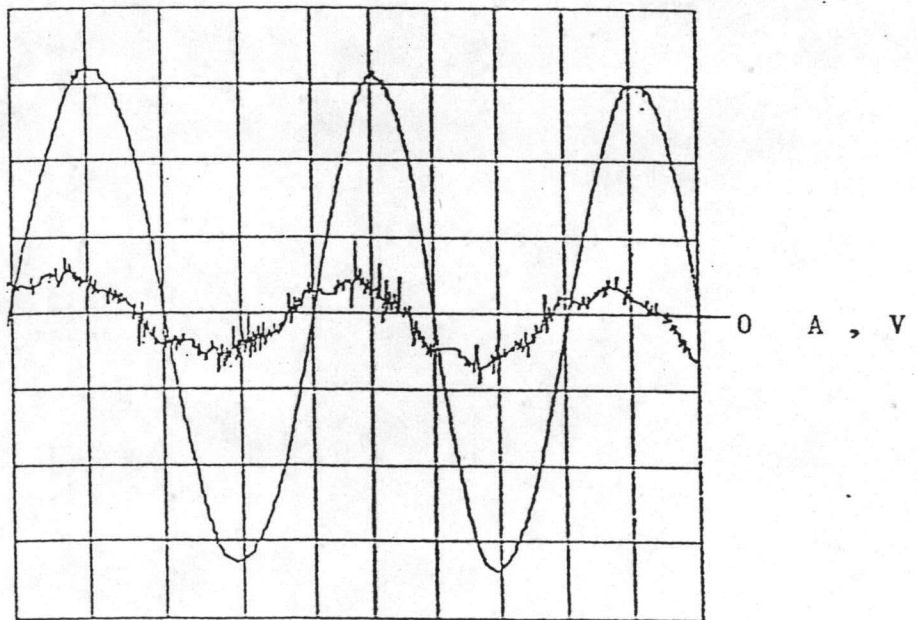


การทดสอบ

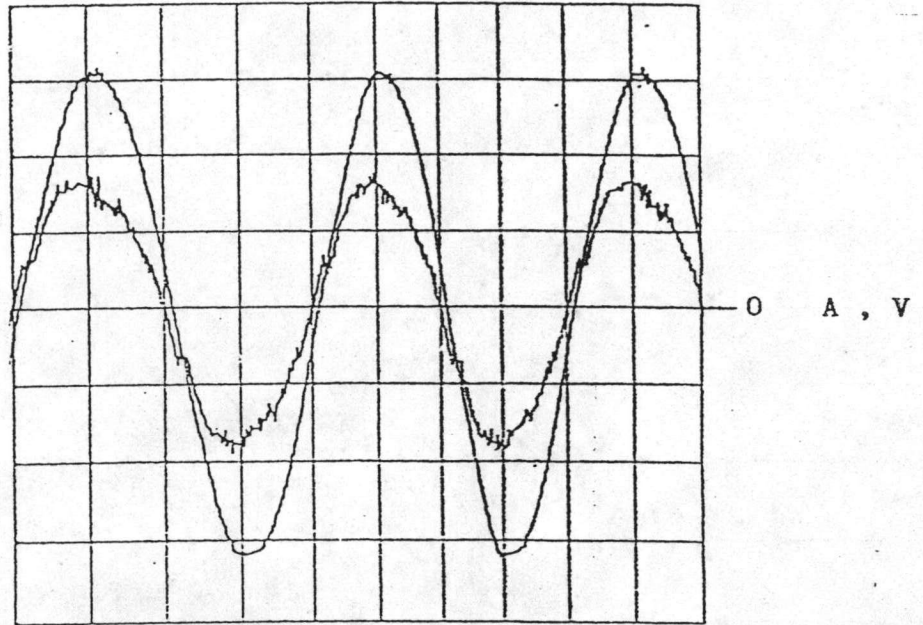
นำวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรประจุแบตเตอรี่ และวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ออกแบบไว้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ถึงบทที่ 6 และได้ทำการปรับแก้ไปแล้ว มาทดสอบคุณลักษณะและหาประสิทธิภาพของวงจร ซึ่งผลของการทดสอบเป็นดังนี้คือ

8.1 การทดสอบวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (SMR)

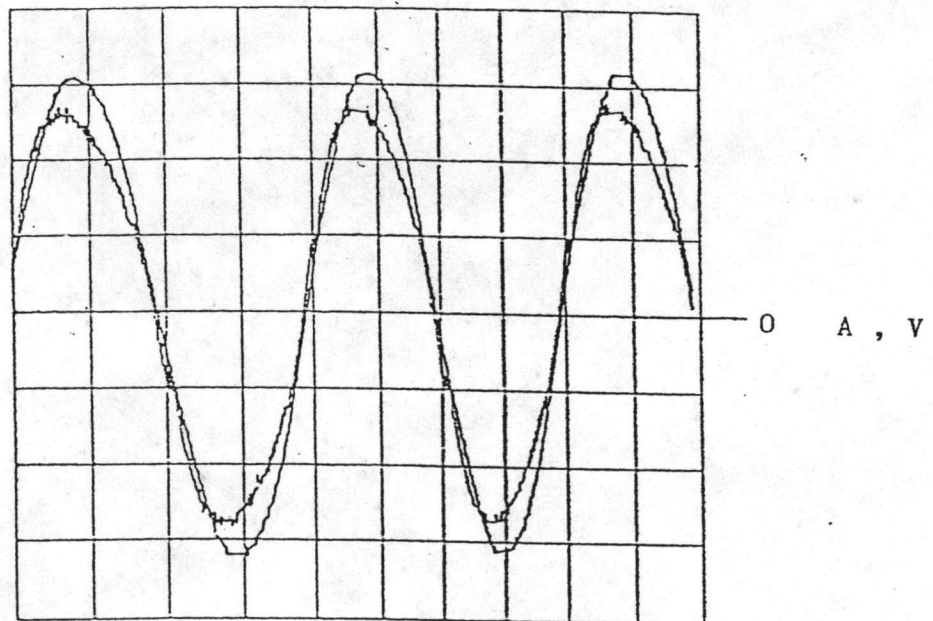
รูปคลื่นของแรงดันด้านเข้าและกระแสด้านเข้า ที่ทำการวัดจากวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อจ่ายกำลังที่ค่าต่างๆ เป็นดังแสดงในรูปที่ 8.1 ถึงรูปที่ 8.3



รูปที่ 8.1 แรงดันด้านเข้าและกระแสด้านเข้าของวงจร SMR
 ขณะต่อโหลดความต้านทานขนาด 45 วัตต์
 (แรงดัน 100 V/cm , กระแส 1 A/cm , เวลา 5 ms/cm)



รูปที่ 8.2 แรงดันด้านเข้าและกระแสด้านเข้าของวงจร SMR
 ขณะต่อโหลดความต้านทานขนาด 250 วัตต์
 (แรงดัน 100 V/cm , กระแส 1 A/cm , เวลา 5 ms/cm)



รูปที่ 8.3 แรงดันด้านเข้าและกระแสด้านเข้าของวงจร SMR
 ขณะต่อโหลดความต้านทานขนาด 500 วัตต์
 (แรงดัน 100 V/cm , กระแส 1 A/cm , เวลา 5 ms/cm)

