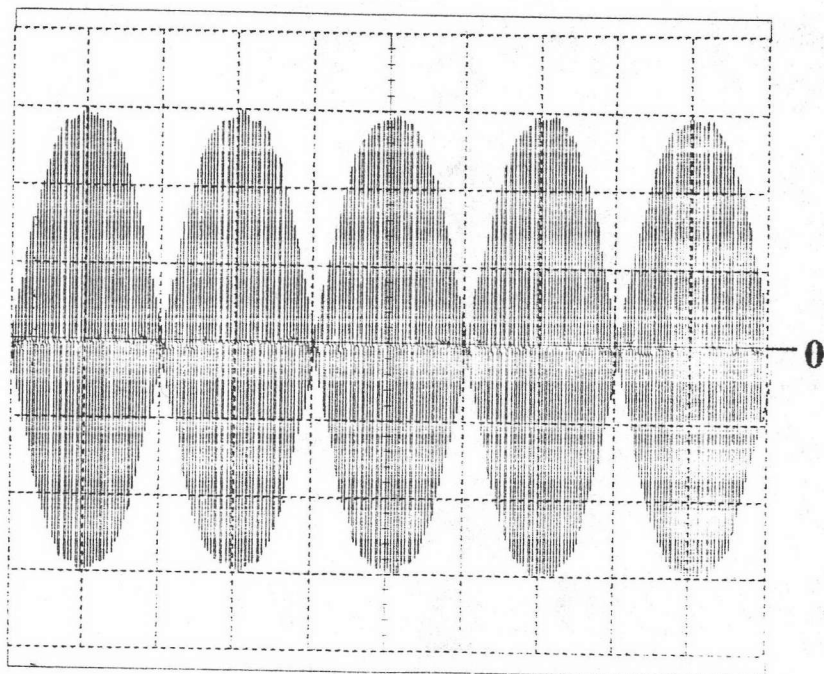


สรุปผลการทดสอบวงจรแปลงผัน

สรุปผลการทดสอบวงจรแปลงผันที่ควบคุมเฟสระหว่างแหล่งแรงดันสองแหล่ง

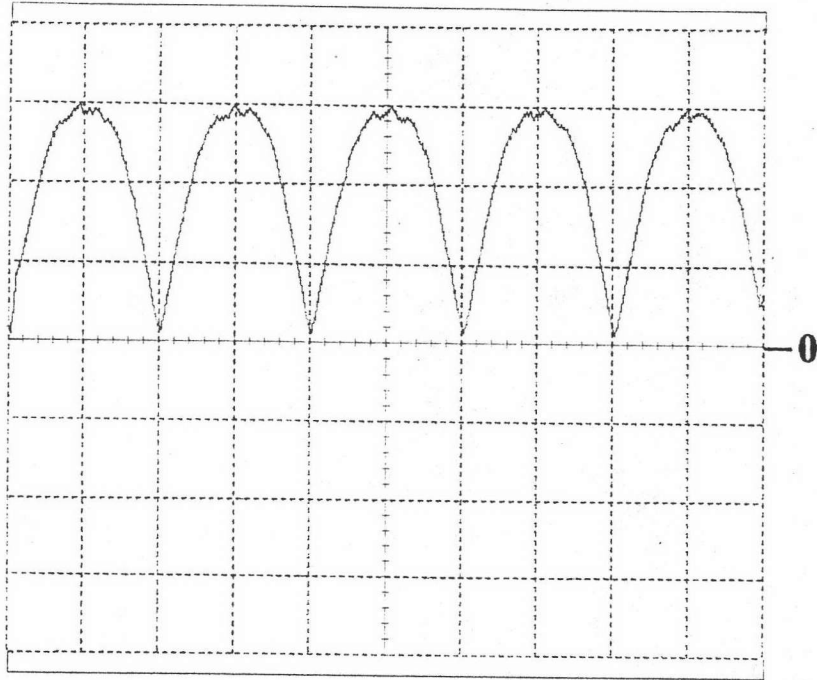
วงจรแปลงผันเรโซแนนซ์อนุกรมคู่ที่ออกแบบสร้างตามรูปที่ 4.3 ควบคุมแรงดันด้านออกโดยการควบคุมเฟสของสัญญาณขับนำระหว่างวงจรกึ่งบริดจ์สองวงจร วงจรแปลงผันโดยการควบคุมเฟสทั้งสองแบบให้รูปคลื่นที่เป็นไปตามข้อกำหนด แอมพลิจูดของแรงดันด้านออกของวงจรแปลงผันจะแปรตามแรงดันผลบวกระหว่างวงจรกึ่งบริดจ์ กล่าวคือเมื่อเฟสของสัญญาณขับนำ (θ) ระหว่างวงจรกึ่งบริดจ์แปรค่าระหว่าง 180° ถึง 0° ทำให้แอมพลิจูดของแรงดันด้านออกแปรค่าจากศูนย์ถึงค่าสูงสุด กระแสไหลและกำลังจะเป็นปฏิภาคกับ $\cos(\frac{\theta}{2})$ และ $\cos^2(\frac{\theta}{2})$ ตามลำดับ รูปที่ 5.1 แสดงรูปคลื่นแรงดันด้านออกของหม้อแปลงความถี่สูง



