บทที่ 4

ผลการทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตซ์

การทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตซ์ แบ่งการทดสอบออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้คือ

4.1 การทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตซ์เพื่อหาผลตอบสนองความถี่

4.1.1 ทดสอบเพื่อวัดสัญญาณแรงดันด้านออกของวงจร

(1) ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V

(2) ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

4.1.2 ทดสอบเพื่อวัดเฟสระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต

(1) ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V

(2) ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

4.2 การทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตซ์เพื่อหาประสิทธิภาพของวงจร

4.2.1 ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V ที่ความถี่ต่าง ๆ กัน

4.2.2 ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V ที่ความถี่ต่าง ๆ กัน

4.2.3 ทดสอบวงจรเมื่อความถี่ 1kHz ที่แรงดันอินพุตต่าง ๆ กัน

4.3 การทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตซ์เพื่อวัดค่าความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิก

4.3.1 ทดสอบวงจรขยายเสียงแบบวิธีสวิตซ์วงจรเปิด(ไม่มีการป้อนกลับ)

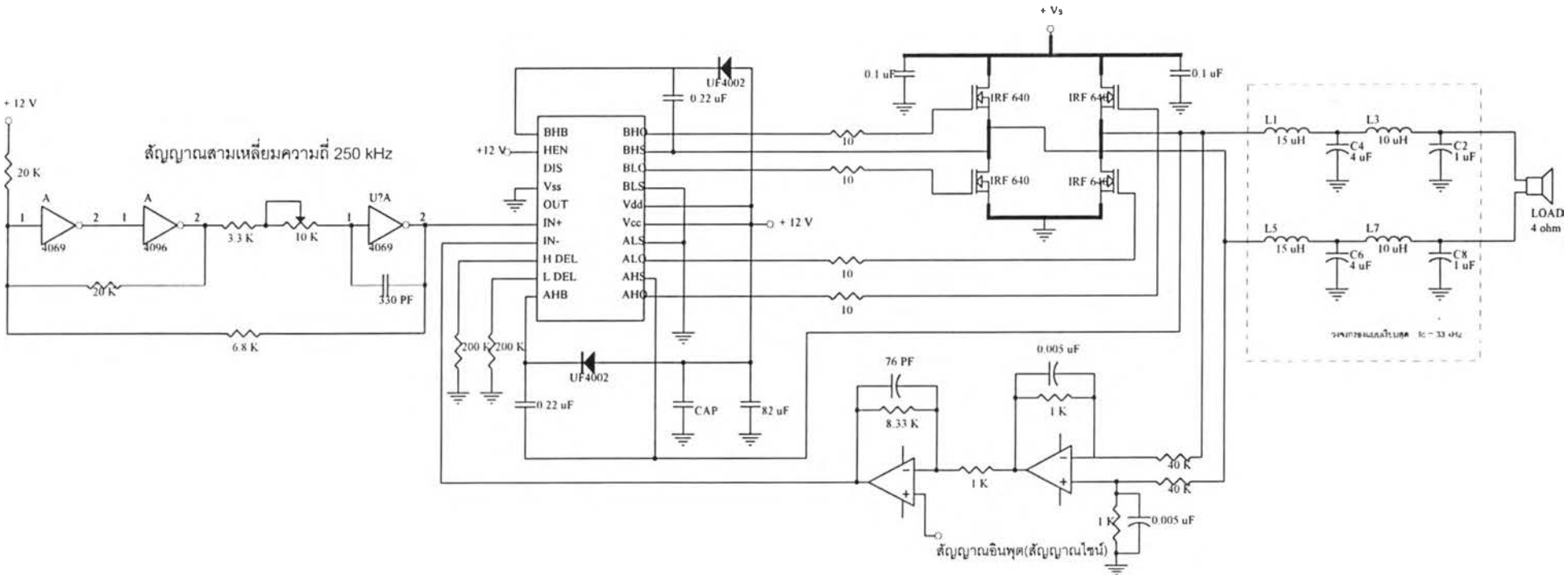
4.3.2 ทดสอบวงจรขยายเสียงแบบวิธีสวิตซ์วงจรปิด(มีการป้อนกลับ)

4.4 การทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตซ์เมื่อป้อนสัญญาณสามเหลี่ยม และสัญญาณสี่เหลี่ยมเข้าอินพุต ณ ความถี่ 1 kHz

4.4.1 ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตมีแอมพลิจูดเท่ากับ 0.6 V

4.4.2 ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตมีแอมพลิจูดเท่ากับ 1 V

4.5 การทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตซ์ เมื่อป้อนสัญญาณเสียง



รูปที่ 4.1 วงจรที่ใช้ทดสอบวงจรขยายแบบสวิตช์

4.1 การทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์เพื่อหาผลตอบสนองความถี่

4.1.1 ทดสอบเพื่อวัดสัญญาณแรงดันด้านออกของวงจร

ขั้นตอนการทดสอบ (ดูรูปที่ 4.1 ประกอบ)

1. ป้อนสัญญาณไซน์จากเครื่องกำเนิดเข้าอินพุต ซึ่งมีแอมพลิจูด 0.6 V และ1 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 20 Hz , 100 Hz , 500 Hz , 1 kHz , 5 kHz , 10 kHz , 15 kHz และ 20 kHz
2. ป้อนสัญญาณฟันเลื่อยแอมพลิจูด 2.2V ความถี่ 250 kHz
3. ป้อนแรงดันไฟตรง (V_s) เข้าวงจรแปลงผัน 40 V
4. วัดรูปสัญญาณแรงดันด้านออก ณ ความถี่ต่างๆ ข้างต้น
5. คำนวณค่ากำลังด้านออก จากสูตร $P_o = \frac{V_m^2}{(2R)}$
6. คำนวณค่าอัตราขยายแรงดัน จากสูตร อัตราการขยาย $= 20\log\frac{V_o}{V_i}(dB)$

(1) ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V

ผลการทดสอบสรุปได้ดังในตารางที่ 4.1 และแรงดันด้านออกแสดงอยู่ในรูปที่ 4.2 ถึง 4.9

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบวัดค่าแรงดันด้านออกที่ความถี่ต่าง ๆ เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V

ความถี่หลักมูล	20Hz	100Hz	500Hz	1kHz	5kHz	10kHz	15kHz	20kHz
แรงดันด้านออก (V)	22	22	22	22	23	22.5	22	21.5
กำลังด้านออก (W)	60.5	60.5	60.5	60.5	66.12	63.28	60.5	57.78
อัตราขยายแรงดัน (dB)	31.28	31.28	31.28	31.28	31.67	31.48	31.28	31.08

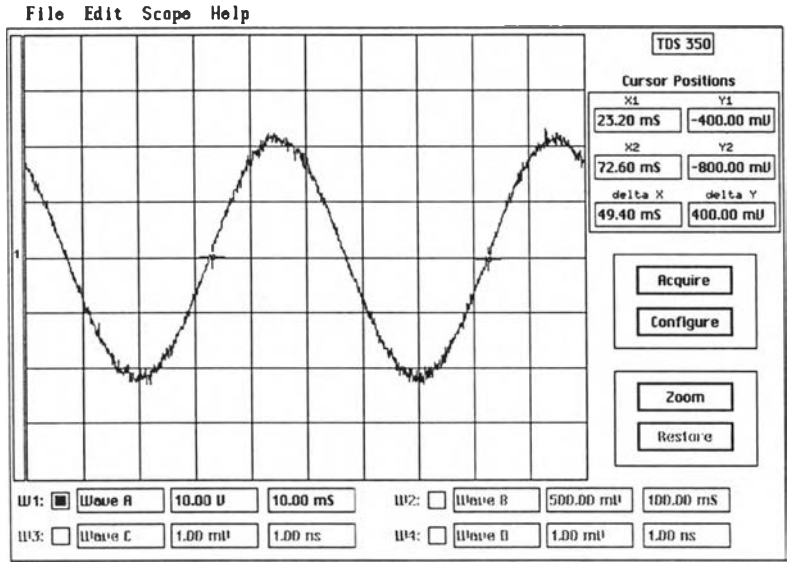
จากการทดสอบแสดงว่า แรงดันด้านออกเป็นไซน์มีความเพี้ยนไม่มากนัก มีแอมพลิจูด เกือบคงตัวและอัตราขยายแรงดันเท่ากับประมาณ 31 dB ซึ่งใกล้เคียงกับที่คำนวณไว้ ผลตอบสนองเชิงความถี่แสดงอยู่ในรูปที่ 4.10 ซึ่งแสดงว่าวงจรตอบสนองได้ดีจนถึงความถี่ 20 kHz

(2) ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

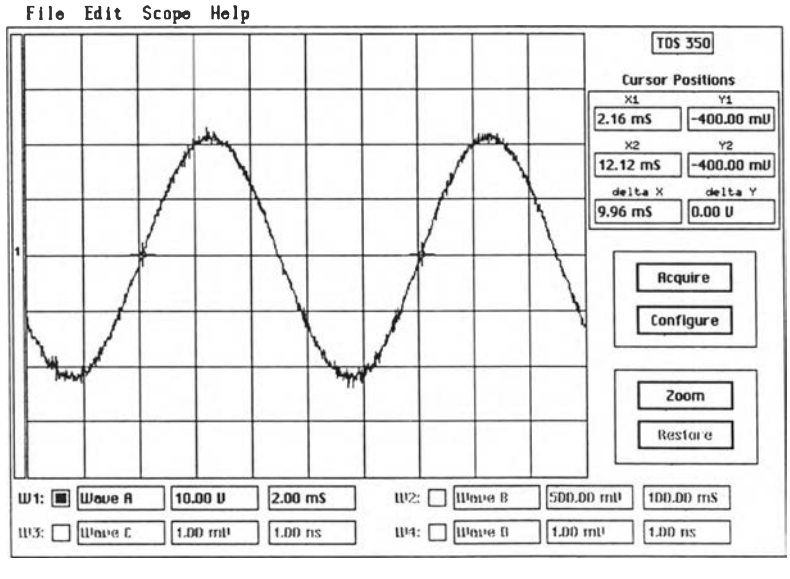
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบวัดค่าแรงดันด้านออกที่ความถี่ต่าง ๆ เมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

ความถี่หลักมูล	20Hz	100Hz	500Hz	1kHz	5kHz	10kHz	15kHz	20kHz
แรงดันด้านออก (V)	31.5	31.5	31.5	31.5	32	32.5	31.5	31.5
กำลังด้านออก (W)	124.03	124.03	124.03	124.03	128	132.03	124.03	124.03
อัตราขยายแรงดัน (dB)	29.96	29.96	29.96	29.96	30.10	30.23	29.96	29.96

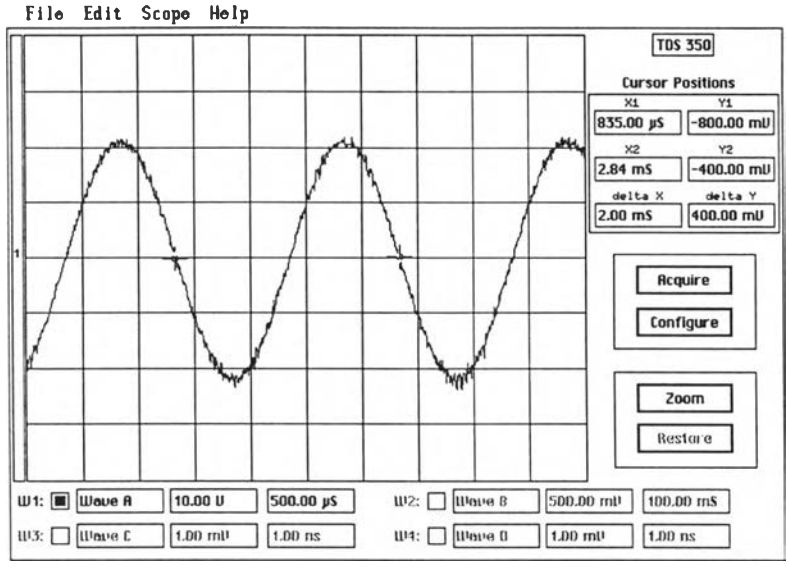
เมื่อเพิ่มแรงดันอินพุตเป็น 1 V กำลังด้านออกเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 120 W ตามที่ต้องการ ผลการทดสอบแสดงอยู่ในตารางที่ 4.2 และแรงดันออกมีรูปคลื่นดังในรูปที่ 4.11 ถึง 4.18 ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจเช่นเดียวกับกรณีแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V ส่วนผลตอบสนองเชิงความถี่ก็มีลักษณะราบเรียบเช่นกัน (ดูรูปที่ 4.19)



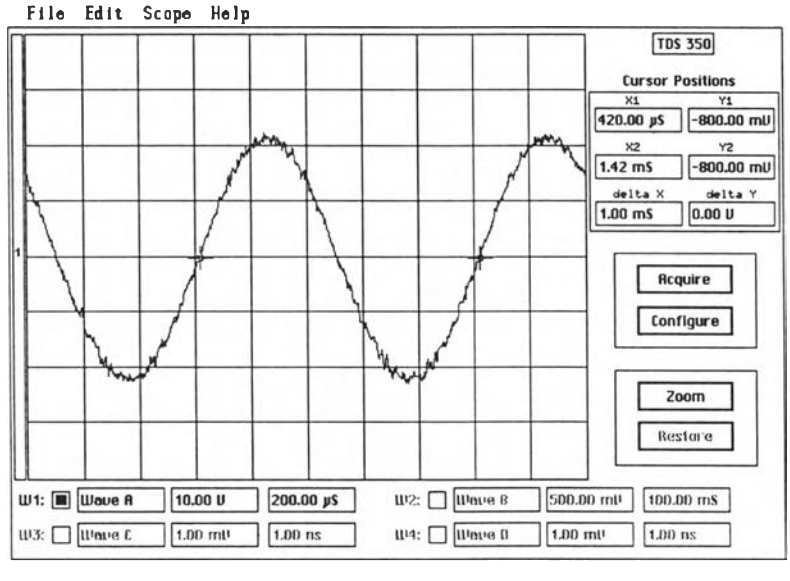
รูปที่ 4.2 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 0.6 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 20 Hz (Time : 10 ms/ div,Vert : 10 V/ div)