เมื่อทำการวัดค่าต่างๆ เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลง ได้ผลดังแสดงใน ตารางที่ 8.1 และตารางที่ 8.2

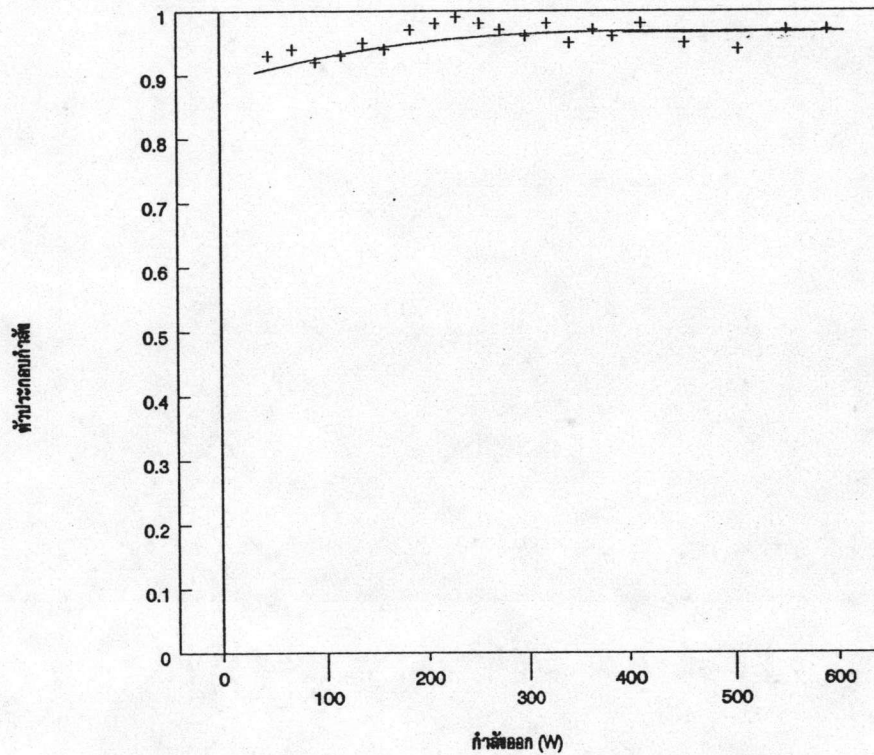
ตารางที่ 8.1 คุณลักษณะของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

Vin (V)	Iin (A)	Pin (VA)	Pin (W)	pf	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	n (%)
230	0.35	80.5	75	0.93	465	0.10	46.5	57.8
230	0.44	101.2	95	0.94	465	0.15	69.8	68.9
230	0.58	133.4	123	0.92	460	0.20	92.0	69.0
230	0.67	154.1	144	0.93	465	0.25	116.3	75.4
230	0.80	184.0	174	0.95	460	0.30	138.0	75.0
230	0.90	207.0	195	0.94	455	0.35	159.3	76.9
230	1.00	230.0	224	0.97	460	0.40	184.0	80.0
230	1.05	241.5	236	0.98	465	0.45	209.3	86.6
230	1.10	253.0	250	0.99	460	0.50	230.0	90.9
230	1.20	276.0	270	0.98	460	0.55	253.0	91.7
230	1.35	310.5	300	0.97	455	0.60	273.0	87.9
230	1.50	345.0	330	0.96	460	0.65	299.0	86.7
230	1.60	368.0	360	0.98	460	0.70	322.0	87.5
230	1.65	379.5	360	0.95	460	0.75	345.0	90.9
230	1.70	391.0	380	0.97	460	0.80	368.0	94.1
230	1.90	437.0	420	0.96	455	0.85	386.8	88.5
230	2.00	460.0	450	0.98	460	0.90	414.0	90.0
230	2.20	506.0	480	0.95	455	1.00	455.0	89.9
230	2.40	552.0	520	0.94	460	1.10	506.0	91.7
230	2.70	621.0	600	0.97	460	1.20	552.0	88.9
230	2.90	667.0	650	0.97	455	1.30	591.5	88.7

ตารางที่ 8.2 การคุมค่าเชิงสายป้อนของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (ที่โหลดความต้านทาน 300 วัตต์)

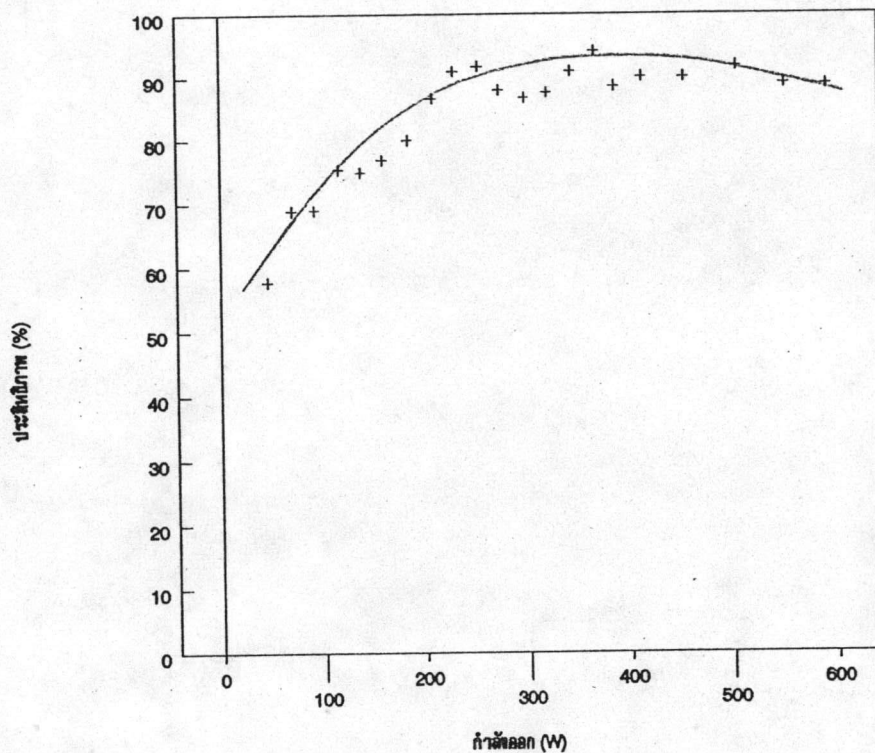
Vin (V)	Iin (A)	Pin (VA)	Pin (W)	pf	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	n (%)
198	1.75	346.5	335	0.97	455	0.66	300.3	86.7
230	1.50	345.0	330	0.96	460	0.65	299.0	86.7
242	1.45	350.9	335	0.95	460	0.65	299.0	85.2

จากตารางที่ 8.1 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง
 ด้านออกกับตัวประกอบกำลัง และกำลังด้านออกกับประสิทธิภาพของวงจรได้ดัง
 รูปที่ 8.4 และรูปที่ 8.5



กำลังออก (P_{out} , W)

รูปที่ 8.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังออกกับตัวประกอบกำลังของวงจร SMR



รูปที่ 8.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังออกกับประสิทธิภาพของวงจร SMR

