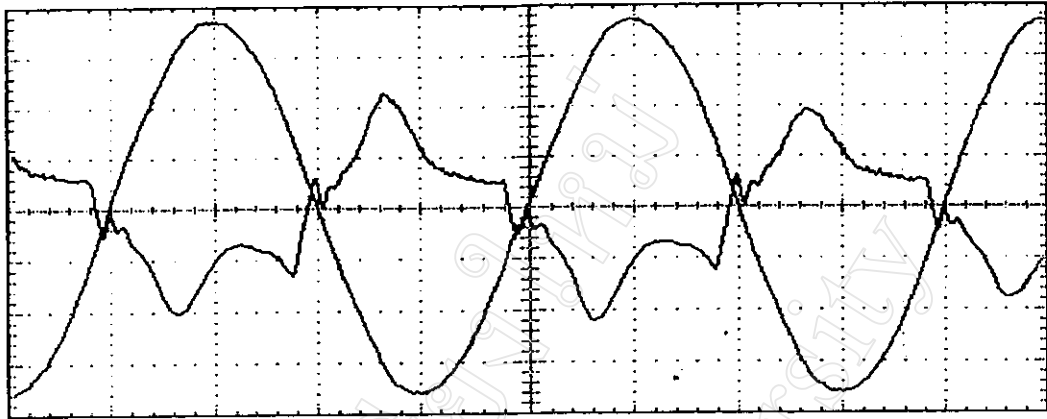
$V_g=235.7\text{V}$, $I_g=2.73\text{A}$, $\text{PF}=0.932$, $P_g=600\text{W}$, $\eta=68.4\%$ ($V_d=98\text{V}$, $I_d=8.95\text{A}$)



รูปที่ 5.11 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้า ($P_g=740\text{W}$)

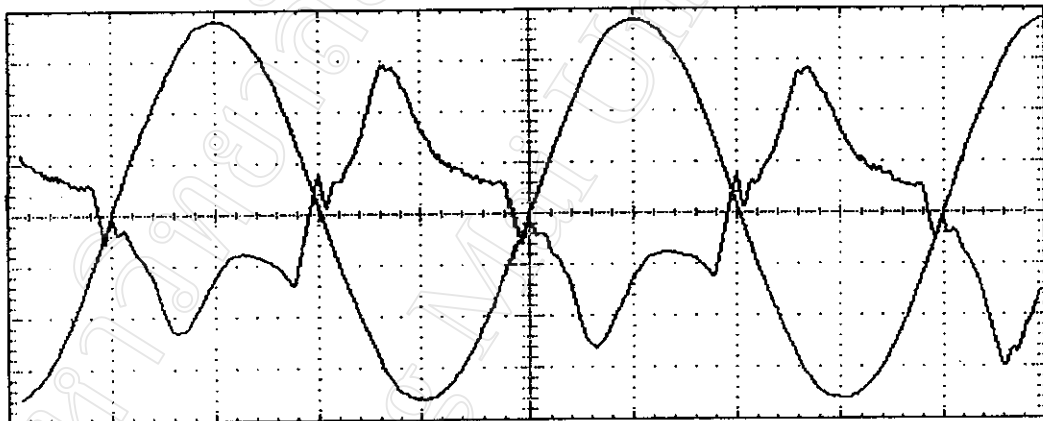
$V_g=237.8\text{V}$, $I_g=3.22\text{A}$, $\text{PF}=0.966$, $P_g=740\text{W}$, $\eta=70.7\%$ ($V_d=98.3\text{V}$, $I_d=10.65\text{A}$)

(แรงดัน 100 โวลต์ต่อช่อง กระแส 2.5 แอมแปร์ต่อช่อง)



รูปที่ 5.12 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกริกระบบไฟฟ้า ($P_g=880W$)

$V_g=237.9V$, $I_g=3.85A$, $PF=0.961$, $P_g=880W$, $\eta=73.1\%$ ($V_d=98V$, $I_d=12.28A$)



รูปที่ 5.13 รูปคลื่นแรงดันและกระแสกริกระบบไฟฟ้า ($P_g=1,080W$)

$V_g=237.2V$, $I_g=4.27A$, $PF=0.965$, $P_g=1,080W$, $\eta=74.1\%$ ($V_d=98.7V$, $I_d=14.76A$)

(แรงดัน 100 โวลต์ต่อช่อง กระแส 2.5 แอมแปร์ต่อช่อง)