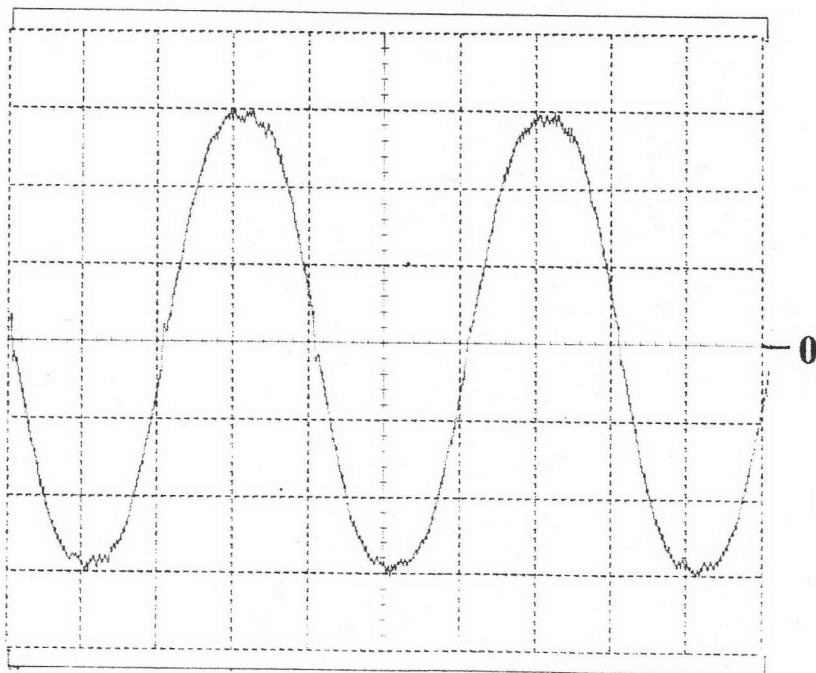
รูปที่ 5.1 แสดงรูปคลื่นแรงดันด้านออกของหม้อแปลงความถี่สูง

(สเกลแรงดัน 100 V/DIV สเกลเวลา 5 ms/DIV)

รูปที่ 5.1 เป็นรูปคลื่นของแรงดันด้านออกของวงจรแปลงผัน เมื่อนำแรงดันนี้มาเรียงกระแส แล้วกรององค์ประกอบความถี่สูงออก จะได้รูปคลื่นที่มีลักษณะเป็นแรงดันไซน์เรียงกระแส แบบเต็มคลื่นดังรูปที่ 5.2 เมื่อนำแรงดันนี้มาคัล โดยวงจรคัลที่ความถี่สายกำลังจะได้รูปคลื่นแรงดันที่มีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ดังรูปที่ 5.3