จากตารางที่ 8.1 และ ตารางที่ 8.2 สามารถนำมาคำนวณหาค่าความคุมค่าแรงดันด้านออกเชิงโหลด (load regulation) กับความคุมค่าแรงดันด้านออกเชิงสายป้อน (line regulation) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ความคุมค่าเชิงโหลด} &= \frac{(\text{แรงดันไว้โหลด} - \text{แรงดันโหลดเต็มที่}) \times 100\%}{\text{แรงดันโหลดเต็มที่}} \\
 &= [(465 - 455) \times 100\%] / 455 \\
 &= 2.2 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ความคุมค่าเชิงสายป้อน} &= [(V_{\max} - V_{\min}) / V_{\min}] \times 100\% \\
 &= [(460 - 455) / 455] \times 100\% \\
 &= 1.1 \%
 \end{aligned}$$

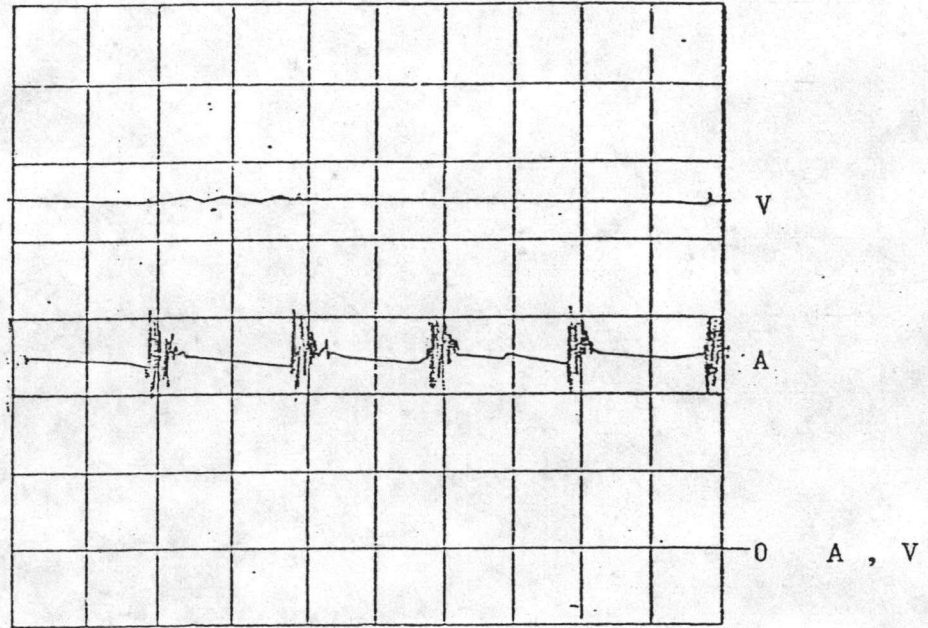
จากรูปที่ 8.4 จะเห็นได้ว่า เมื่อกำลังออกมีค่าสูงกว่า 300 วัตต์ ประสิทธิภาพของวงจร SMR จะมีค่าประมาณ 90 % และจากรูปที่ 8.5 จะเห็นว่า ค่าตัวประกอบกำลังของวงจรมีค่าสูงกว่า 0.9 ซึ่งเป็นที่น่าพอใจ และสูงกว่า ค่าที่กำหนดเป็นเกณฑ์ (มากกว่าหรือเท่ากับ 0.9)

8.2 การทดสอบวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อทำการทดสอบวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อหาคุณลักษณะและประสิทธิภาพของวงจร ได้ผลการทดลองดังแสดงใน ตารางที่ 8.3 และรูปที่ 8.6 แสดงกราฟผ่านตัวเหนี่ยวนำกับแรงดันออกเมื่อ วงจรจ่ายกำลังเต็มพิกัด

ตารางที่ 8.3 คุณลักษณะของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรง เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

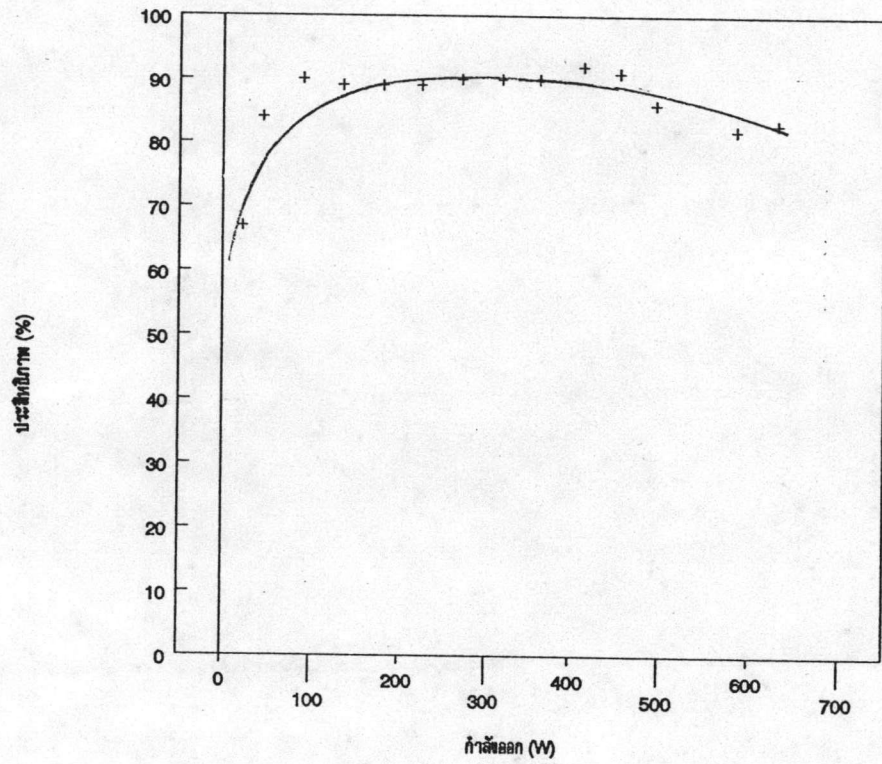
Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	n (%)
24.5	1.4	34.3	460	0.1	23.0	67
24.5	2.2	53.9	450	0.1	45.0	84
24.5	4.1	100.5	450	0.2	90.0	90
24.5	6.2	151.9	450	0.3	135.0	89
24.5	8.3	203.4	450	0.4	180.0	89
24.5	10.3	252.4	450	0.5	225.0	89
24.5	12.3	301.4	450	0.6	270.0	90
24.5	14.5	355.3	455	0.7	318.5	90
24.5	16.5	404.3	455	0.8	364.0	90
24.5	18.3	448.4	460	0.9	414.0	92
24.5	20.5	502.3	455	1.0	455.0	91
24.5	23.5	575.8	450	1.1	495.0	86
24.5	25.5	624.7	450	1.2	540.0	86
24.5	29.0	710.5	450	1.3	585.0	82
24.5	31.0	759.5	450	1.4	630.0	83



รูปที่ 8.6 กระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำและแรงดันออกของวงจร
แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อจ่ายโหลดเต็มพิกัด
(แรงดัน 100 V/cm , กระแส 10 A/cm , เวลา 5 us/cm)

$$\begin{aligned}
 \text{การควบคุมค่าเชิงโหลด} &= \frac{\text{แรงดันไว้โหลด}-\text{แรงดันโหลดเต็มที่}}{\text{แรงดันโหลดเต็มที่}} \times 100 \\
 &= (460-450) \times 100 / 450 \\
 &= 2.22 \%
 \end{aligned}$$