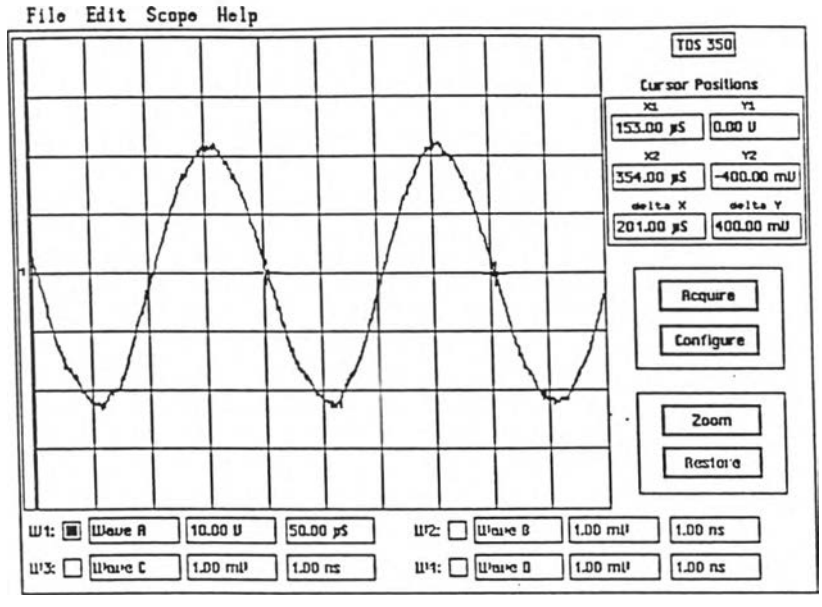
รูปที่ 4.3 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 0.6 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 100 Hz (Time : 2 ms/ div,Vert : 10 V/ div)



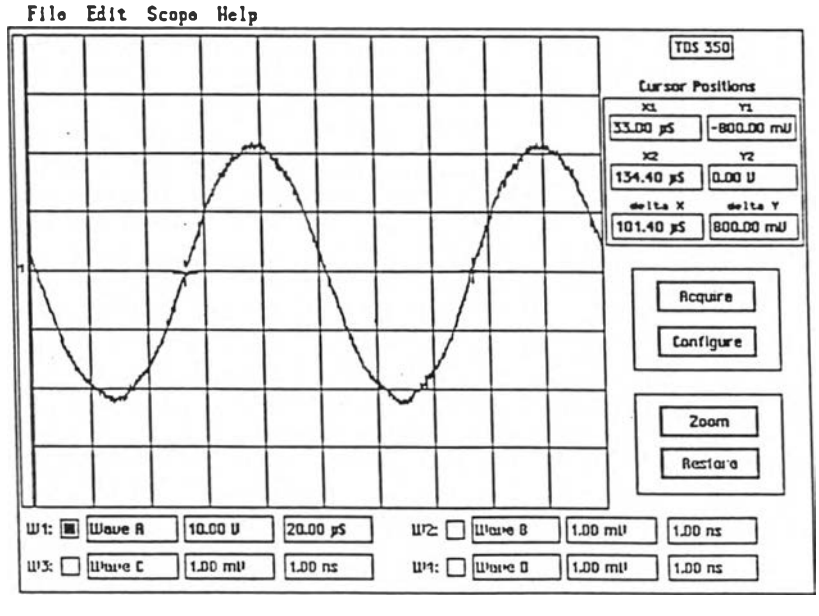
รูปที่ 4.4 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 0.6 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 500 Hz(Time : 0.5 ms/ div,Vert : 10 V/ div)



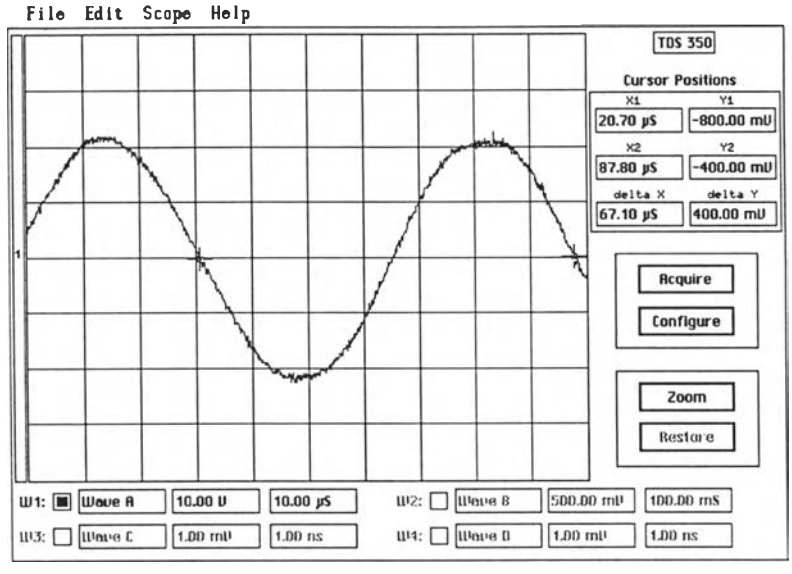
รูปที่ 4.5 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 0.6 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 1 kHz (Time : 0.2 ms/ div,Vert : 10 V/ div)



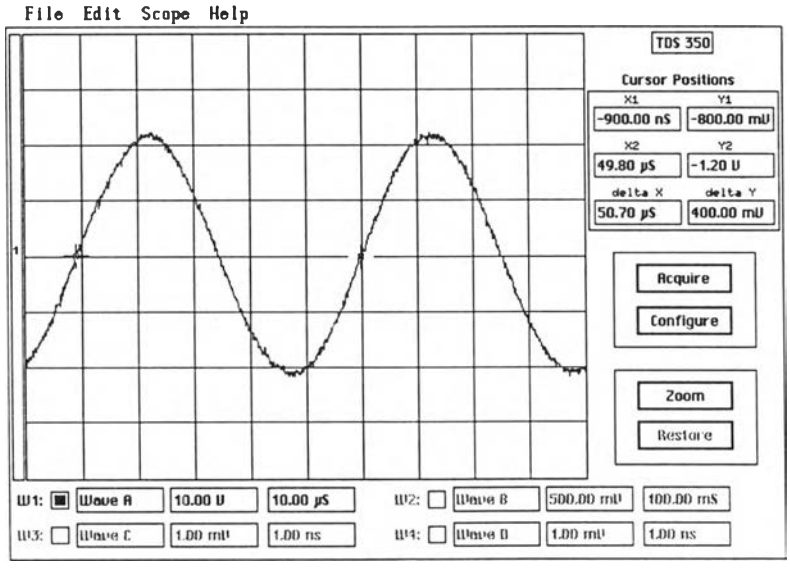
รูปที่ 4.6 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 0.6 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 5 kHz(Time : 50 µs/ div,Vert : 10 V/ div)



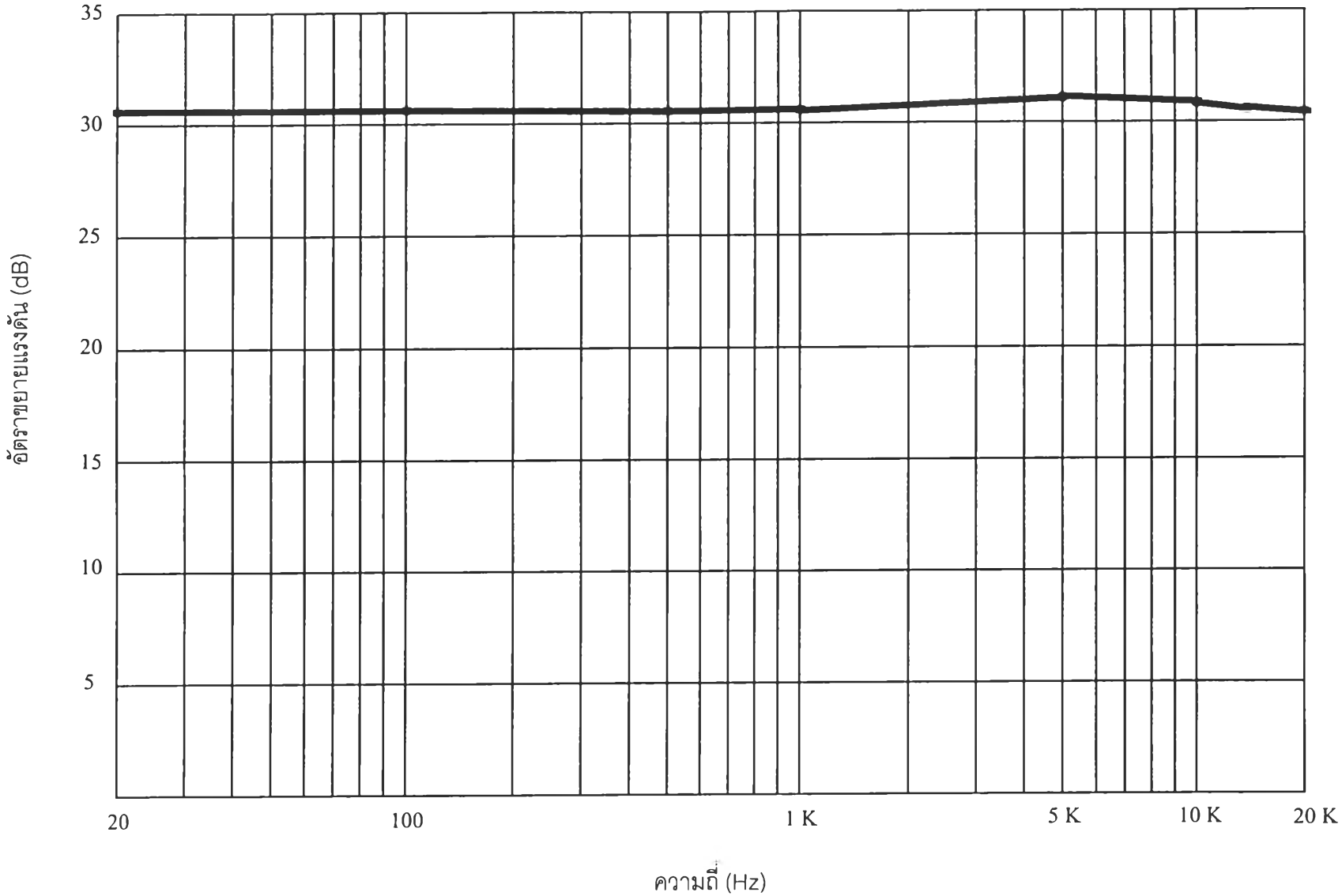
รูปที่ 4.7 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 0.6 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 10 kHz(Time : 20 µs/ div,Vert : 10 V/ div)



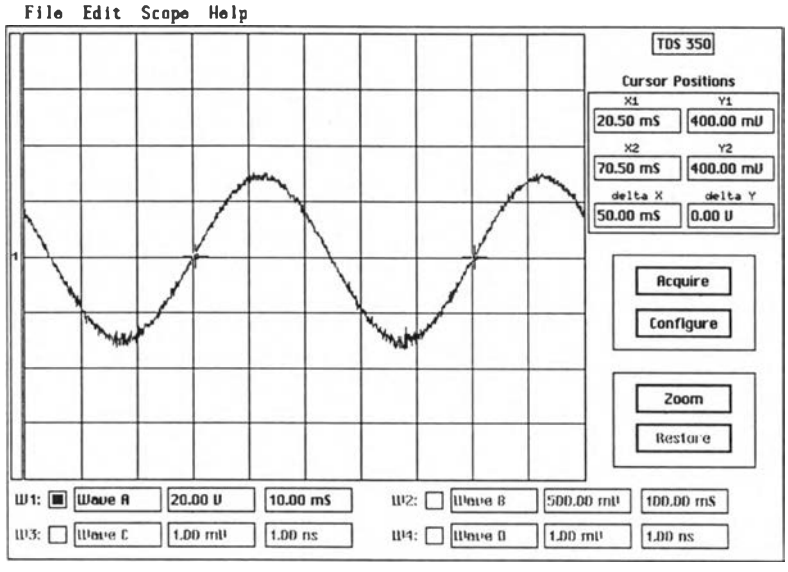
รูปที่ 4.8 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด
เท่ากับ 0.6 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 15 kHz(Time : 10 µs/ div,Vert : 10 V/ div)



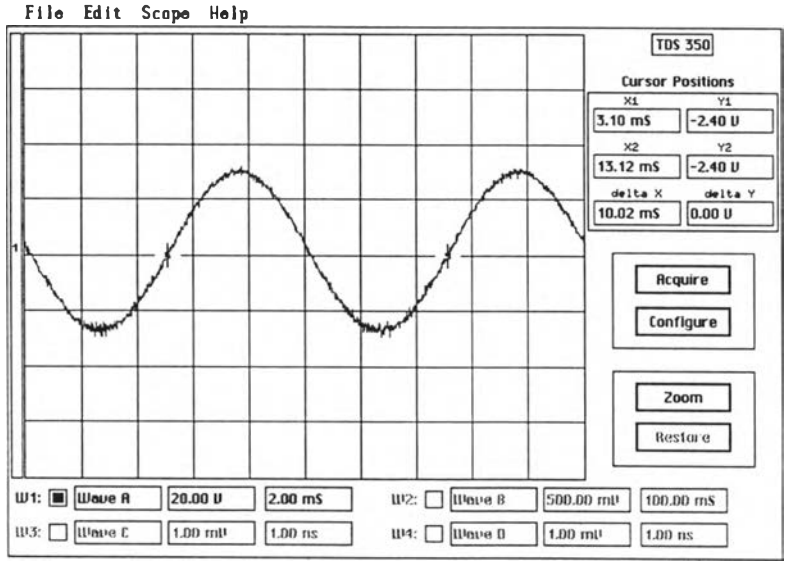
รูปที่ 4.9 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด
เท่ากับ 0.6 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 20 kHz (Time : 10 µs/ div,Vert : 10 V/ div)