จากผลการทดสอบจ่ายกำลังเอาต์พุตต่อกับกริกระบบไฟฟ้า พบว่าอินเวอร์เตอร์จ่ายกำลังเอาต์พุตต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดหรือต่ำกว่า 300 วัตต์ ตัวประกอบกำลังมีค่าต่ำกว่า 0.80 เนื่องจากรูปคลื่นกระแสกริกระบบไฟฟ้ามีความผิดเพี้ยนสูง และเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออินเวอร์เตอร์จ่ายกำลังไฟฟ้าสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพิกัดหรือสูงกว่า 500 วัตต์ ตัวประกอบกำลังจะมีค่าสูงกว่า 0.95 และประสิทธิภาพมีค่าสูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์ที่เต็มพิกัดกำลัง

แรงดันกระแสตรงที่ 85 โวลต์ พบว่าตัวประกอบกำลังลดลงต่ำกว่า 0.95 ที่เต็มพิกัดกำลัง คือมีค่าประมาณ 0.92 ทั้งนี้เนื่องจากแรงดันกระแสตรงมีค่าต่ำทำให้ไม่สามารถเพิ่มแรงดัน อินเวอร์เตอร์ให้สูงขึ้นอีกได้ เป็นผลทำให้ตัวประกอบกำลังลดลง ประสิทธิภาพตั้งแต่เริ่มจ่ายกำลัง ไฟฟ้าไปจนถึงเต็มพิกัดกำลังมีค่าประมาณ 49.5-78.4 เปอร์เซ็นต์

แรงดันกระแสตรงที่ 96 โวลต์ พบว่าตัวประกอบกำลังมีค่าสูงถึง 0.95 ตั้งแต่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของพิกัดกำลังขึ้นไปจนถึงเต็มพิกัด ประสิทธิภาพตั้งแต่เริ่มจ่ายกำลังไฟฟ้าไปจนถึงเต็มพิกัดกำลังมี ค่าประมาณ 43.5-77.7 เปอร์เซ็นต์ และตัวประกอบกำลังมีค่าระหว่าง 0.45-0.95

แรงดันกระแสตรงที่ 98 โวลต์ พบว่าตัวประกอบกำลังมีค่าสูงถึง 0.95 ตั้งแต่ 60 เปอร์เซ็นต์ ของพิกัดกำลังขึ้นไปจนถึงเต็มพิกัด ประสิทธิภาพตั้งแต่เริ่มจ่ายกำลังไฟฟ้าไปจนถึงเต็มพิกัดกำลังมี ค่าประมาณ 54.4-74.1 เปอร์เซ็นต์ และตัวประกอบกำลังมีค่าระหว่าง 0.73-0.96 ซึ่งถือว่าดีกว่าค่า แรงดันกระแสตรงทั้งสองค่าที่ผ่านมา

แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 100 โวลต์ ตัวประกอบกำลังมีค่าระหว่าง 0.52-0.95 และ ประสิทธิภาพมีค่าระหว่าง 53.3 - 76.8 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณารูปคลื่นกระแสกริระบบไฟฟ้าจากรูปที่ 5.6 - 5.13 มีค่าแรงดันกระแสตรง 98 โวลต์ พบว่ารูปคลื่นมีความผิดเพี้ยนไปจากคลื่นไซน์มากที่กระแสต่ำ และจะเริ่มใกล้เคียงไซน์ มากขึ้นเมื่อกระแสสูงขึ้นหรือกำลังเอาต์พุตสูงขึ้นจนถึงเต็มพิกัดกำลัง