จากตารางที่ 8.3 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง
ออกกับประสิทธิภาพของวงจรได้ดังรูปที่ 8.7

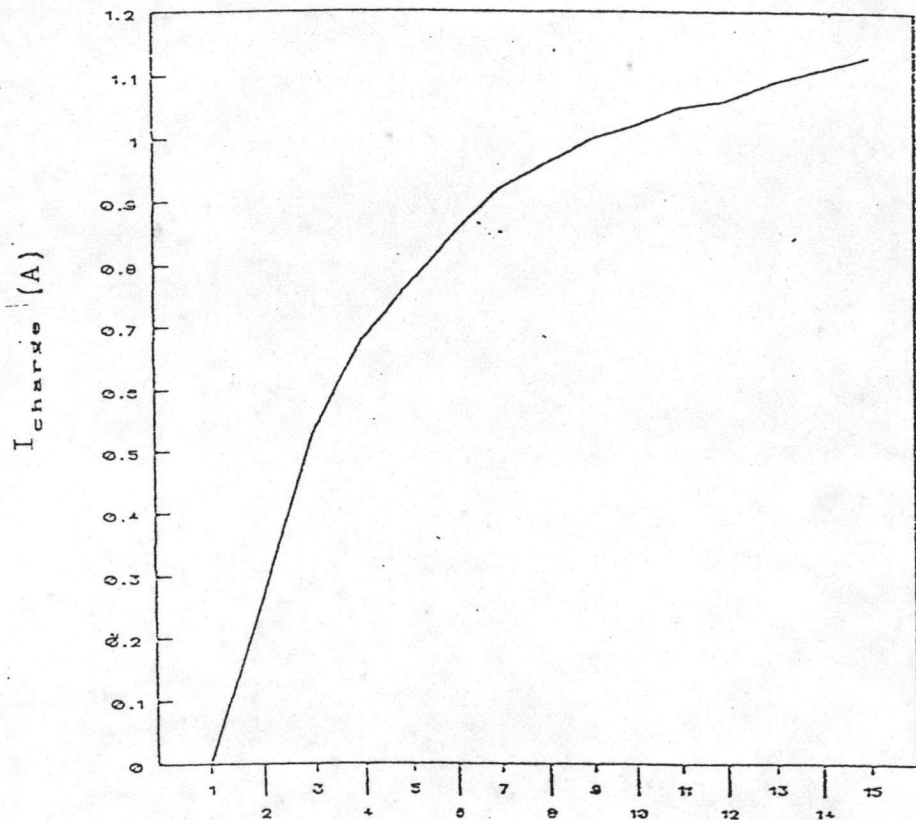


รูปที่ 8.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังออกและประสิทธิภาพของวงจรแปลงผัน
กำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 8.7 จะเห็นว่าประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า
กระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าประมาณ 90 % เมื่อมีการจ่ายกำลังมากกว่า
100 วัตต์

8.3 การทดสอบวงจรประจุแบตเตอรี่

เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงแรงดันคร่อมวงจรประจุแบตเตอรี่ จะทำให้กระแสที่ไหลผ่านวงจรเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากในช่วงที่แรงดันคร่อมวงจรต่ำกว่า 5 โวลต์ แต่มีการเปลี่ยนแปลงของกระแสเล็กน้อย และกระแสจะมีค่าประมาณเท่ากับ 1 แอมแปร์ (10 % ของขนาด A-hr ของแบตเตอรี่) เมื่อแรงดัน V_{AB} (ดูรูปที่ 5.8) อยู่ระหว่าง 5-15 โวลต์ ดังแสดงในรูปที่ 8.8

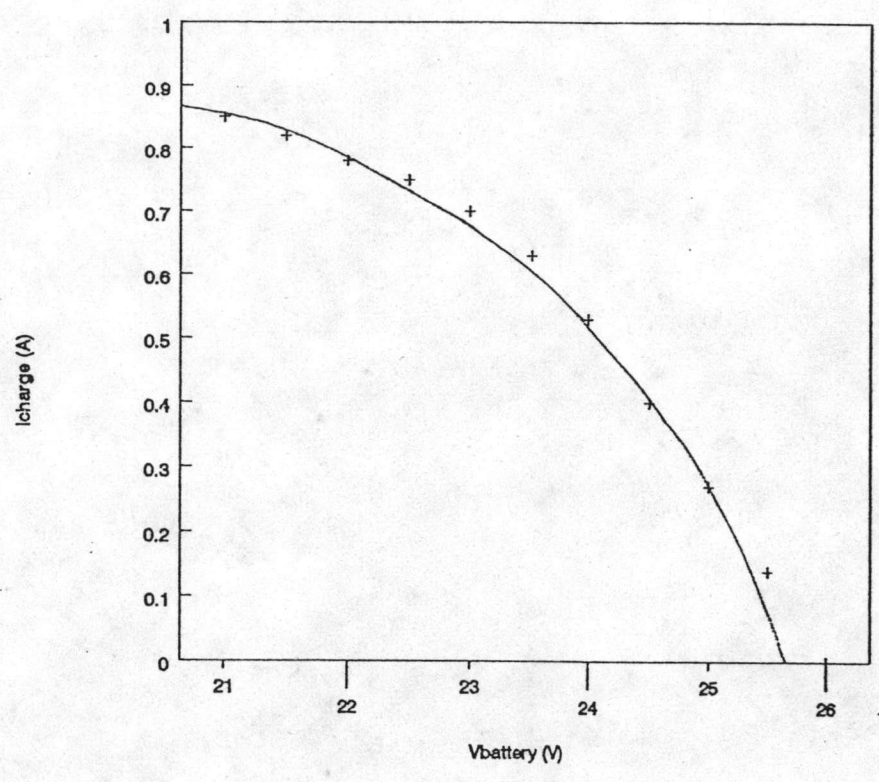


แรงดัน V_{AB} คร่อมวงจรจำกัดกระแสประจุแบตเตอรี่ (V)

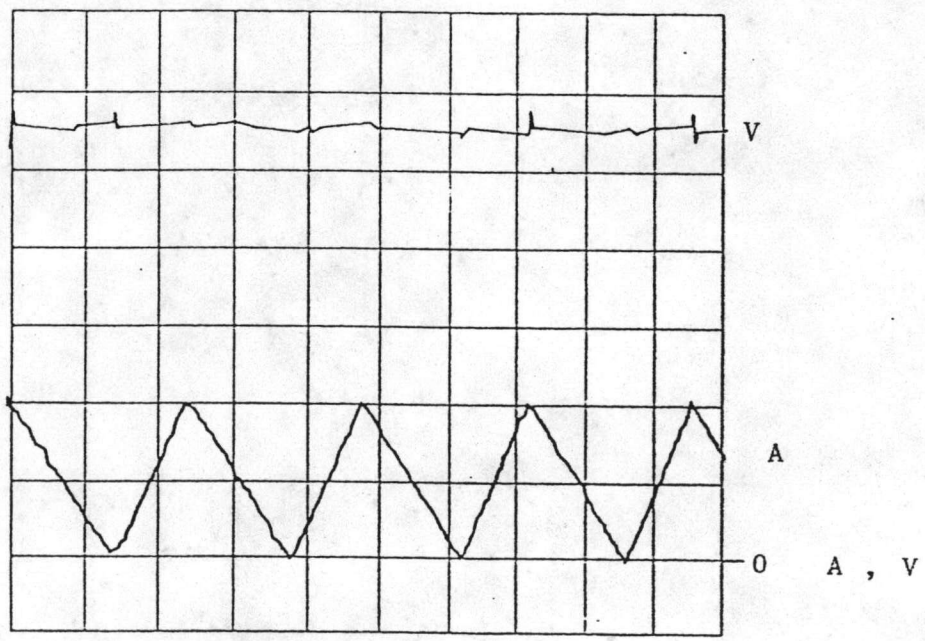
รูปที่ 8.8 คุณลักษณะของวงจรประจุแบตเตอรี่