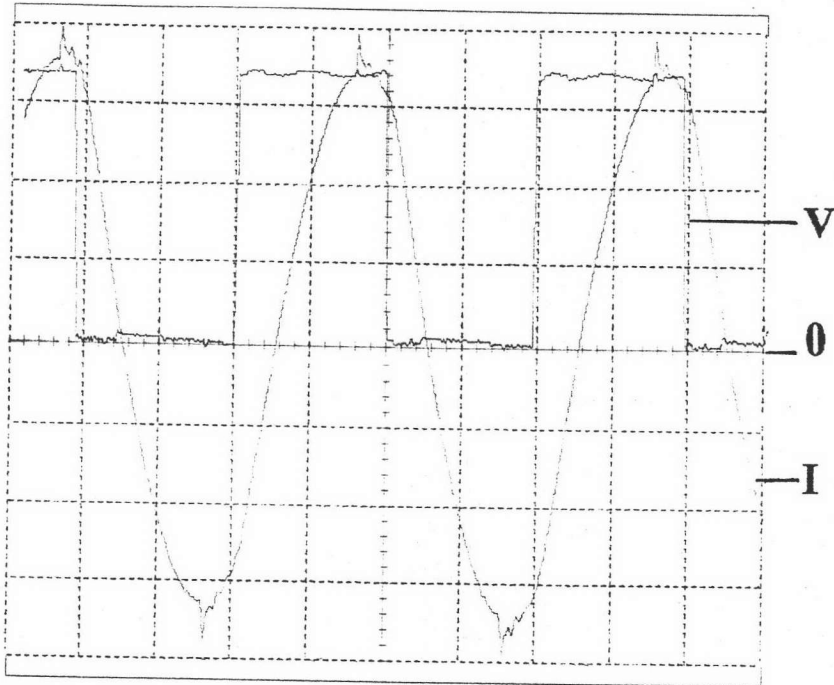


รูปที่ 5.2 รูปคลื่นแรงดันด้านออกจากวงจรกรองแบบผ่านต่ำ
(สเกลแรงดัน 100 V/DIV สเกลเวลา 5 ms/DIV)

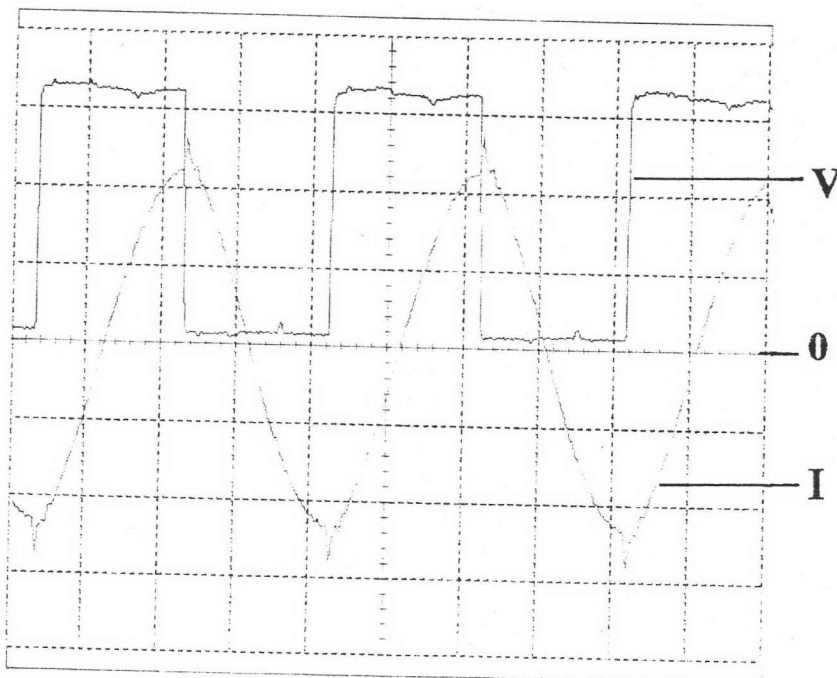


รูปที่ 5.3 รูปคลื่นแรงดันด้านออกจากวงจรคัลความถี่สายกำลัง
(สเกลแรงดัน 100 V/DIV. สเกลเวลา 5 ms/DIV.)