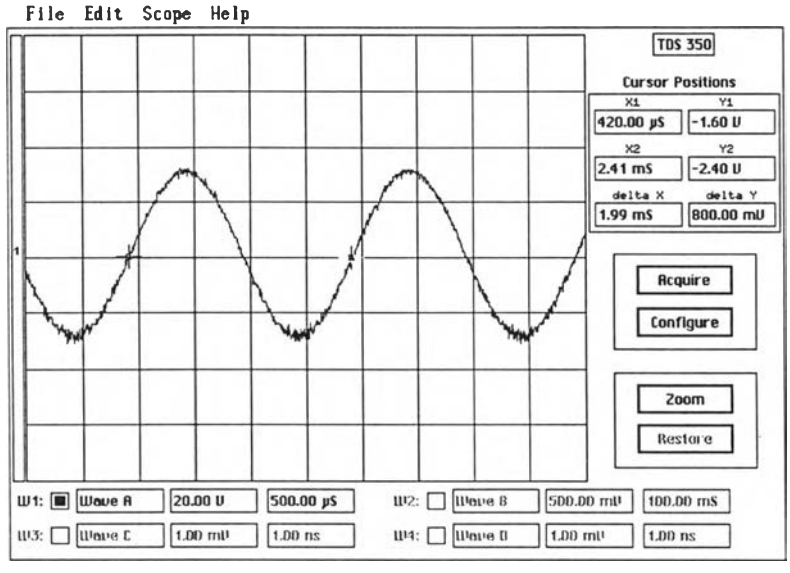
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลตอบสนองความถี่ของอัตราขยายแรงดันกรณีแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V



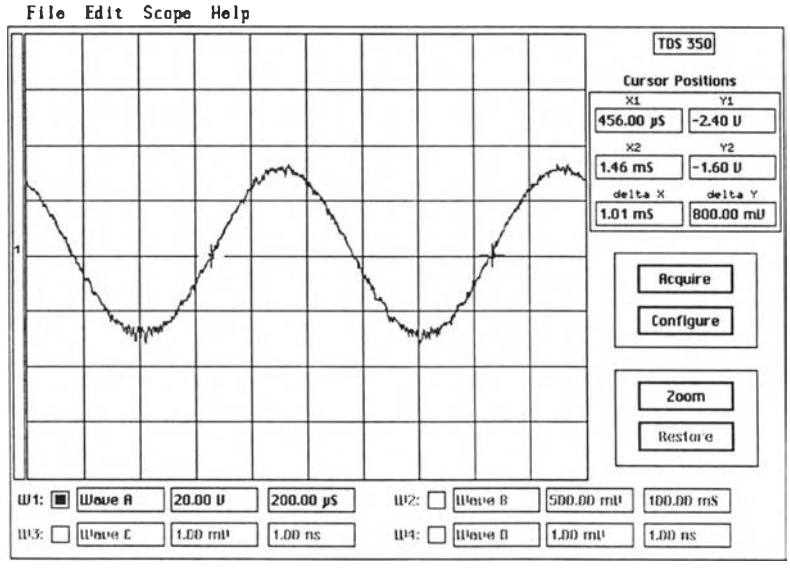
รูปที่ 4.11 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 1 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 20 Hz(Time : 10 ms/ div,Vert : 20 V/ div)



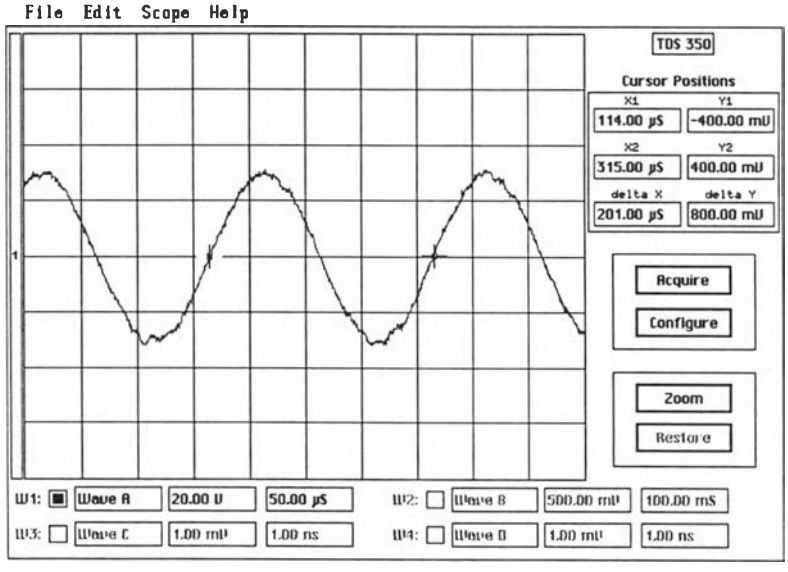
รูปที่ 4.12 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 1 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 100 Hz(Time : 2 ms/ div,Vert : 20 V/ div)



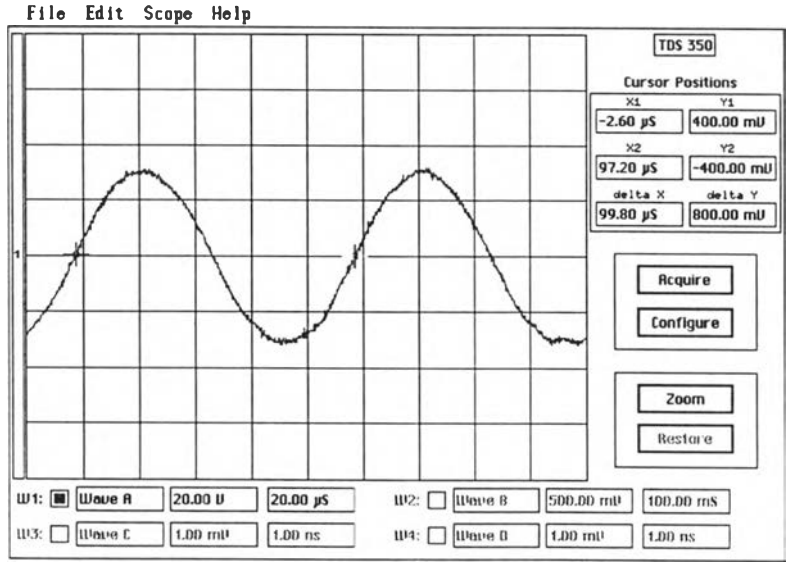
รูปที่ 4.13 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด
เท่ากับ 1 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 500 Hz(Time : 0.5 ms/ div,Vert : 20 V/ div)



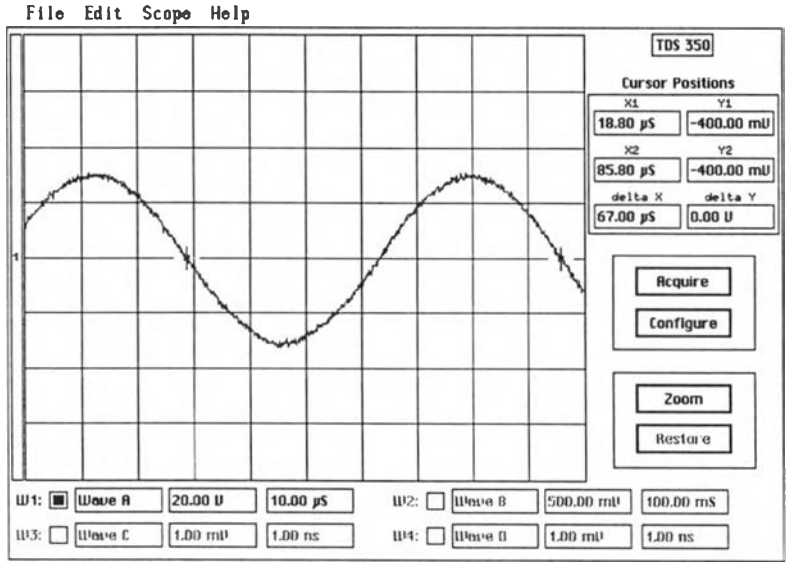
รูปที่ 4.14 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด
เท่ากับ 1 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 1 kHz(Time : 0.2 ms/ div,Vert : 20 V/ div)



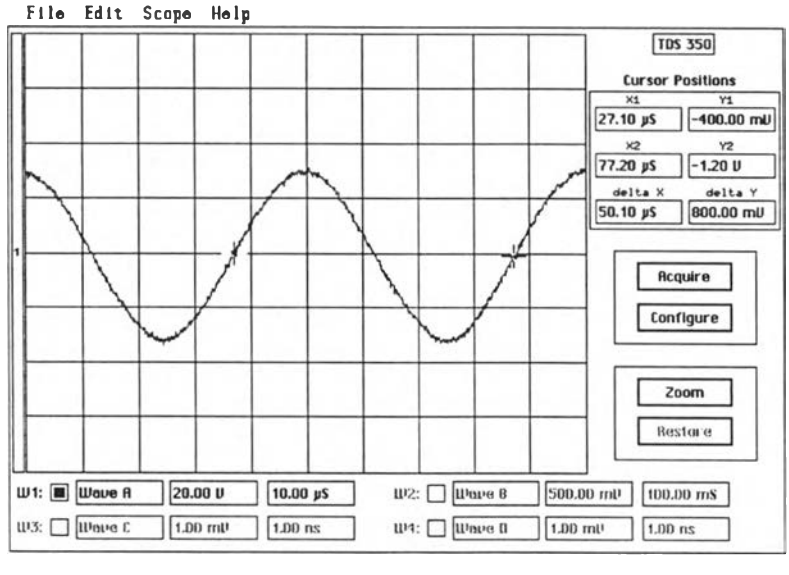
รูปที่ 4.15 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 1 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 5 kHz(Time : 50 µs/ div,Vert : 20 V/ div)



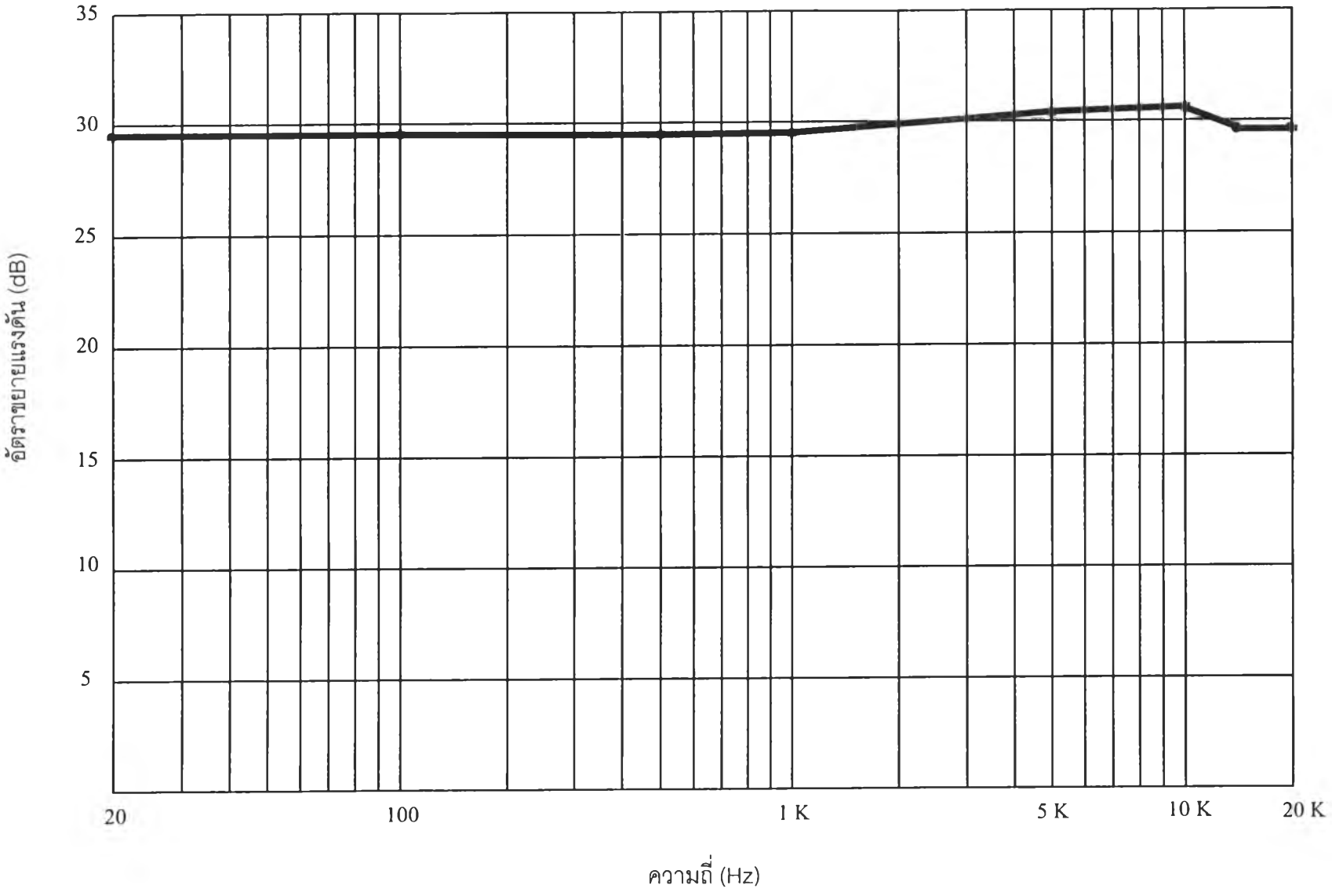
รูปที่ 4.16 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 1 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 10 kHz(Time : 20 µs/ div,Vert : 20 V/ div)



รูปที่ 4.17 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 1 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 15 kHz(Time : 10 µs/ div,Vert : 20 V/ div)



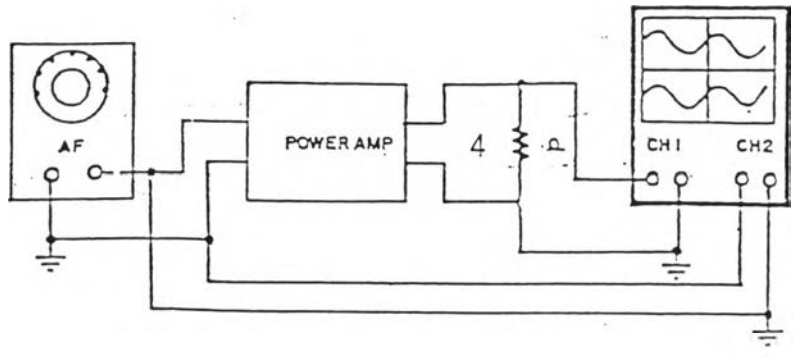
รูปที่ 4.18 แสดงแรงดันด้านออกของวงจรขยาย เมื่อสัญญาณอินพุตมีแอมพลิจูด เท่ากับ 1 V ความถี่หลักมูลเท่ากับ 20 kHz(Time : 10 µs/ div,Vert : 20 V/ div)



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลตอบสนองความถี่ของอัตราขยายแรงดันกรณีแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