จะเห็นได้ว่าวงจรจำกัดกระแสประจุแบตเตอรี่ สามารถจำกัดค่าของกระแสได้ตามต้องการ และลักษณะการประจุแบตเตอรี่ของวงจรเป็นดังรูปที่ 8.9

ในรูปที่ 8.10 จะแสดงรูปคลื่นของแรงดันออกของวงจรประจุแบตเตอรี่ และกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อวงจรจ่ายกระแส 1 แอมแปร์



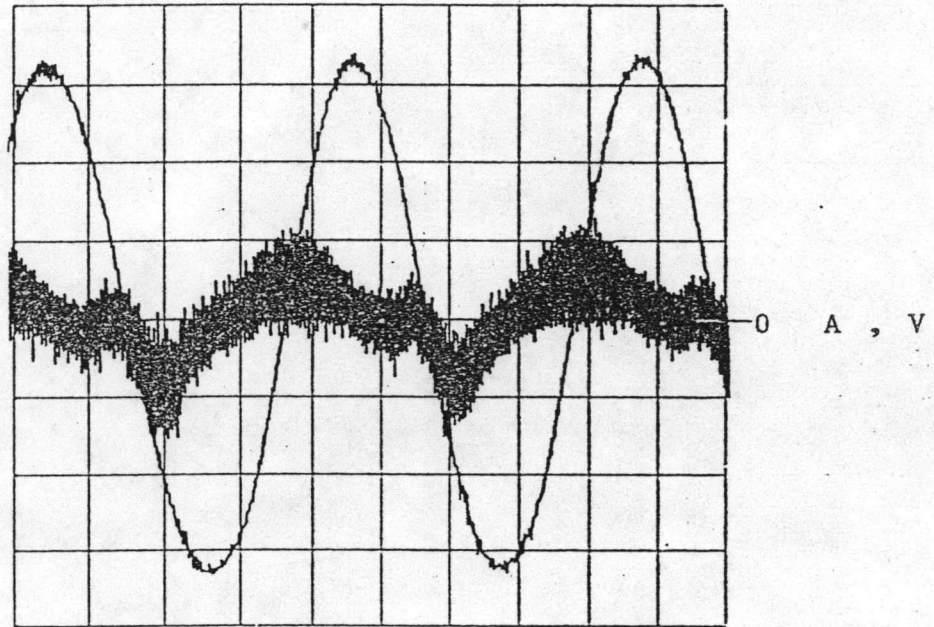
รูปที่ 8.9 ลักษณะการประจุแบตเตอรี่ของวงจร (เมื่อคุมค่าแรงดันออก V_{ob} ให้มีค่าเท่ากับ 27 โวลต์)



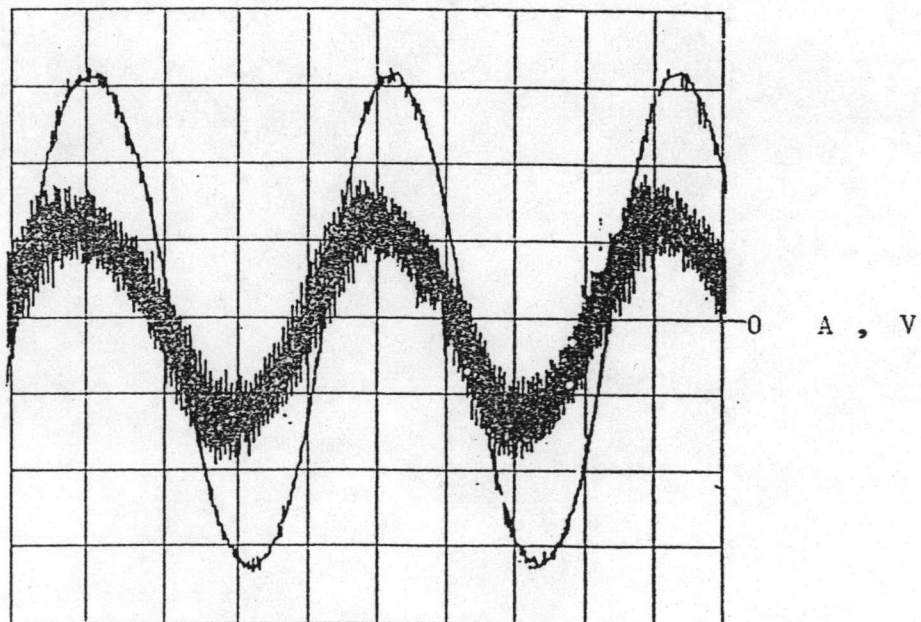
รูปที่ 8.10 แรงดันออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อจ่ายโหลด 1 แอมแปร์ (แรงดัน 5 V/cm , กระแส 1 A/cm , เวลา 10 us/cm)

8.4 การทดสอบวงจรอินเวอร์เตอร์

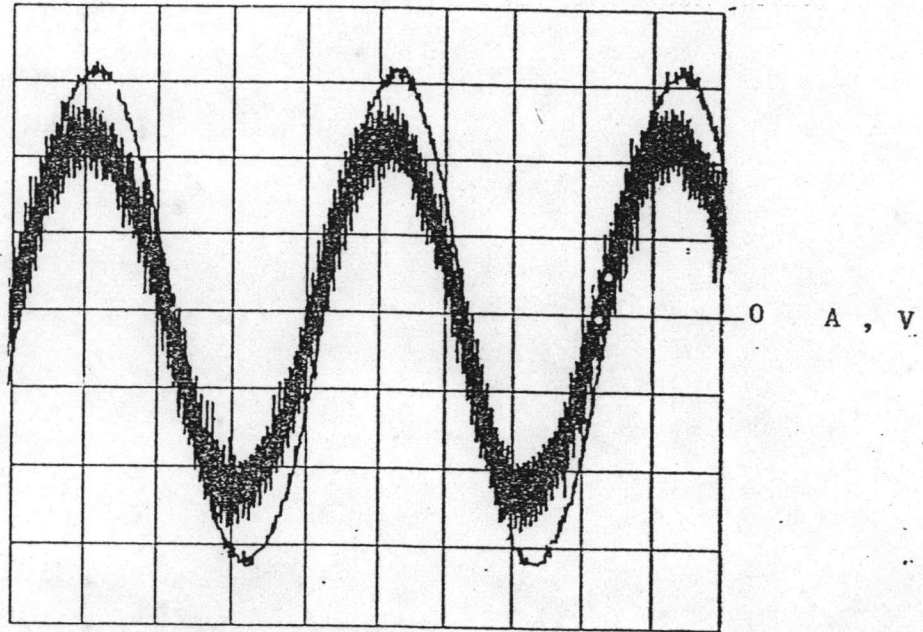
รูปคลื่นของแรงดันด้านออก และกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของวงจรอินเวอร์เตอร์ เมื่อจ่ายโหลดที่ค่าต่างๆ เป็นดังรูปที่ 8.11 ถึงรูปที่ 8.17