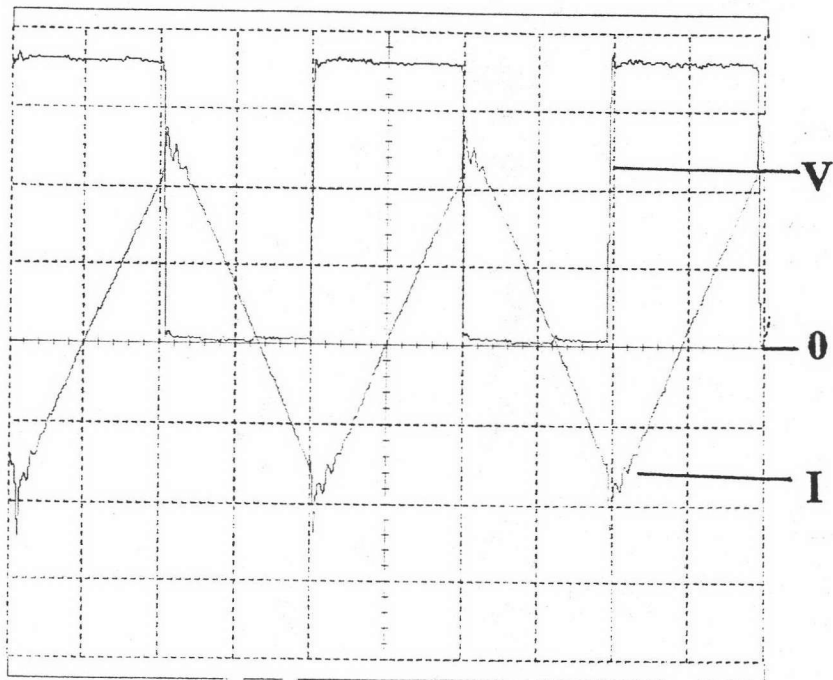
รูปที่ 5.4 แสดงรูปคลื่นแรงดันคั่นคร่อมสวิตช์และกระแสของตัวเหนี่ยวนำเมื่อความต่างเฟสระหว่างวงจรกิ่งบริดจ์เกือบเป็นศูนย์องศา ($\theta \approx 0^\circ$) ปริมาณของกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแต่ละตัวมีขนาดประมาณครึ่งหนึ่งของกระแสสูงสุดที่ไหลผ่านหม้อแปลงความถี่สูง



รูปที่ 5.4 รูปคลื่นแรงดันคั่นคร่อมสวิตช์และกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำที่มุม $\theta \approx 0^\circ$ (รูปที่ 4.3)
(สเกลแรงดัน 50 V/DIV. สเกลกระแส 2 Amp./DIV. สเกลเวลา 10 μ s/DIV)