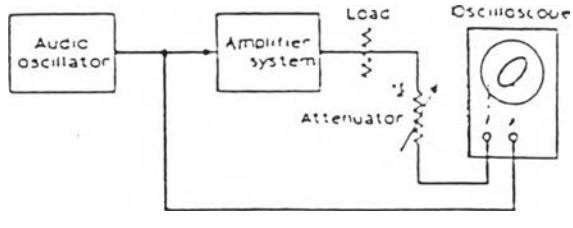
4.1.2 การทดสอบเพื่อวัดเฟสระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต

วิธีการวัดเฟสระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต อาจใช้วิธีการเปรียบเทียบรูปคลื่นของสัญญาณทั้งสอง ดังแสดงในรูปที่ 4.20



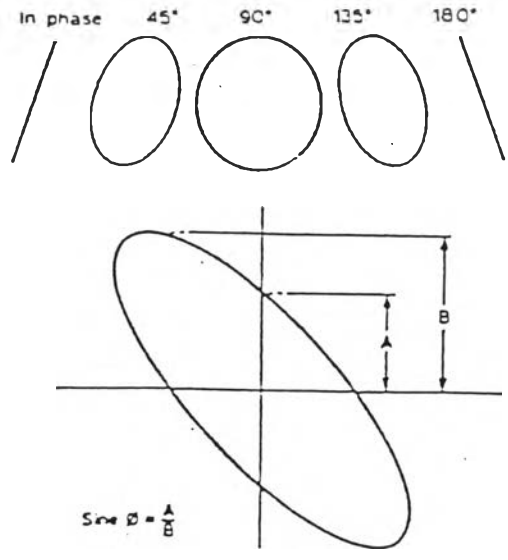
รูปที่ 4.20 การวัดเฟสระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตของวงจรขยาย

แต่การทดลองครั้งนี้ใช้วิธีของลิสซาจูในการวัดเฟสดังแสดงในรูปที่ 4.21 โดยใช้ออสซิลโลสโคปที่สามารถวัดเปรียบเทียบแกน X และแกน Y ได้ โดยวัดสัญญาณอินพุตด้วยแกน X และวัดสัญญาณของเอาต์พุต ด้วยแกน Y โดยในการวัดจะต้องปรับให้ขนาดของสัญญาณทั้งสองมีขนาดเท่ากัน โดยลดทอนขนาดของสัญญาณเอาต์พุตให้มีขนาดเท่ากับสัญญาณอินพุต



รูปที่ 4.21 วิธีการวัดมุมต่างเฟสของสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุตแบบลิสซาจู ที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับวิธีการคำนวณหามุมต่างเฟส สามารถคำนวณได้ตามรูปที่ 4.22 โดยมุมต่างเฟสมีค่าเท่ากับ $\phi = \sin^{-1}\frac{A}{B}$ โดยขนาดของ A และ B วัดได้ตามรูป



รูปที่ 4.22 รูปร่างของการต่างเฟสต่าง ๆ และวิธีการวัด

(1) การทดสอบเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V

ผลการวัดเฟสแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.23 สังเกตว่าที่ความถี่ 20 kHz แรงดันด้านออกมีเฟสล้าหลังเพิ่มขึ้นกว่าที่ความถี่กลางประมาณ 85 องศา

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบเฟสระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V

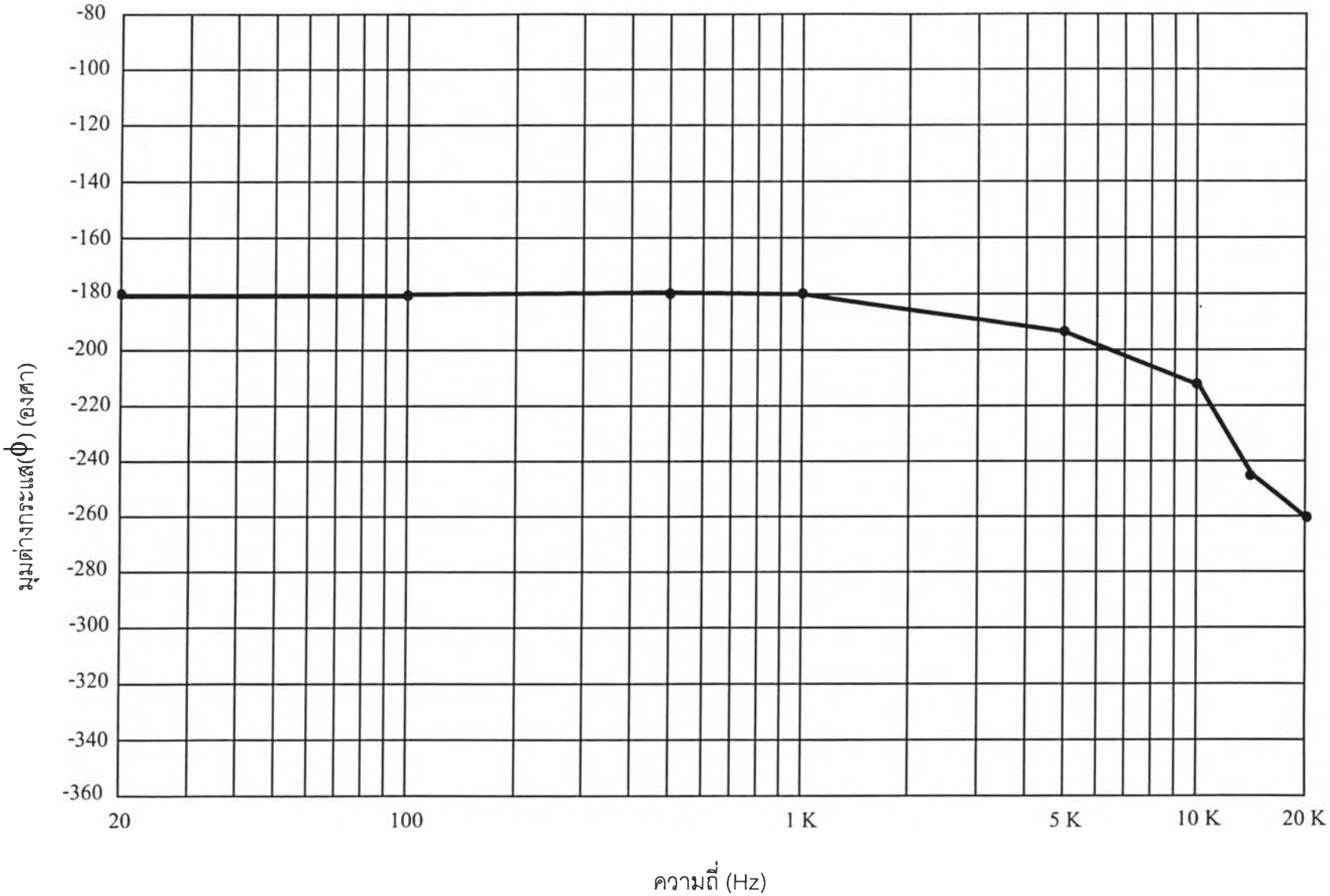
ความถี่หลักมูล	20 Hz	100 Hz	500 Hz	1kHz	5kHz	10 kHz	15 kHz	20 kHz
มุมต่างเฟส (องศา)	-180	-180	-180	-180	-196	-216	-242	-265

(2) การทดสอบเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

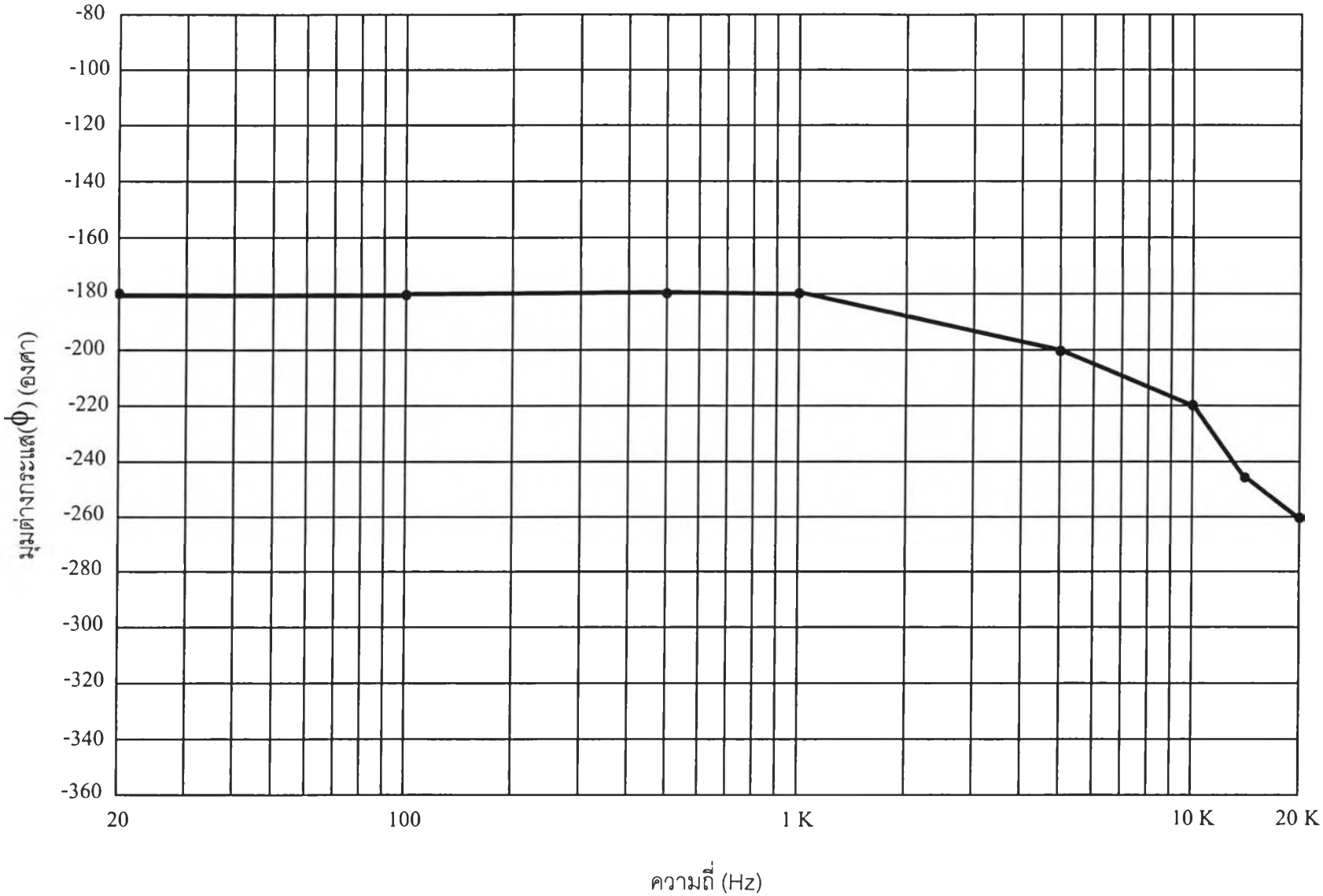
ผลการวัดเฟสแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.24 เฟสที่ 20 kHz ล้าหลังกว่าเฟสที่ความถี่ต่ำประมาณ 80 องศา

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบเฟสระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

ความถี่หลักมูล	20 Hz	100 Hz	500 Hz	1 kHz	5 kHz	10 kHz	15 kHz	20 kHz
มุมต่างเฟส (องศา)	-180	-180	-180	-180	-200	-220	-242	-260



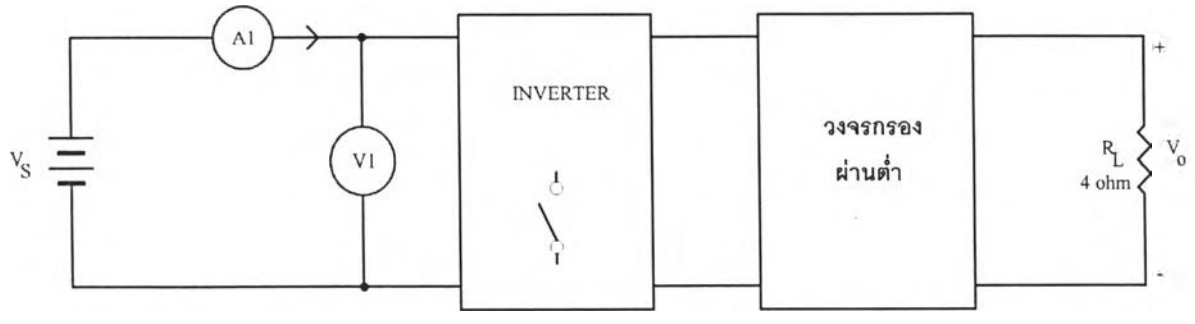
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงมุมต่างเฟสของวงจรขยายกรณีแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงมุมต่างเฟสของวงจรขยายกรณีแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

4.2 การทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์ทำงานวงรอบเปิดเพื่อหาประสิทธิภาพของวงจร

การวัดประสิทธิภาพทำได้โดยวัดกำลังด้านเข้าและด้านออก จากค่าของกระแสและแรงดันโดยใช้วงจรในรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 วงจรที่ใช้ทดสอบเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของวงจร

ผลการทดสอบ

ที่แรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 และ 1 V เมื่อแปลความถี่ระหว่าง 20 Hz ถึง 20 kHz ประสิทธิภาพจะลดลงเล็กน้อย (ดูตารางที่ 4.5 และ 4.6 กับกราฟในรูปที่ 4.26 และ 4.27) แต่ที่ความถี่คงตัวเท่ากับ 1 kHz ประสิทธิภาพมีค่าเกือบคงตัวเท่ากับประมาณ 73 % เมื่อกำลังด้านออกแปรค่าระหว่าง 15 ถึง 120 W (ดูตารางที่ 4.7 และกราฟรูปที่ 4.28)

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองหาค่าประสิทธิภาพของวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V