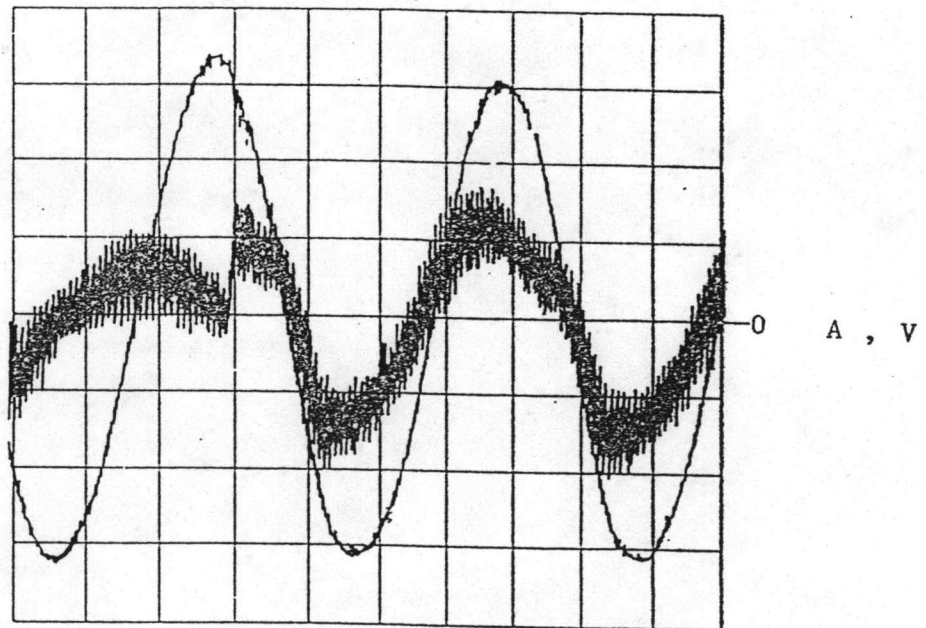
รูปที่ 8.11 แรงดันออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำที่สภาวะโหลด 0%
(แรงดัน 100 V/cm , กระแส 1 A/cm , เวลา 5 ms/cm)



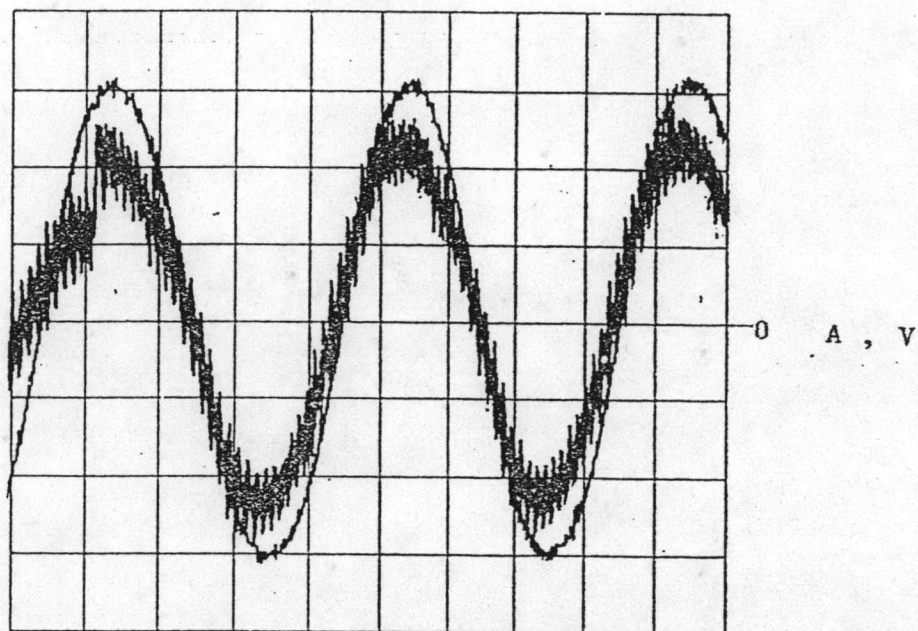
รูปที่ 8.12 แรงดันออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อจ่ายโหลด 50 %
(แรงดัน 100 V/cm , กระแส 1 A/cm , เวลา 5 ms/cm)



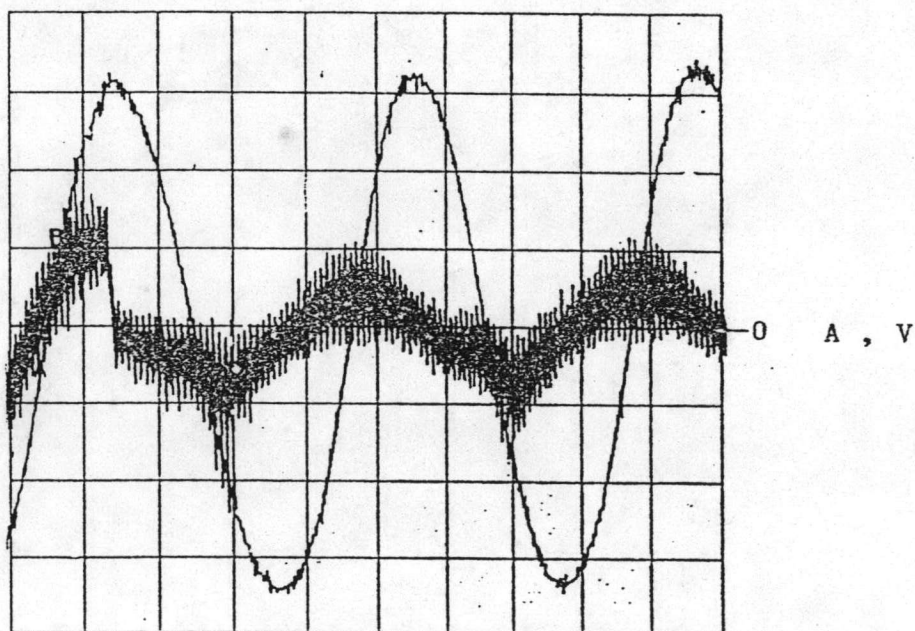
รูปที่ 8.13 แรงดันออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อจ่ายโหลด 100 %
(แรงดัน 100 V/cm , กระแส 1 A/cm , เวลา 5 ms/cm)