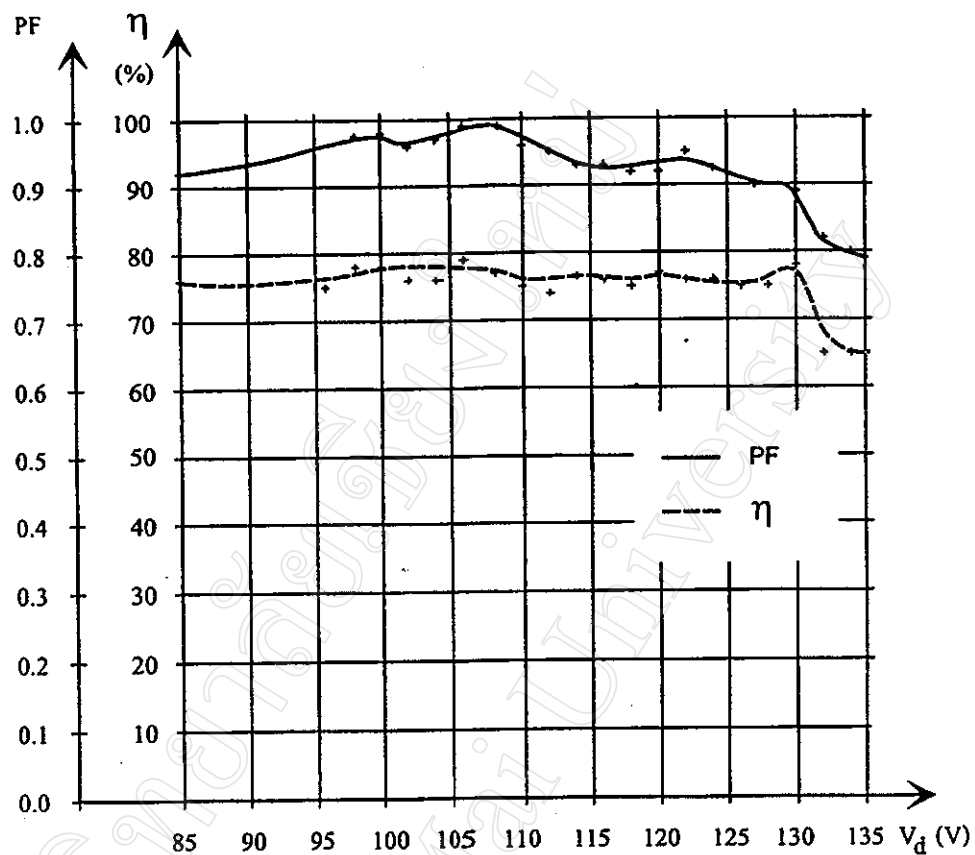
5.5 ผลการทดสอบควบคุมตัวประกอบกำลัง

ในทางปฏิบัติแรงดันกระแสตรงที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าแปรตามความเข้ม ของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบ การทดสอบอินเวอร์เตอร์จ่ายกำลังไฟฟ้าต่อกับกริระบบไฟฟ้าในหัว ข้อนี้ จึงมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบการควบคุมตัวประกอบกำลัง และประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ เมื่อแรงดันกระแสตรงทางด้านอินพุตเปลี่ยนแปลง

กำหนดย่านแรงดันกระแสตรงทดสอบระหว่าง 85 - 136 โวลต์ โดยปรับแรงดันกระแส ตรงเพิ่มครั้งละ 2 โวลต์ด้วยเครื่อง Power Pack MV1300 และจ่ายกำลังเอาต์พุตประมาณ 1,000 วัตต์ทุกค่าแรงดันกระแสตรง บันทึกค่าแรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า ผลการทดสอบและการ คำนวณแสดงในตารางที่ 5.5 และแสดงความสัมพันธ์ของตัวประกอบกำลังและประสิทธิภาพใน กราฟในรูปที่ 5.14

ตารางที่ 5.5 ผลการทดสอบควบคุมตัวประกอบกำลัง แรงดันกระแสตรง 85-136 โวลต์

Vg	Ig	Vd	Id	PF	Sg	Qg	Pd	Pg	Eff
(V)	(A)	(V)	(A)		(VA)	(Var)	(W)	(W)	(%)
237.6	4.35	85.00	14.70	0.929	1,033.5	382.9	1,249.5	960.0	76.8
238.6	5.00	96.2	15.10	0.922	1,193.0	461.7	1,452.6	1,100.0	75.7
237.9	4.30	98.1	13.10	0.978	1,022.9	215.5	1,285.1	1,000.0	77.8
239.6	4.95	100.0	14.45	0.961	1,186.0	327.1	1,445.0	1,140.0	78.9
240.0	4.49	102.0	13.40	0.965	1,077.6	282.1	1,366.8	1,040.0	76.1
239.0	4.47	104.0	13.10	0.964	1,068.3	283.5	1,362.4	1,030.0	75.6
239.5	4.50	106.3	12.75	0.993	1,077.7	129.0	1,355.3	1,070.0	78.9
239.7	4.45	108.1	12.45	0.975	1,066.6	237.0	1,345.8	1,040.0	77.3
239.2	4.61	110.5	12.75	0.961	1,102.7	303.9	1,408.8	1,060.0	75.2
238.8	4.56	112.1	12.50	0.955	1,088.9	322.7	1,401.2	1,040.0	74.0
238.8	4.66	114.1	11.90	0.935	1,112.8	395.9	1,357.7	1,040.0	76.6
238.0	4.66	116.0	11.70	0.938	1,109.0	385.3	1,357.2	1,040.0	76.0
238.3	4.87	118.1	12.15	0.931	1,160.5	424.7	1,434.9	1,080.0	75.3
238.1	4.95	120.0	11.90	0.933	1,178.6	423.1	1,428.0	1,100.0	77.0
238.5	4.53	122.1	11.00	0.953	1,080.4	326.1	1,343.1	1,030.0	76.7
238.6	4.67	124.2	10.90	0.933	1,114.2	399.9	1,353.7	1,040.0	76.0
238.9	4.70	126.0	10.65	0.908	1,122.8	469.4	1,341.9	1,020.0	76.0
238.8	4.90	128.2	11.00	0.906	1,170.1	495.5	1,410.2	1,060.0	75.2
239.1	4.81	130.0	11.12	0.895	1,150.0	511.6	1,445.6	1,030.0	71.2
240.0	5.35	132.3	12.35	0.826	1,284.0	724.6	1,633.9	1,060.0	64.9
240.4	5.45	134.0	12.58	0.809	1,310.1	770.0	1,685.7	1,060.0	62.9
241.0	5.65	136.0	12.40	0.793	1,361.6	829.2	1,686.4	1,080.0	64.0