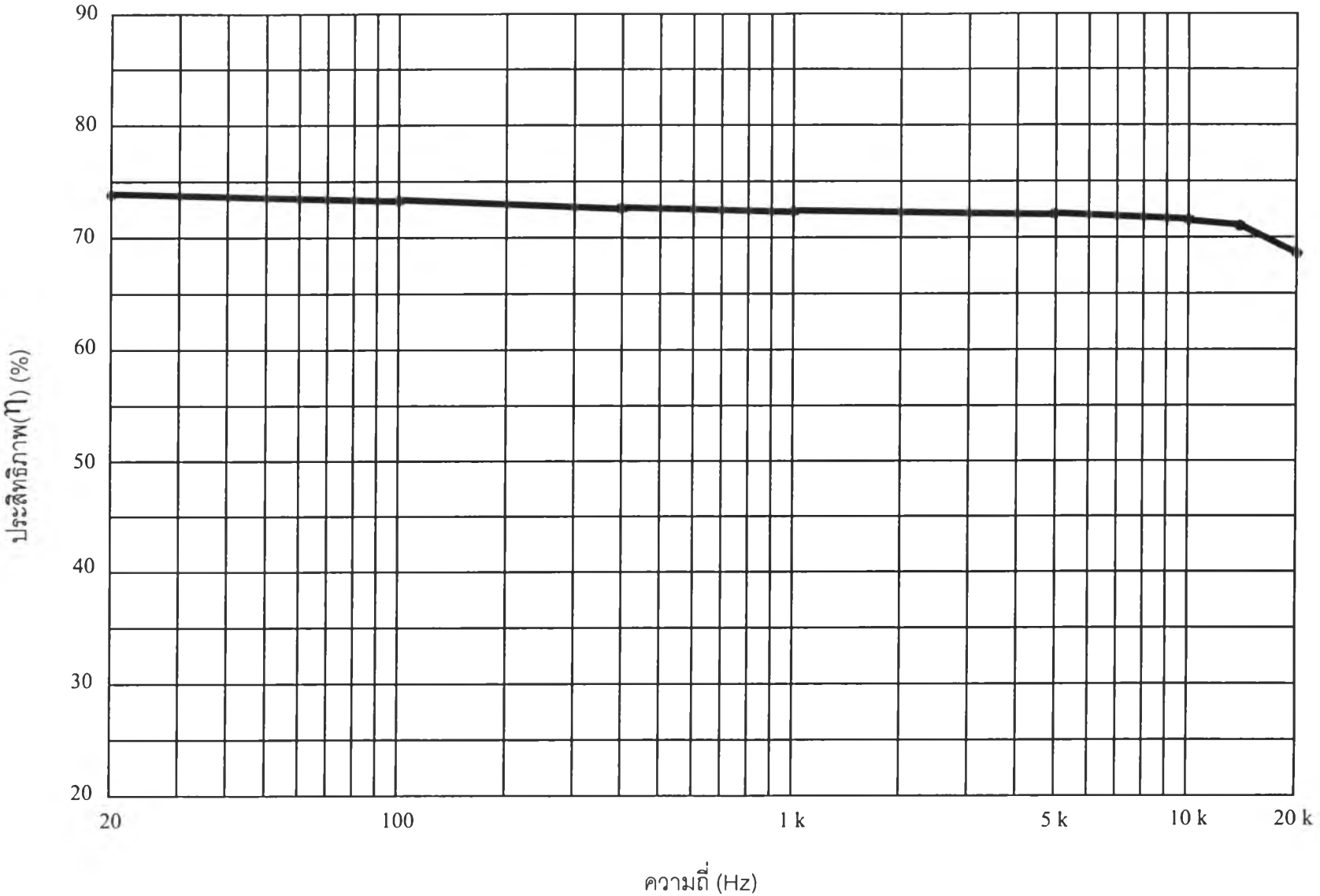
ความถี่หลักมูล	V_1 (V)	I_1 (A)	$P_i = V_1 I_1$ (W)	$P_o = V_0^2/2R_L$ (W)	$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100$ (%)
20Hz	40	2.03	81.20	60.5	74.5
100Hz	40	2.04	81.74	60.5	74.0
500Hz	40	2.07	82.88	60.5	73.0
1kHz	40	2.07	82.87	60.5	73.0
5kHz	40	2.28	91.20	66.12	72.5
10kHz	40	2.22	89.02	63.28	71.1
15kHz	40	2.14	85.91	60.50	70.4
20kHz	40	2.11	84.53	57.78	68.3

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองหาค่าประสิทธิภาพของวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

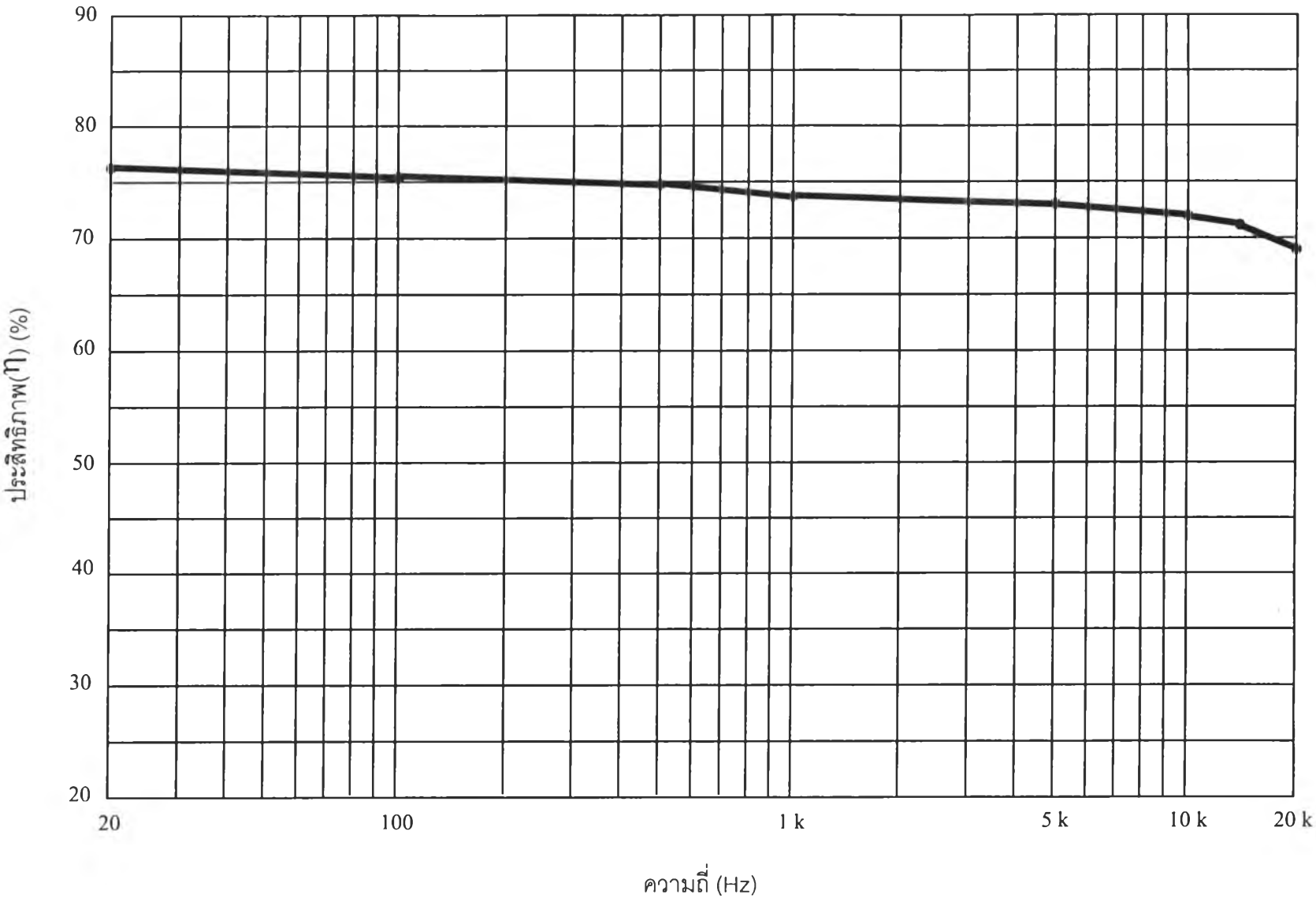
ความถี่หลักมูล	V_1 (V)	I_1 (A)	$P_i = V_1 I_1$ (W)	$P_o = V_0^2/2R_L$ (W)	$\eta = \frac{p_o}{P_i} \times 100$ (%)
20Hz	40	4.11	164.67	124.03	75.3
100Hz	40	4.12	165.04	124.03	75.2
500Hz	40	4.15	166.17	124.03	74.6
1kHz	40	4.17	166.90	124.03	74.3
5kHz	40	4.33	173.39	128.00	73.8
10kHz	40	4.54	181.85	124.03	72.6
15kHz	40	4.36	174.59	124.03	71.0
20kHz	40	4.43	177.56	124.03	69.9

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองหาค่าประสิทธิภาพของวงจรเมื่อความถี่หลักมูลเท่ากับ 1 kHz โดยแปรค่าแรงดันอินพุต

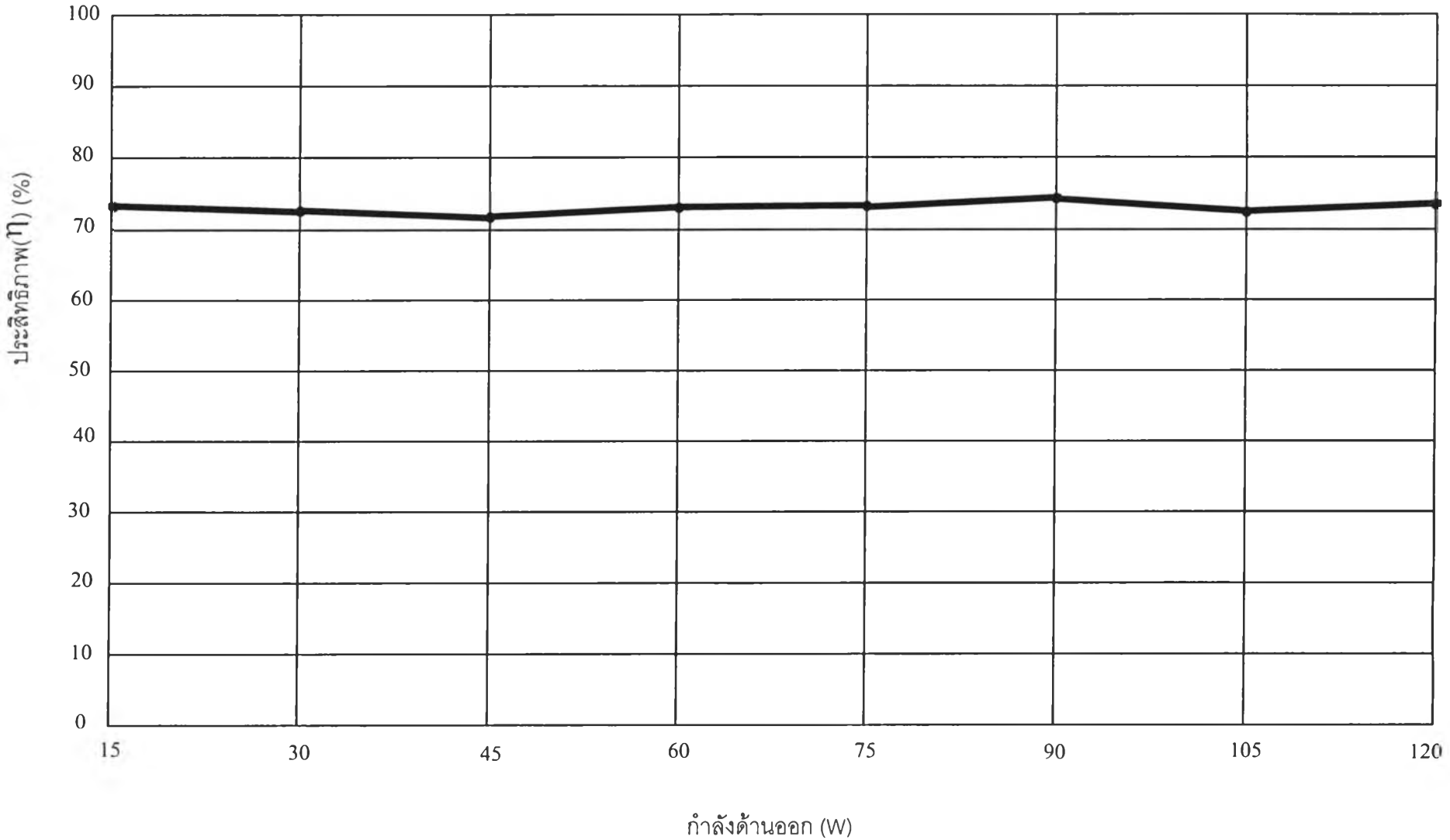
ความถี่หลักมูล	V_1 (V)	I_1 (A)	$P_i = V_1 I_1$ (W)	$P_o = V_0^2/2R_L$ (W)	$\eta = \frac{p_o}{P_i} \times 100$ (%)
1 kHz	40	0.51	20.68	15	72.5
1 kHz	40	1.04	41.60	30	72.1
1 kHz	40	1.57	62.93	45	71.5
1 kHz	40	2.05	82.19	60	73.0
1 kHz	40	2.55	102.31	75	73.3
1 kHz	40	3.02	120.80	90	74.5
1 kHz	40	3.56	144.23	105	72.8
1 kHz	40	4.03	161.48	120	74.3



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพ(η) ของวงจรขยายกรณีแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V



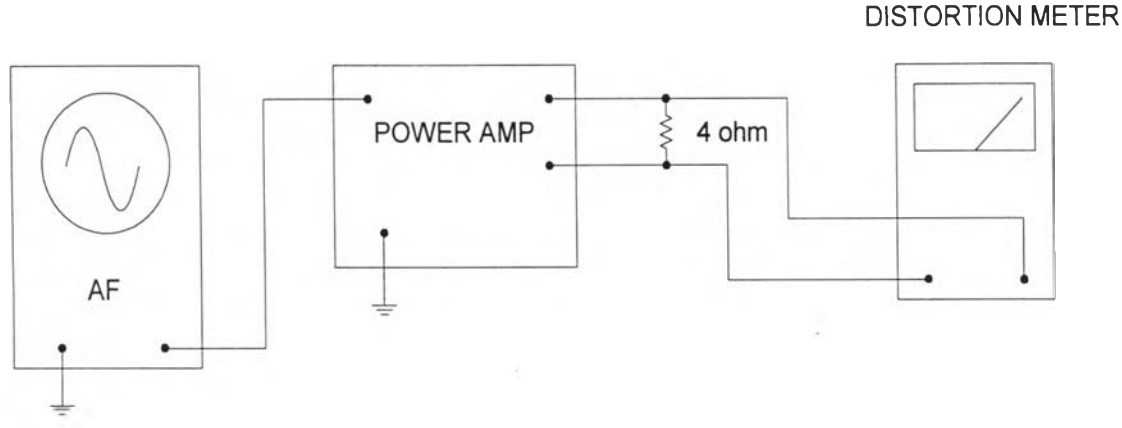
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพ(η) ของวงจรขยายกรณีแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพ(η) ของวงจรขยายกรณี ความถี่หลักมูลเท่ากับ 1 kHz