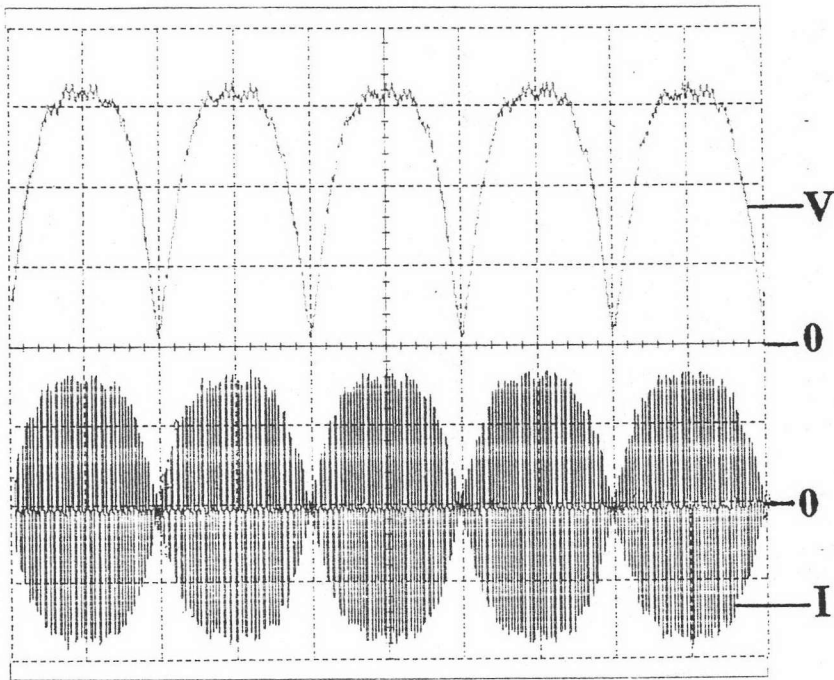


รูปที่ 5.5 รูปคลื่นแรงดันคั่นคร่อมสวิตช์และกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำที่มุม $\theta \approx 180^\circ$ (รูปที่ 4.3 ก)
(สเกลแรงดัน 50 V/DIV. สเกลกระแส 5 Amp./DIV. สเกลเวลา 10 μ s/DIV.)

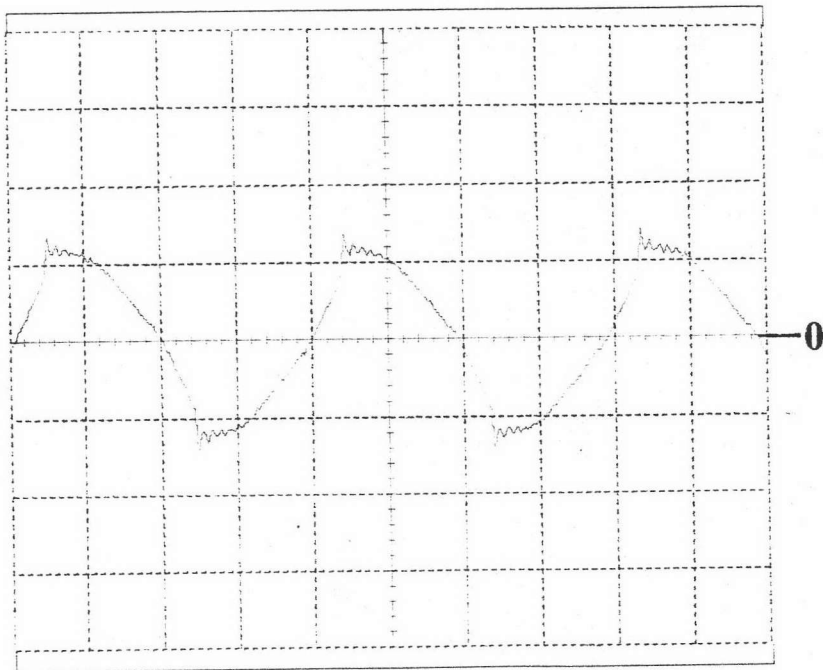


รูปที่ 5.6 รูปคลื่นแรงดันตกคร่อมสวิตช์และกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำที่มุม $\theta \approx 180^\circ$ (รูปที่ 4.3 ข)
(สเกลแรงดัน 50 V/DIV. สเกลกระแส 2 Amp./DIV. สเกลเวลา 10 μ s/DIV.)