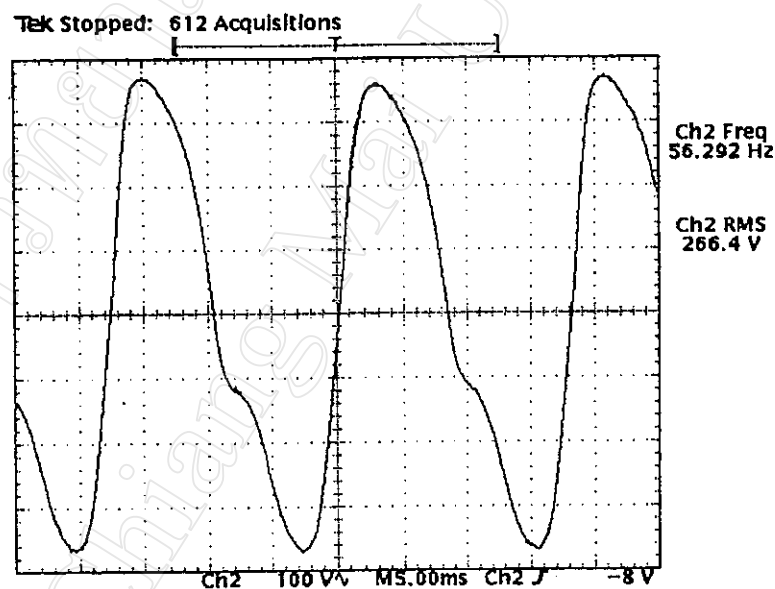
รูปที่ 5.14 กราฟแสดงตัวประกอบกำลังและประสิทธิภาพ (แรงดันกระแสตรง 85-136 โวลต์)

จากผลการทดสอบการควบคุมตัวประกอบกำลัง เมื่อแรงดันกระแสตรงเปลี่ยนแปลงระหว่าง 85 - 136 โวลต์ โดยมีค่ากำลังไฟฟ้าเต็มพิกัด พบว่าตัวประกอบกำลังมีค่าสูงกว่า 0.95 ในช่วงแรงดันกระแสตรงมีค่าระหว่าง 98 - 112 โวลต์ เมื่อแรงดันกระแสตรงสูงขึ้นการควบคุมให้กำลังไฟฟ้ามีค่าประมาณ 1,000 วัตต์ จะต้องลดแรงดันอินเวอร์เตอร์ลงโดยการปรับดัดขึ้นมอดูเลตและคงที่มุมกำลังไว้ค่านึงมีจะนั้นจะทำให้กำลังไฟฟ้าสูงกว่าพิกัด จึงเป็นผลทำให้ตัวประกอบกำลังที่ได้ลดลงเรื่อย ๆ เมื่อแรงดันกระแสตรงสูงขึ้น จึงเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพลดต่ำลงด้วย โดยตัวประกอบกำลังลดลงจาก 0.95 จนถึง 0.79 ที่แรงดันกระแสตรง 136 โวลต์ และประสิทธิภาพลดลงจาก 78 เปอร์เซ็นต์เป็น 64 เปอร์เซ็นต์ที่แรงดันกระแสตรง 136 โวลต์

5.6 ผลการทดสอบสถานะ Islanding

การทดสอบต่อไปนี้เป็นสร้างสภาวะ Islanding เพื่อให้อินเวอร์เตอร์ตรวจสอบพบสภาวะนี้ และหยุดการทำงานอินเวอร์เตอร์ทันที โดยมีวิธีการทดสอบครั้งแรก คือ ให้อินเวอร์เตอร์ต่อกริดระบบไฟฟ้าและจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของพิกัด (หรือมุมกำลังสูงกว่า 4 องศา) หลังจากนั้นปลดแรงดันกริดระบบไฟฟ้าออกจากอินเวอร์เตอร์เป็นการจำลองสภาวะ Islanding ทำให้ไม่มีแรงดันจากกริดระบบไฟฟ้าและขณะเดียวกันอินเวอร์เตอร์ก็ไม่มีโหลดใดๆ ต่ออยู่