4.3 การทดสอบวงจรเพื่อวัดค่าความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิกของวงจร

ความเพี้ยนของแรงดันด้านออกสามารถวัดได้โดยใช้เครื่องวัดความเพี้ยน (distortion meter) ดังแสดงในรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 แสดงการวัดค่าความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิก

4.3.1 ผลการทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์ทำงานวงรอบเปิด (ไม่มีการป้อนกลับ)

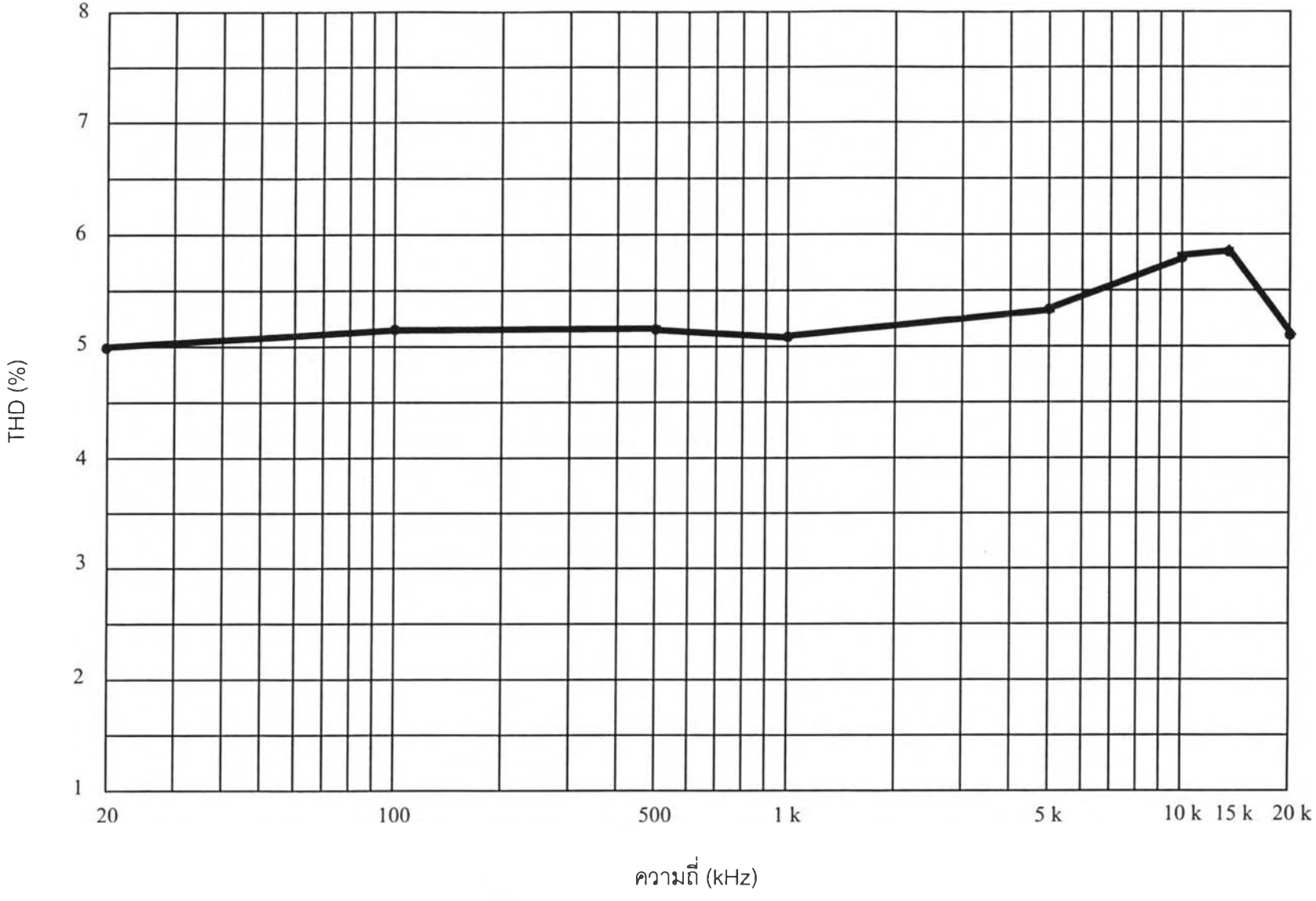
จากการทดสอบกรณีวงรอบเปิดปรากฏว่า (ดูตารางที่ 4.8 และ 4.9) ความเพี้ยนเพิ่มขึ้น (จากประมาณ 5% เป็น 7%) เมื่อเพิ่มแรงดันอินพุตจาก 1.2 V (ให้กำลังด้านออกประมาณ 60 W) เป็น 1.9 V (ให้กำลังด้านออกประมาณ 120 W) นอกจากนี้ความเพี้ยนยังมีค่าสูงสุดที่ความถี่ประมาณ 10 kHz (ดูรูปที่ 4.30 และ 4.31)

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิก (THD) ของวงจรขยายเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1.2 V

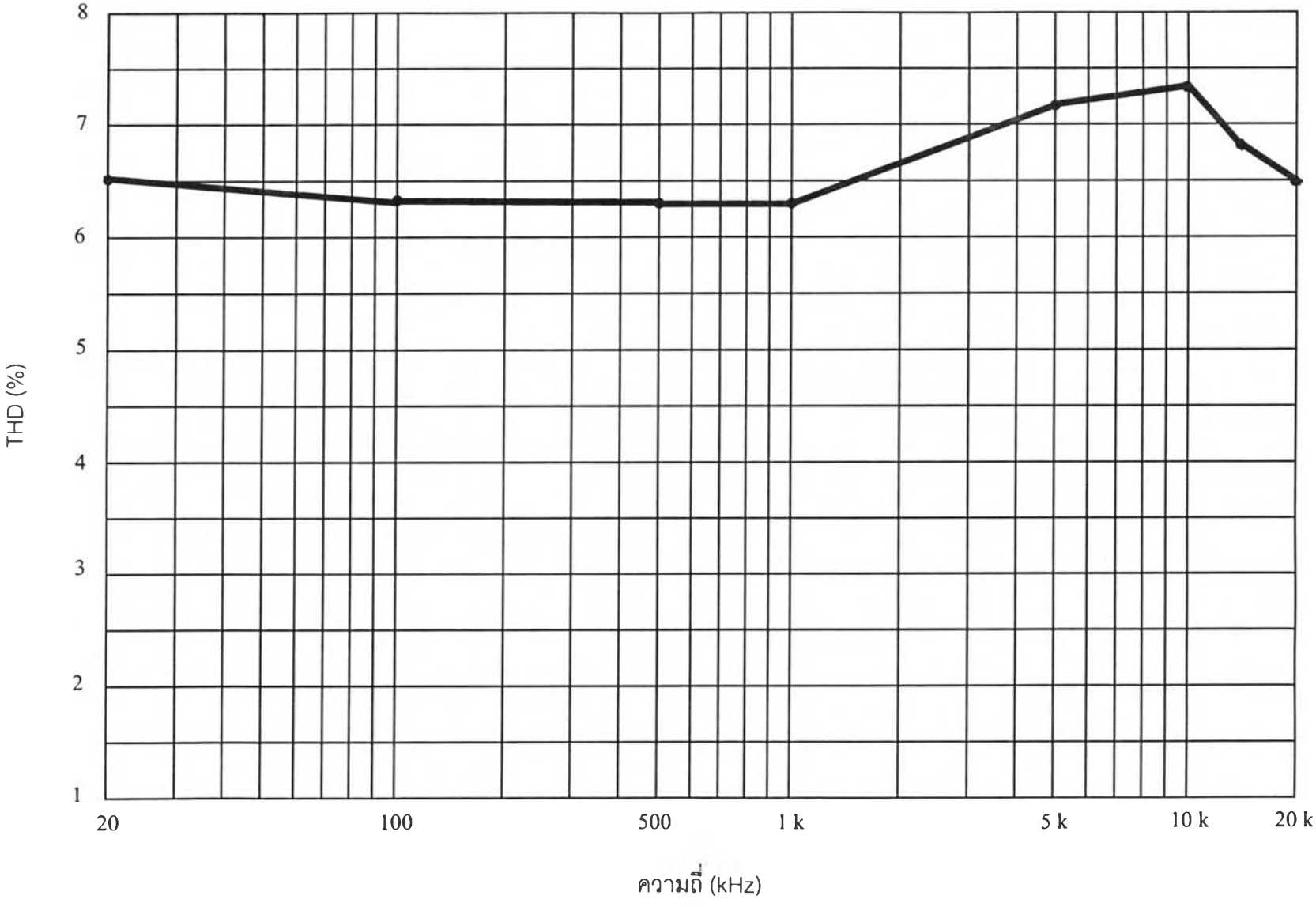
ความถี่หลักมูล	THD วงจรขยาย (%)
20 Hz	5.0
100 Hz	5.2
500 Hz	5.2
1 kHz	5.1
5 kHz	5.4
10 kHz	5.8
15 kHz	5.4
20 kHz	5.1

ตารางที่ 4.9 ผลการวัดค่าความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิก (THD) ของวงจรขยายเมื่อเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1.9 V

ความถี่หลักมูล	THD วงจรขยาย (%)
20 Hz	6.5
100 Hz	6.4
500 Hz	6.4
1 kHz	6.4
5 kHz	7.3
10 kHz	7.7
15 kHz	6.8
20 kHz	6.5



รูปที่ 4.30 แสดงความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิก (THD) ของวงจรขยายเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1.2 V



รูปที่ 4.31 แสดงความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิก (THD) ของวงจรขยายเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1.9 V

4.3.2 ผลการทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์ทำงานวงรอบปิด (มีการป้อนกลับ)

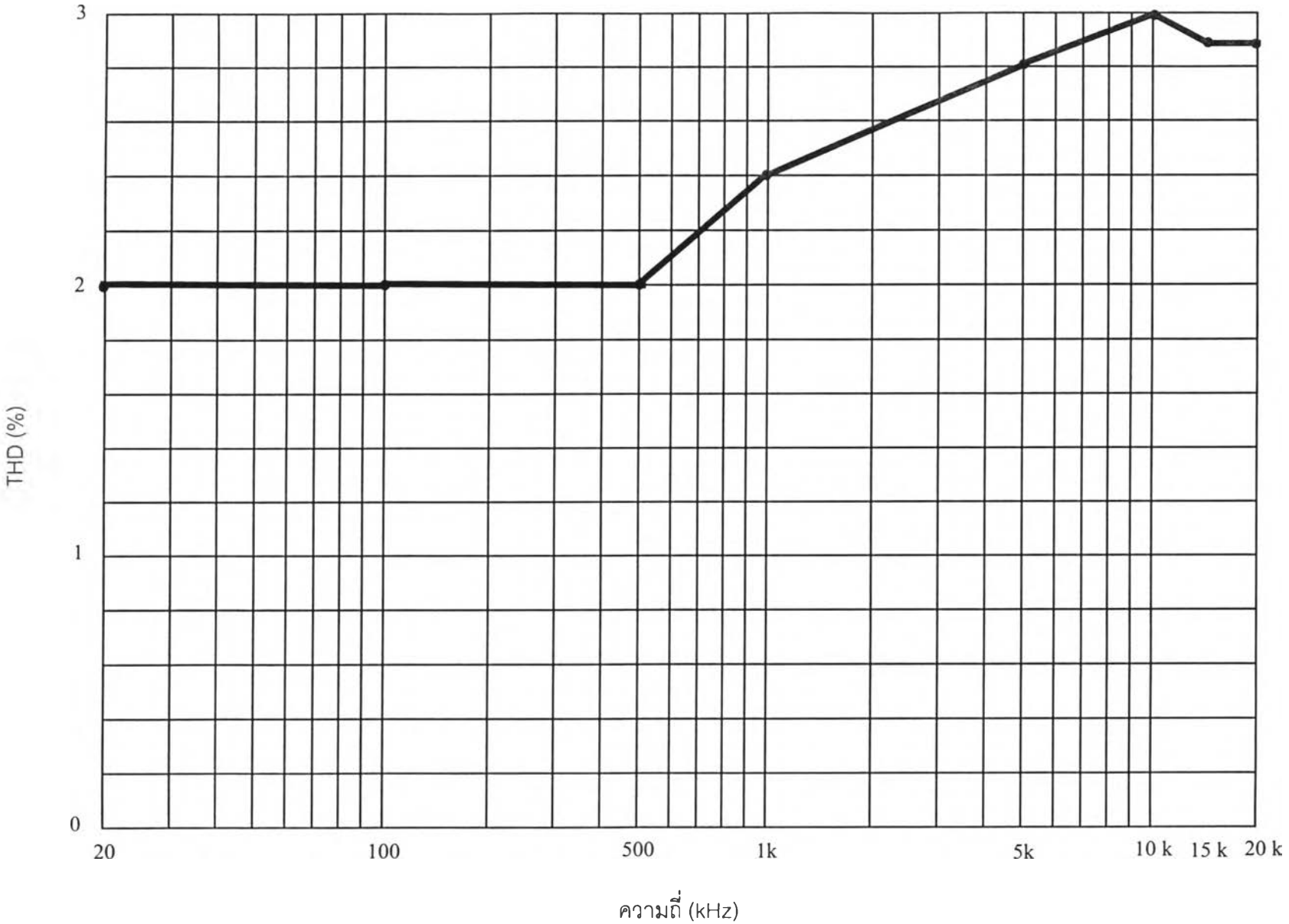
ตารางที่ 4.10 และ 4.11 แสดงค่าความเพี้ยนกรณีวงรอบปิดและแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V (กำลังด้านออก 60 W) และ 1 V (กำลังด้านออก 120 W) ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงว่าความเพี้ยนเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มน้อยกว่ากรณีวงรอบเปิด (ค่าสูงสุดเพิ่มจาก 3% เป็น 4.3%) และกรณีวงรอบปิดให้ค่าความเพี้ยนน้อยกว่ากรณีวงรอบเปิด สังเกตได้ว่าความเพี้ยนมีค่าสูงสุดที่ความถี่ 5 ถึง 10 kHz (ดูรูปที่ 4.32 และ 4.33)