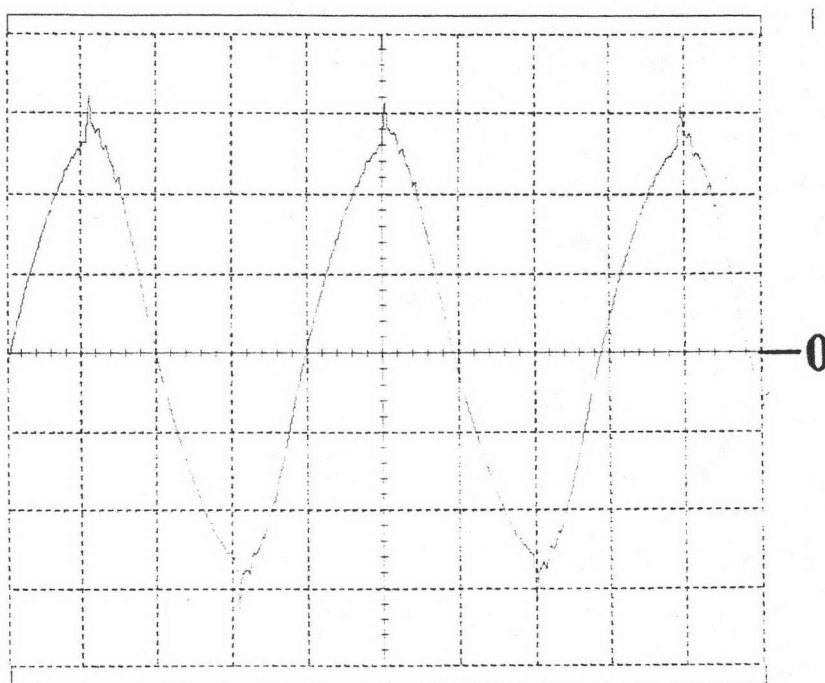
รูปที่ 5.5 และรูปที่ 5.6 แสดงลักษณะรูปคลื่นของแรงดันตกคร่อมสวิตช์และกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำของวงจรตามรูปที่ 4.3 (ก) และ (ข) ตามลำดับในขณะที่เฟสระหว่างวงจรกึ่งบริดจ์ทั้งสองแตกต่างกันประมาณ 180° ($\theta \approx 180^\circ$) ปริมาณกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจะมีปริมาณที่แตกต่างกัน (ดูรูปที่ 4.12) ทั้งนี้เนื่องจากวงจรตามรูปที่ 4.3 (ก) ปริมาณกระแสที่แปรค่าตามแรงดันผลต่างจะมีค่าสูงเนื่องจากอิมพีแดนซ์ของวงจรลดลงและจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียในองค์ประกอบและสวิตช์มากยิ่งขึ้น รูปที่ 5.6 แสดงปริมาณกระแสที่เกิดจากแรงดันผลต่างของวงจรตามรูปที่ 4.3 (ข) ขณะที่เฟสระหว่างวงจรกึ่งบริดจ์ทั้งสองแตกต่างกันประมาณ 180° ($\theta \approx 180^\circ$) รูปคลื่นของกระแสจะมีลักษณะเป็น Exponential เนื่องจากในขณะที่แรงดันผลต่างมีค่าสูงสุด ($\theta = 180^\circ$) ตัวประจุไฟฟ้าจะถูกแยกออกไป ปริมาณกระแสของวงจรมีค่าต่ำเนื่องจากอิมพีแดนซ์ระหว่างวงจรกึ่งบริดจ์มีค่าสูง ในขณะเดียวกันปริมาณกระแสที่ไหลผ่านหม้อแปลงความถี่สูงหรือโวลต์มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ รูปคลื่นของกระแสผ่านหม้อแปลงความถี่สูงแสดงตามรูปที่ 5.7 จะเห็นว่าปริมาณกระแสที่แปรค่ากับเฟสจะมีขนาดที่แตกต่างกัน โดยเมื่อมุม θ มีค่า $\theta \approx 180^\circ$ และ $\theta \approx 0^\circ$ แสดงตามรูปที่ 5.8 และรูปที่ 5.9 ตามลำดับ



รูปที่ 5.7 รูปคลื่นแรงดันด้านออกวงจรกรองและกระแสด้านเข้าหม้อแปลงความถี่สูงที่มุม θ ใดๆ
(สเกลแรงดัน 100 V/DIV. สเกลกระแส 10 Amp./DIV สเกลเวลา 5 ms/DIV)