ผลการทดสอบเมื่อปลดกริดระบบไฟฟ้าออกปรากฏว่าอินเวอร์เตอร์สามารถตรวจสอบพบสภาวะ Islanding และหยุดการทำงานอินเวอร์เตอร์ทันที พร้อมกับแสดงผลความผิดปกติที่จอ LCD ว่า “Grid Fault” แรงดันที่ขั้วกริดระบบไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ จึงเป็นแรงดันที่สร้างขึ้นโดยอินเวอร์เตอร์แสดงในรูปที่ 5.15 จะเห็นว่าช่วงบวกมีความกว้างลดลง มีค่าความถี่ 56.29 เฮิรตซ์ และแรงดันมีค่า 266 โวลต์ ซึ่งสูงกว่าปกติ



รูปที่ 5.15 รูปคลื่นแรงดันที่ขั้วกริดระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดสภาวะ Islanding

การทดสอบครั้งที่สองปลดกริดระบบไฟฟ้าออกขณะที่อินเวอร์เตอร์จ่ายกำลังไฟฟ้าต่ำ หรือมีค่ามุมกำลังเป็นศูนย์ ผลการทดสอบพบว่าเมื่อปลดกริดระบบไฟฟ้าออกไปแล้วผ่านไปกว่า 15 วินาที อินเวอร์เตอร์ยังตรวจสอบไม่พบสภาวะ Islanding ซึ่งแรงดันอินเวอร์เตอร์เปิดวงจรอยู่ หรือไม่มีโหลดจึงมีค่าแรงดันสูง ทำให้โซลิตสเตรียและตัวป้องกันเสร็จในบริเวณใกล้เคียงเสียหายเนื่องจากได้รับแรงดันสูงเป็นเวลานาน ดังนั้นสรุปได้ว่าเมื่อกำลังไฟฟ้ามีค่าต่ำอินเวอร์เตอร์

ไม่สามารถตรวจสอบพบสภาวะ Islanding และถ้าไม่มีโหลดหรือโหลดมีค่าต่ำ แรงดันอินเวอร์เตอร์ที่สูงเกินพิกัดอาจจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าบริเวณใกล้เคียงเสียหายได้

5.7 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า อินเวอร์เตอร์สามารถรับแรงดันกระแสตรงได้กว้างระหว่าง 85-136 โวลต์ จ่ายกำลังเอาต์พุตได้ระหว่าง 100-1,000 วัตต์ พบว่าการควบคุมตัวประกอบกำลังมีค่าสูงถึง 0.95 เมื่ออินเวอร์เตอร์จ่ายกำลังเอาต์พุตสูงกว่า 30-50 เปอร์เซ็นต์

ส่วนประสิทธิภาพที่ทดสอบได้มีค่าสูงสุด 78 เปอร์เซ็นต์ที่เต็มพิกัดกำลัง ซึ่งผลิตภัณฑ์ต่างประเทศมีประสิทธิภาพสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ของต่างประเทศมีค่าตัวประกอบกำลังใกล้เคียงหนึ่งมาก คือระหว่าง 0.95-1.0 รูปคลื่นกระแสมีความผิดเพี้ยนต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และกำลังเอาต์พุตมีค่าสูงถึง 2-5 กิโลวัตต์ แต่อินเวอร์เตอร์ในวิทยานิพนธ์นี้มีพิกัดกำลังเอาต์พุตเพียง 1 กิโลวัตต์ จึงทำให้กำลังสูญเสียมีค่าสูงเมื่อเทียบกับกำลังเอาต์พุต ประกอบกับรูปคลื่นกระแสกริดระบบไฟฟ้ามีความผิดเพี้ยนสูงทำให้ตัวประกอบกำลังมีค่าประมาณ 0.95 หรือต่ำกว่า

การทดสอบสภาวะ Islanding อินเวอร์เตอร์สามารถตรวจสอบโดยวิธีตรวจสอบการเลื่อนเฟสจับพลาซ่า โดยตรวจสอบพบเมื่อจ่ายกำลังไฟฟ้ามากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของพิกัด หรือมุมกำลังมีค่ามากกว่า 4 องศาเท่านั้น