ตารางที่ 4.10 ผลการวัดค่าความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิก(THD) ของวงจรขยายเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V

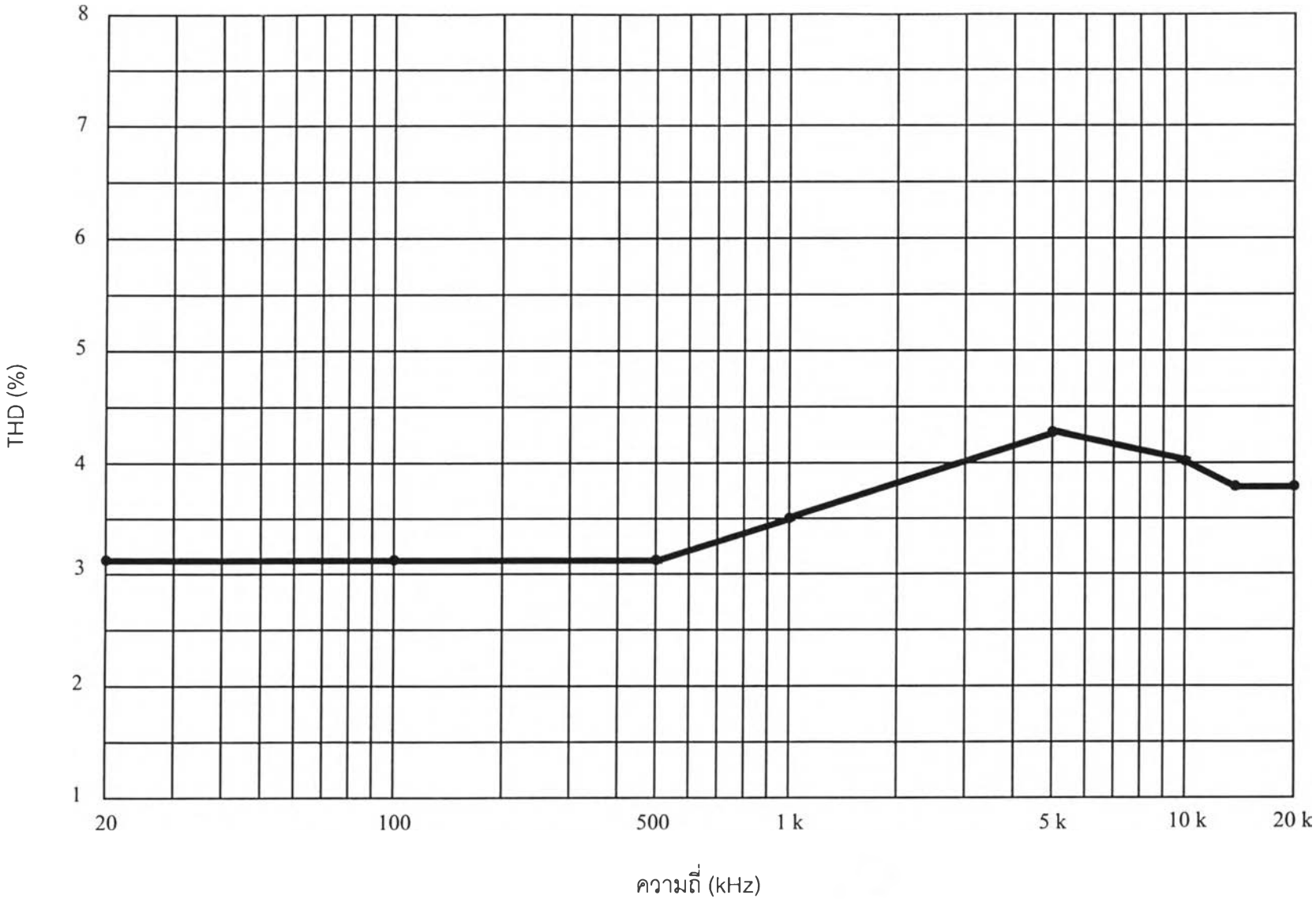
ความถี่หลักมูล	THD วงจรขยาย (%)
20 Hz	2
100 Hz	2
500 Hz	2
1 kHz	2.4
5 kHz	2.8
10 kHz	3
15 kHz	2.9
20 kHz	2.9

ตารางที่ 4.11 ผลการวัดค่าความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิก (THD) ของวงจรขยายเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

ความถี่หลักมูล	THD วงจรขยาย (%)
20 Hz	3.1
100 Hz	3.1
500 Hz	3.1
1 kHz	3.5
5 kHz	4.3
10 kHz	4
15 kHz	3.8
20 kHz	3.8



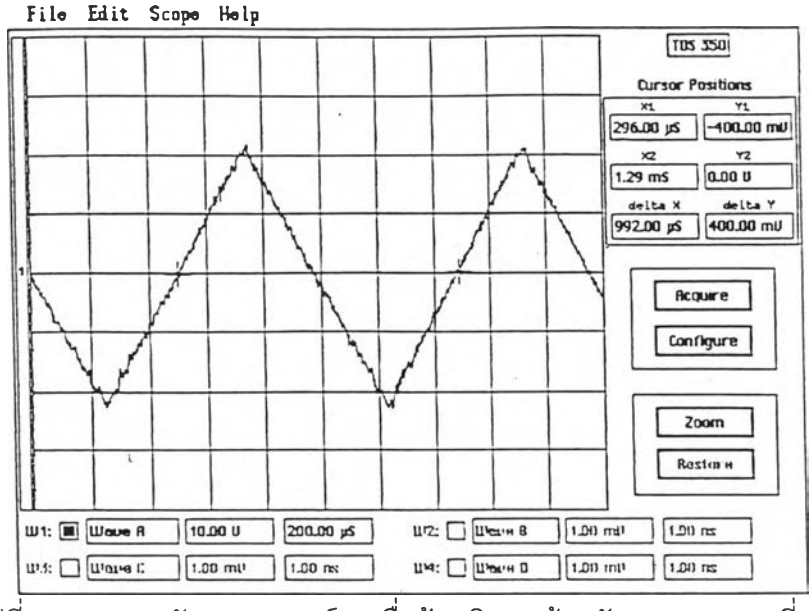
รูปที่ 4.32 แสดงความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิก (THD) ของวงจรขยายเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V



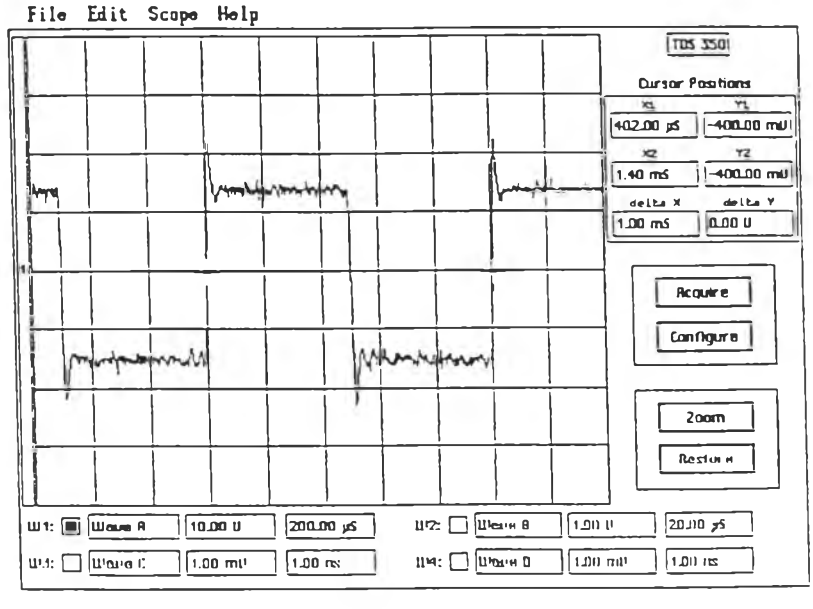
รูปที่ 4.33 แสดงความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิก (THD) ของวงจรขยายเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

4.4 การทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์ เมื่อป้อนสัญญาณสามเหลี่ยมและสัญญาณสี่เหลี่ยมเข้าอินพุต ณ ความถี่ 1 kHz

4.4.1 ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 0.6 V



รูปที่ 4.34 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตด้วยสัญญาณสามเหลี่ยมความถี่ 1 kHz

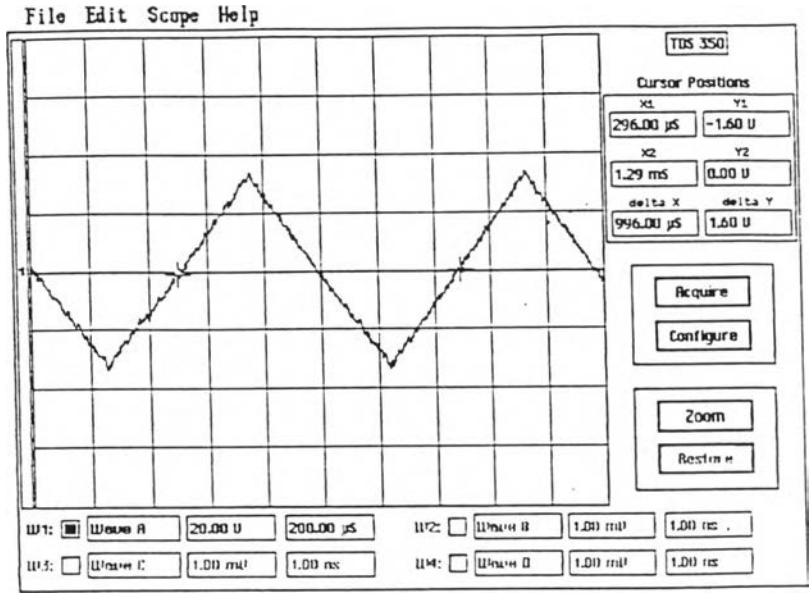


รูปที่ 4.35 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตด้วยสัญญาณสี่เหลี่ยมความถี่ 1 kHz

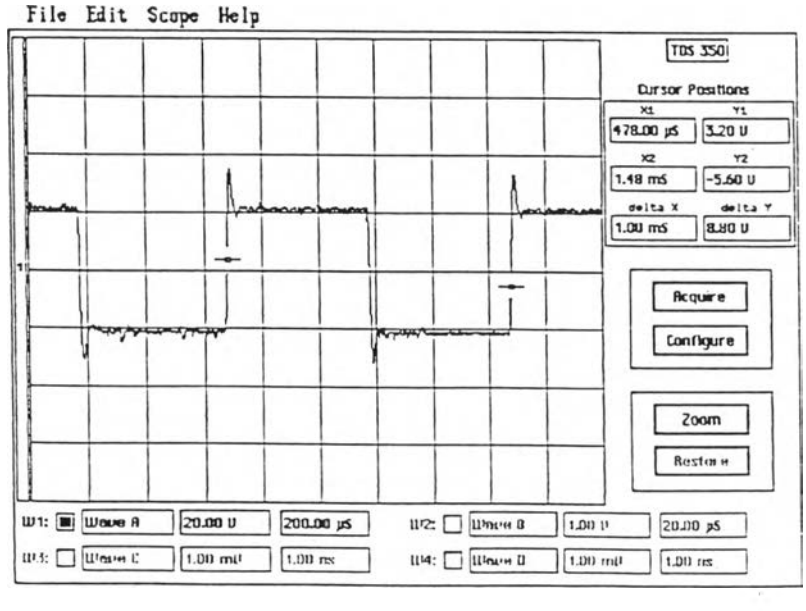
เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็นรูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมแอมพลิจูด 0.6 V ปรากฏว่ารูปคลื่นด้านออกกับเป็นรูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมเช่นกัน (ดูรูปที่ 4.34 และ 4.35) อย่างไรก็ดีรูปคลื่นด้านออกรูปสี่เหลี่ยมมียอดแหลม (spike) เล็กน้อย แสดงว่าอัตราขยายที่ความถี่สูง (>20 kHz) จะมีค่าสูงกว่าอัตราขยายที่ความถี่ต่ำ

4.4.2 ทดสอบวงจรเมื่อแรงดันอินพุตเท่ากับ 1 V

เมื่อเพิ่มแอมพลิจูดของสัญญาณอินพุตรูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมเป็น 1 V (ซึ่งตรงกับค่ากำลังที่ใกล้เคียงกับค่าที่ระบุคือ 120 W) แรงดันด้านออกก็ยังมีรูปคลื่นที่เหมือนกับด้านเข้า (ดูรูปที่ 4.36 และ 4.37)



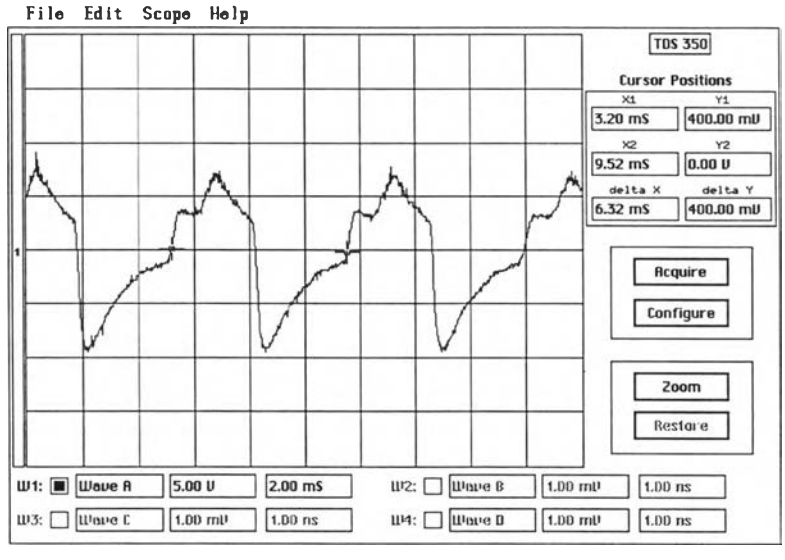
รูปที่ 4.36 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตด้วยสัญญาณฟันเลื่อยความถี่ 1 kHz