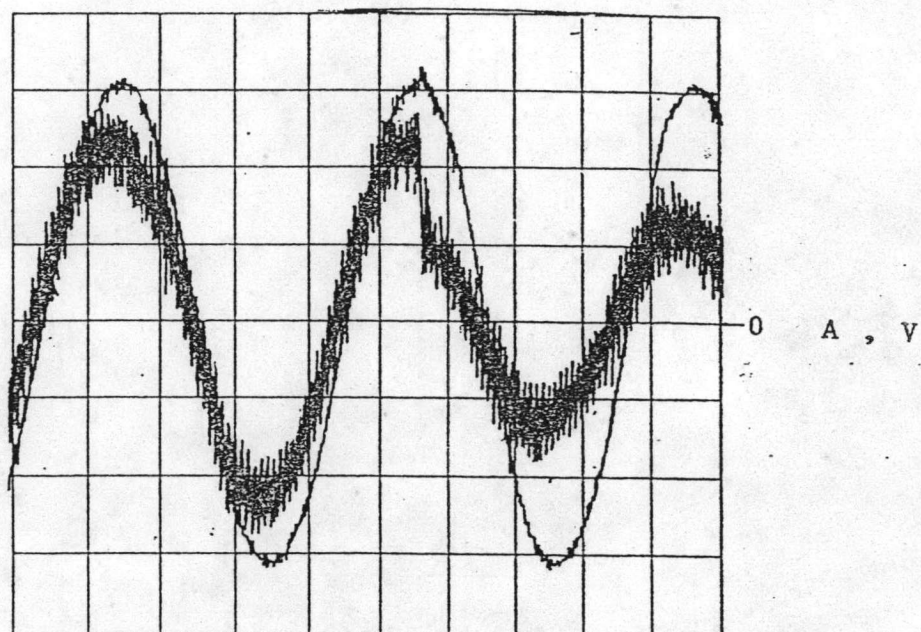
รูปที่ 8.14 แรงดันออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อโหลดเปลี่ยน 0%-50%
(แรงดัน 100 V/cm , กระแส 1 A/cm , เวลา 5 ms/cm)



รูปที่ 8.15 แรงดันออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อโหลดเปลี่ยน 50%-100%
(แรงดัน 100 V/cm , กระแส 1 A/cm , เวลา 5 ms/cm)



รูปที่ 8.16 แรงดันออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อโหลดเปลี่ยน 50%-0%
(แรงดัน 100 V/cm , กระแส 1 A/cm , เวลา 5 ms/cm)



รูปที่ 8.17 แรงดันออกและกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อโหลดเปลี่ยน 100%-50%
(แรงดัน 100 V/cm , กระแส 1 A/cm , เวลา 5 ms/cm)

เมื่อทำการวัดค่าต่างๆเมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อหาลักษณะสมบัติ
และประสิทธิภาพของวงจรอินเวอร์เตอร์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 8.4 และ
ตารางที่ 8.5

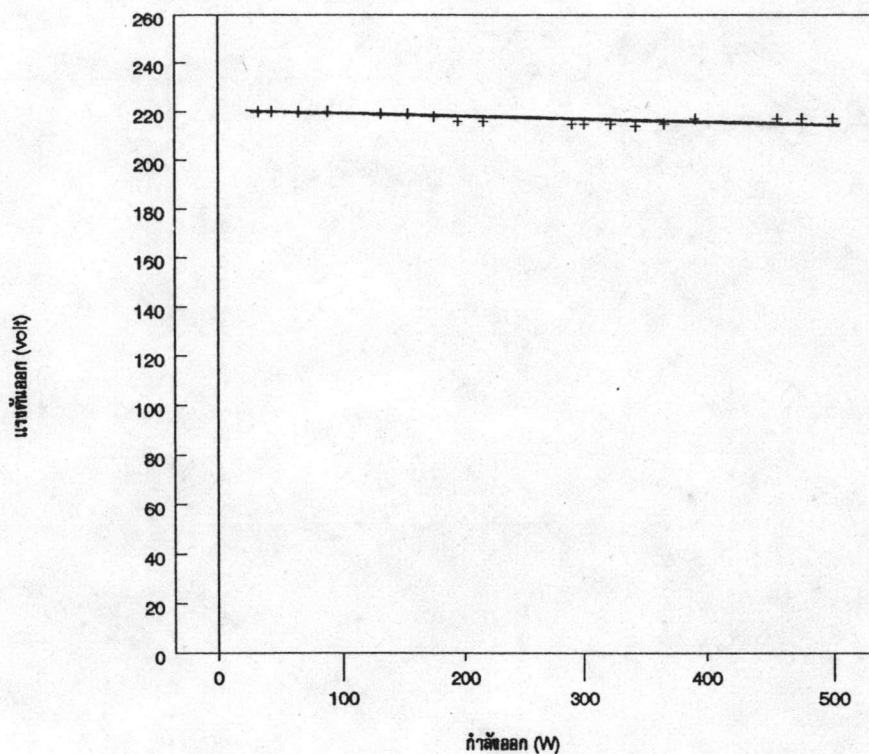
ตารางที่ 8.4 คุณสมบัติของวงจรอินเวอร์เตอร์

Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	η (%)
450	0.13	58.5	220	0.2	33.0	56
450	0.19	85.5	220	0.2	44.0	52
450	0.25	112.5	220	0.3	66.0	59
450	0.30	135.0	220	0.4	88.0	65
450	0.39	175.5	219	0.6	131.4	75
450	0.49	220.5	219	0.7	153.3	70
450	0.52	234.0	218	0.8	174.4	75
450	0.56	252.0	216	0.9	194.4	77
450	0.60	270.0	216	1.0	216.0	80
450	0.78	357.0	215	1.35	290.3	83
450	0.80	360.0	215	1.4	301.0	84
450	0.85	382.5	215	1.5	322.5	84
450	0.88	396.0	214	1.6	342.4	87
450	0.92	414.0	215	1.7	365.5	88
450	0.98	441.0	217	1.8	390.6	89
450	1.13	508.5	217	2.1	455.7	90
450	1.18	531.0	217	2.2	475.2	90
450	1.22	549.0	217	2.3	499.1	91

ตารางที่ 8.5 การคุมค่าเชิงสายป้อนของวงจรอินเวอร์เตอร์

Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	η (%)
410	0.63	258.3	212	1.0	212	82
450	0.60	270.0	216	1.0	216	80
470	0.55	258.5	217	1.0	217	84

จากตารางที่ 8.4 นำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลัง
ออกกับค่าแรงดันด้านออก และกำลังด้านออกกับประสิทธิภาพได้ดังแสดงในรูปที่
8.18 และรูปที่ 8.19

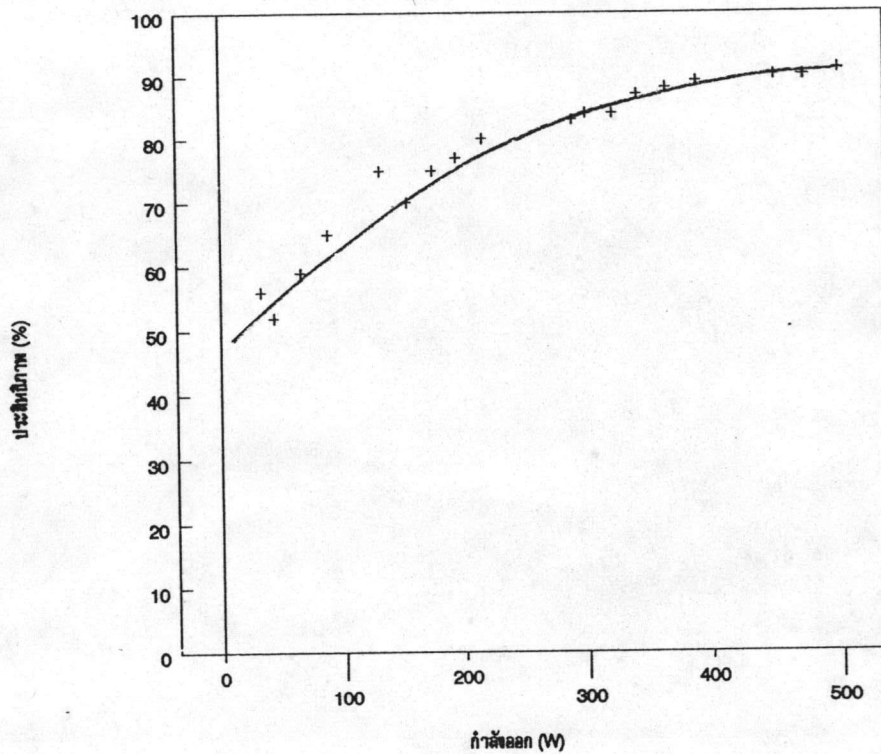


รูปที่ 8.18 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังออกกับแรงดันออกของวงจรอินเวอร์เตอร์

จากตารางที่ 8.4 และตารางที่ 8.5 สามารถนำมาหาค่าความคุมค่าเชิงสายป้อนของวงจรอินเวอร์เตอร์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ความคุมค่าเชิงโหลด} &= \frac{(\text{แรงดันไว้โหลด}-\text{แรงดันโหลดเต็มที่}) \times 100\%}{\text{แรงดันโหลดเต็มที่}} \\
 &= [(220-217) \times 100\%] / 217 \\
 &= 1.38 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ความคุมค่าเชิงสายป้อน} &= [(V_{\max} - V_{\min}) / V_{\min}] \times 100\% \\
 &= [(217-212) / 212] \times 100\% \\
 &= 2.34 \%
 \end{aligned}$$



รูปที่ 8.19 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังออกกับประสิทธิภาพของวงจรอินเวอร์เตอร์

เมื่อทำการเปลี่ยนโหลดจาก 0 ถึง 500 VA พบว่า ค่าความเพี้ยนฮาร์โมนิกผลรวม (THD) มีค่าไม่คงที่ ซึ่งค่าที่วัดได้จะอยู่ในช่วง 2.1%-4.6% ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งกำหนดไว้ว่าไม่เกิน 5 %

จะเห็นว่าค่าความคุมเชิงโหลดของแรงดันออก มีค่าค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากเมื่อกระแสโหลดเพิ่มขึ้น อินเวอร์เตอร์จะมีการสวิตซ์ด้วยความถี่ที่ต่ำกว่าที่ตั้งไว้บริเวณยอดของแรงดัน ทำให้ค่าอาร์เอ็มเอสของแรงดันมีค่าต่ำลง

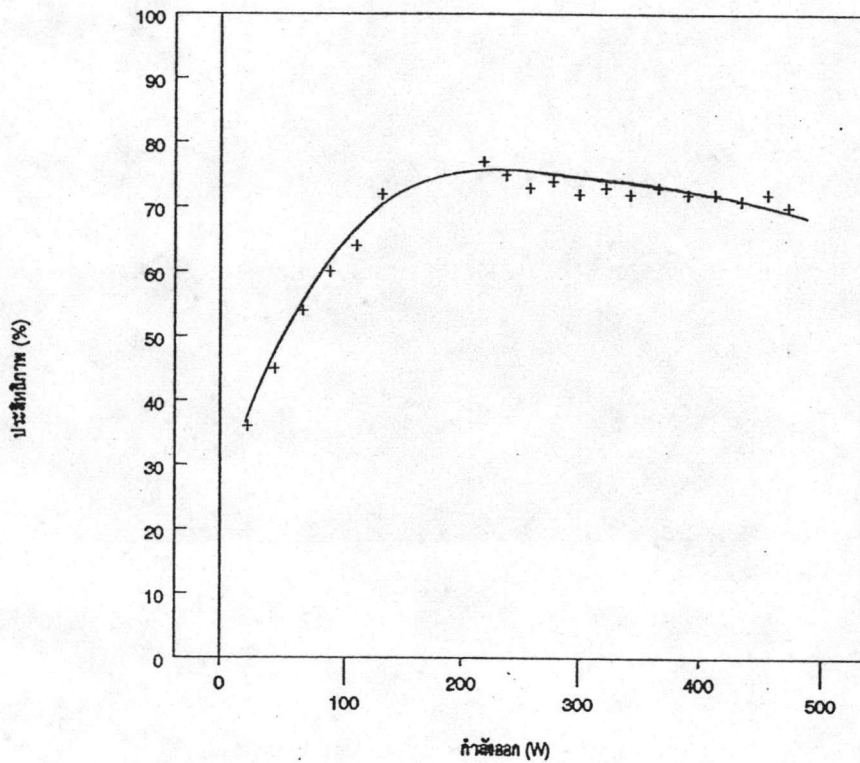
8.5 การทดสอบวงจรเมื่อทำการจ่ายกำลังสำรอง

ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่อง เมื่อทำการจ่ายกำลังสำรองจากแบตเตอรี่ ผ่านวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ไปยังวงจรอินเวอร์เตอร์เพื่อจ่ายให้กับโหลด ได้ผลดังตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.6 คุณลักษณะของ UPS เมื่อจ่ายกำลังสำรอง

Vin (V)	Iin (A)	Pin (W)	Vout (V)	Iout (A)	Pout (W)	n (%)
24.5	2.5	61.3	220	0.1	22.0	36
24.5	4.0	98.0	220	0.2	44.0	45
24.5	5.0	122.5	220	0.3	66.0	54
24.5	6.0	147.0	220	0.4	88.0	60
24.5	7.0	171.5	219	0.5	109.5	64
24.5	7.5	183.8	219	0.6	131.4	72
24.5	11.5	281.8	218	1.0	218.0	77
24.5	13.0	318.5	216	1.1	237.6	75
24.5	14.5	355.3	216	1.2	259.2	73
24.5	15.5	379.8	215	1.3	279.5	74
24.5	17.0	416.5	215	1.4	301.0	72
24.5	18.0	441.0	215	1.5	322.5	73
24.5	19.3	472.9	214	1.6	342.4	72
24.5	20.5	502.3	215	1.7	365.5	73
24.5	22.0	539.0	217	1.8	390.6	72
24.5	23.5	575.8	217	1.9	412.3	72
24.5	25.0	612.5	217	2.0	434.0	71
24.5	26.0	637.0	217	2.1	455.7	72
24.5	27.5	673.8	215	2.2	473.0	70
24.5	29.5	722.8	215	2.5	537.5	74

เมื่อนำผลจากตารางที่ 8.6 มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังออกของวงจรอินเวอร์เตอร์กับประสิทธิภาพจะได้ดังรูปที่ 8.20



รูปที่ 8.20 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังออกของอินเวอร์เตอร์กับประสิทธิภาพเมื่อจ่ายกำลังสำรอง

จากการทดสอบการทำงานของแหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่อง ที่สร้างขึ้นเมื่อทำการจ่ายกำลังสำรองจากแบตเตอรี่จะได้ว่า แหล่งจ่ายไฟแบบต่อเนื่องนี้มีประสิทธิภาพประมาณ 70 % เมื่อจ่ายกำลังให้กับโหลดมากกว่า 150 วัตต์