รูปที่ 4.37 แสดงสัญญาณเอาต์พุตเมื่อป้อนอินพุตด้วยสัญญาณสี่เหลี่ยมความถี่ 1 kHz

4.5 การทดสอบวงจรขยายเสียงแบบวิธีสวิตช์ เมื่อป้อนสัญญาณเสียง

จากการทดลองที่ผ่านมาเราใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณไซน์ป้อนสัญญาณเข้าที่อินพุตแล้ววัดสัญญาณเอาต์พุตที่ตกคร่อมลำโพง จากนี้เราจะทดสอบวงจรขยายเสียง โดยการป้อนสัญญาณเสียงพูดเข้าไมโครโฟนแล้วนำสัญญาณจากไมโครโฟนไปขยาย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ต้องการนำไปใช้เป็นเครื่องขยายเสียงสำหรับหอกระจายข่าวตามชนบท ดังนั้นลำโพงที่ใช้จึงเป็นแบบฮอร์นขนาด 4 โอห์ม (เนื่องจากราคาถูกและเป็นที่นิยม) ผลการทดสอบแสดงได้ดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 4.38 แสดงรูปคลื่นเอาต์พุตเมื่อนำสัญญาณเสียงพูดผ่านไมโครโฟนป้อนเป็นสัญญาณอินพุต

รูปที่ 4.38 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากการขยาย โดยการวัดแรงดันเอาต์พุตที่ตกคร่อมโหลด 4 โอห์ม โดยแกนเวลา แสดงช่วงเวลาสั้น ๆ ในขณะที่เปล่งเสียงพูดใส่ไมโครโฟน จากการทดสอบ วงจรขยายสามารถขยายเสียงได้ตามต้องการ

4.6 <u>สรุปผลการทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์</u>

4.6.1 สรุปผลการทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์เพื่อหาผลตอบสนองความถี่

การตอบสนองความถี่เป็นคุณสมบัติสำคัญข้อหนึ่งของวงจรขยายเสียง โดยปกติของวงจรขยายเสียง ควรจะขยายสัญญาณเสียงได้ ตั้งแต่ 20 Hz ถึง 20 kHz ปรากฏว่าวงจรขยายเสียงแบบวิธีสวิตช์สามารถขยายสัญญาณเสียง ในย่านความถี่เสียงได้เช่นเดียวกัน ซึ่งเงื่อนไขในการวัดนี้ ใช้แอมพลิจูดของสัญญาณอินพุตคงตัว (0.6 V,1V) ที่ความถี่ต่ำสุด (20 Hz) และสูงสุด (20 kHz) โดยช่วงการตอบสนองความถี่แรงดันด้านออกของสัญญาณจะต้องตกลงไม่เกิน 3 dB จากค่าอัตราขยายสูงสุด หรือกำลังต้องตกลงไม่เกินครึ่ง

หนึ่ง ซึ่งวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์เป็นไปตามเงื่อนไขดังกล่าว จึงสรุปว่าวงจรขยายเสียงแบบวิธีสวิตช์สามารถตอบสนองความถี่ 20 Hz ถึง 20 kHz

รูปที่ 4.10 และ 4.19 เป็นกราฟแสดงผลตอบสนองความถี่ของอัตราขยายแรงดันที่ค่าแรงดันอินพุต 0.6 V และ 1 V ตามลำดับ ผลคือไม่ว่าแรงดันอินพุตจะมีค่าเท่าไร อัตราขยายแรงดันค่อนข้างคงที่คือประมาณ 30 dB ซึ่งเท่ากับการคำนวณ (อ้างถึงบทที่ 2 สมการ 2.15) และผลการจำลองแบบวงจรโดยคอมพิวเตอร์ (อ้างอิงบทที่ 3 ตารางที่ 4.1 และ 4.2) แสดงว่าผลการออกแบบถูกต้อง

4.6.2 สรุปผลการทดสอบเพื่อวัดเฟสระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต

การวัดเฟสระหว่างอินพุตกับเอาต์พุตจะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับเครื่องขยายเสียงเพราะมีผลต่อคุณภาพเสียงที่ออกมา ปกติวงจรขยายเสียงโดยทั่วไปจะมีเฟสทางเอาต์พุตเหมือนกับทางอินพุต หรือไม่ก็มีเฟสต่างกัน 180 องศา แต่จากการทดลองที่ความถี่ต่ำ ๆ เฟสไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ที่ความถี่สูงขึ้น เฟสทางเอาต์พุตจะล้าหลังไปจากเดิมเกิดเป็นความเพี้ยนเชิงเฟสขึ้น ถือเป็นอุปสรรคที่สำคัญของเครื่องเสียงในปัจจุบัน

4.6.3 สรุปผลการทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์เพื่อหาประสิทธิภาพของวงจร

จากการทดลองเราทดลองหาค่าประสิทธิภาพ ณ ที่ความถี่ต่าง ๆ (20 Hz, 100 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 5 kHz, 10 kHz, 15 kHz และ 20 kHz) โดยอินพุตมีค่าคงที่ 0.6 V และ 1 V สามารถที่จะหาค่าประสิทธิภาพของวงจรที่ความถี่ต่างๆ ได้

คำนวณค่าประสิทธิภาพจากสูตร $\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\%$

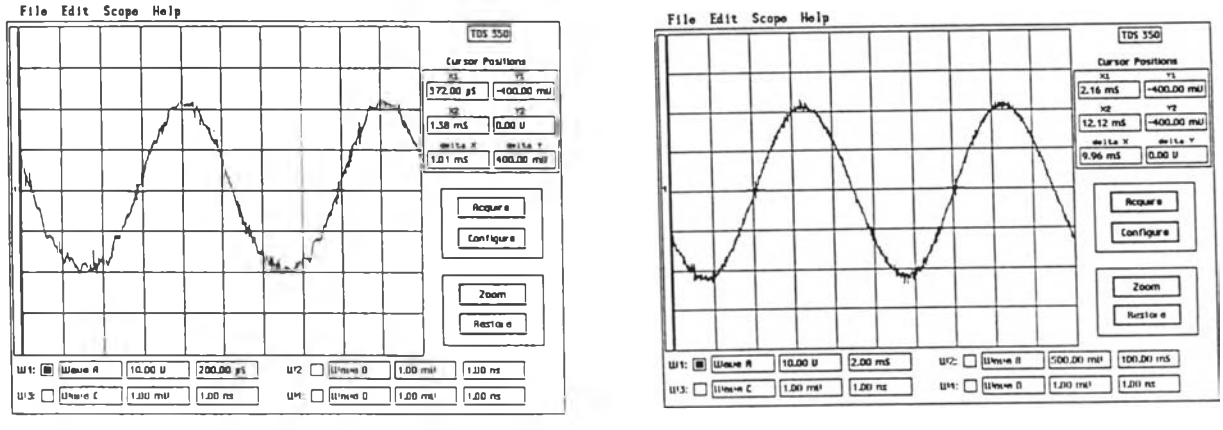
โดยที่ P_o คือกำลังด้านออกหาจากสูตร $\frac{V_m^2}{2R}$ (W)

P_i คือกำลังด้านเข้าหาจากสูตร $V_1 I_1$ (W)

การทดลองหาค่าประสิทธิภาพของวงจรขยายเสียงแบบวิธีสวิตช์ โดยการให้ความถี่คงที่ (1 kHz) แล้วปรับแอมพลิจูดของสัญญาณอินพุต ทดสอบที่กำลังเอาต์พุตค่าต่างๆ (15 W, 30 W, 45 W, 60 W, 75 W, 90 W, 105 W และ 120 W) ผลการทดสอบวงจรขยายเสียงที่ออกแบบสามารถให้ประสิทธิภาพมากกว่า 70%

4.6.4 สรุปผลการทดสอบวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์เพื่อวัดค่าความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิก

จากการทดสอบวัดค่าความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิกผลปรากฏว่ากรณีวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์ทำงานวงรอบเปิด คือไม่มีการป้อนกลับ ความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิกค่อนข้างสูง แต่ถ้าในกรณีวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์ทำงานวงรอบปิด (มีการป้อนกลับ) ค่าความเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิกจะน้อยลง ดังแสดงจากผลการทดลองที่ผ่านมาข้างต้น

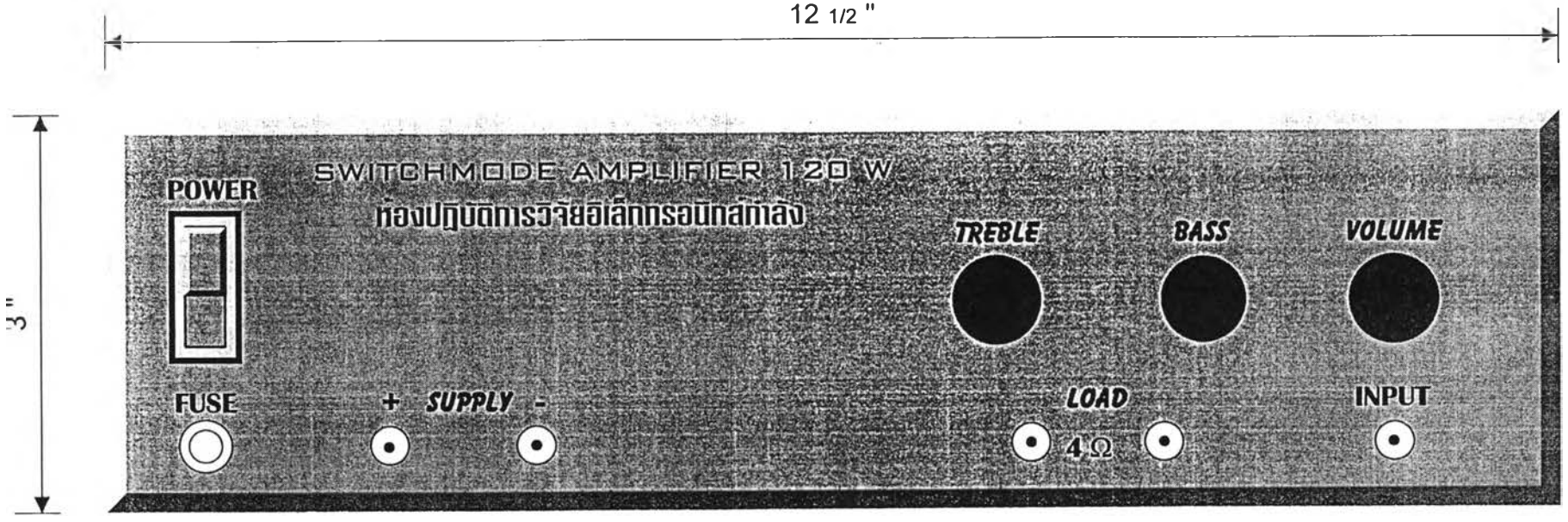


ก.รูปคลื่นแรงดันด้านออกวงจรขยายไม่มีการป้อนกลับ ข. รูปคลื่นแรงดันด้านออกวงจรขยายมีการป้อนกลับ

รูปที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันด้านออก ณ ความถี่หลักมูลเท่ากับ 1 kHz

รูปที่ 4.39 แสดงการเปรียบเทียบแรงดันด้านออก ณ ความถี่หลักมูลเท่ากับ 1 kHz โดยที่ในรูป 4.39 ก วงจรขยายไม่มีการป้อนกลับ สังเกตว่ารูปคลื่นจะมีความเพี้ยนมาก ส่วนในรูป 4.39 ข กรณีมีป้อนกลับรูปคลื่นจะเป็นไซน์มากกว่าและค่าความเพี้ยนลดลง จึงสรุปว่าการป้อนกลับช่วยลดความเพี้ยนได้ แต่ก็ยังมีความเพี้ยนอยู่มากพอสมการ (ประมาณ 4 %) ข้อนี้ถือว่าเป็นข้อเสียของวงจรขยายแบบวิธีสวิตช์ ทำให้ในเชิงการค้าไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เพราะนักเล่นเครื่องเสียงนิยมเครื่องเสียงที่มีค่าความเพี้ยนค่อนข้างต่ำ แต่จะใช้งานได้ดีสำหรับการขยายเสียงพูดในที่กลางแจ้ง (public address)

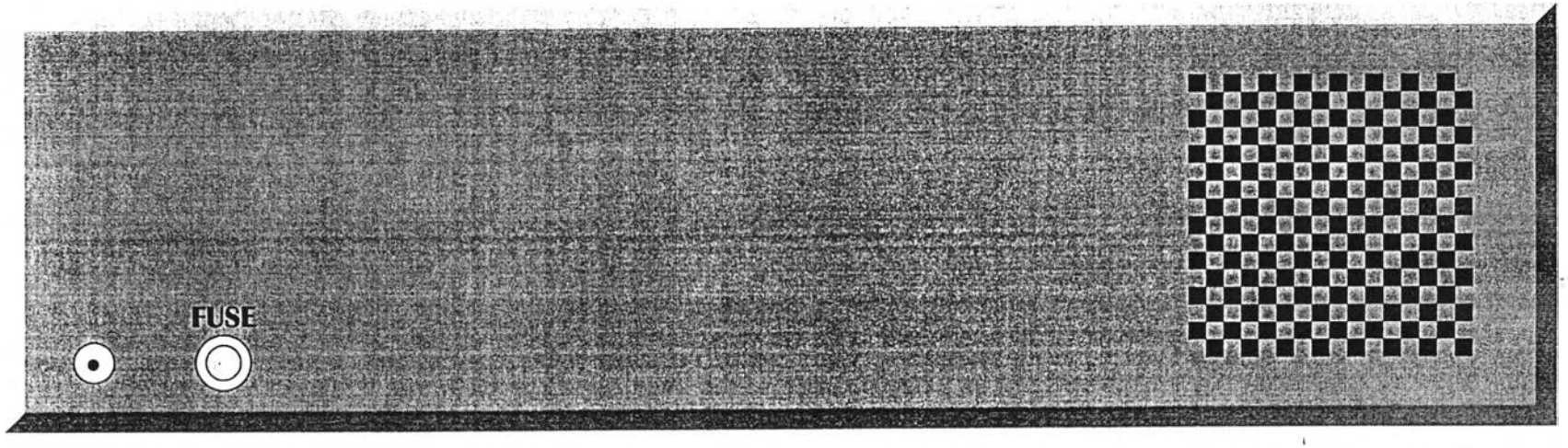
รูปที่ 4.40 แสดงแผงควบคุม (control panel) และแผงด้านหลังของวงจรขยายเสียงแบบวิธีสวิตช์



ด้านหน้า

ขนาดกล่อง 9" x 12 1/2" x 3 "

ติดพัดลมระบายอากาศ



ด้านหลัง

INPUT 220 Vac

รูปที่ 4.40 แสดงแผงควบคุม (control panel) และแผงด้านหลังของวงจรขยายเสียงแบบวิธีสวิตช์