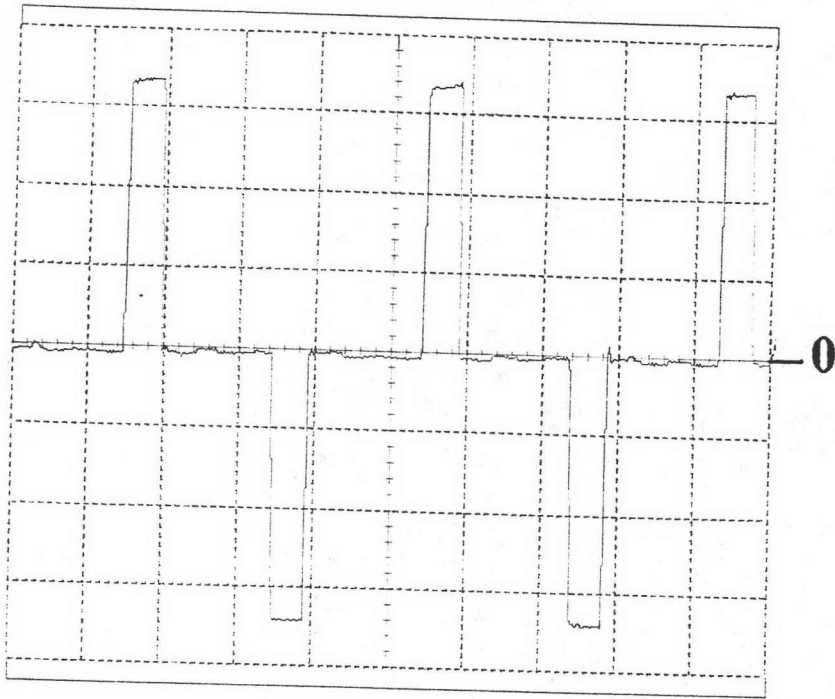
รูปที่ 5.8 รูปคลื่นกระแสด้านเข้าหม้อแปลงความถี่สูงที่มุม $\theta \approx 180^\circ$
(สเกลกระแส 2 Amp./DIV สเกลเวลา 5 ms/DIV)



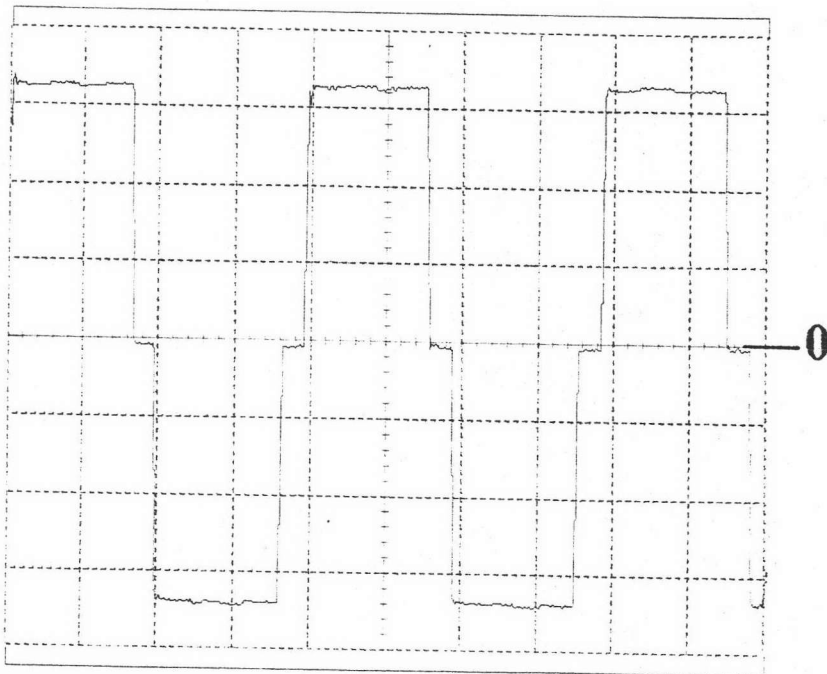
รูปที่ 5.9 รูปคลื่นกระแสค่าน้ำมือแปลงความถี่สูงที่มุม $\theta \approx 0^\circ$

(สเกลกระแส 5 Amp./DIV. สเกลเวลา 10 μ s/DIV.)

รูปที่ 5.10 และรูปที่ 5.11 แสดงรูปคลื่นแรงดันผลต่างระหว่างวงจรถูกบรีดจ์สองวงจรในขณะที่เฟสของสัญญาณขั้วนำวงจรถูกบรีดจ์ทั้งสองแตกต่างกัน โดยรูปที่ 5.10 แสดงรูปคลื่นแรงดันผลต่างระหว่างวงจรถูกบรีดจ์ทั้งสองขณะที่เฟสของสัญญาณขั้วนำสวิตช์ต่างกันประมาณ 0° ($\theta \approx 0^\circ$) และรูปที่ 5.11 แสดงรูปคลื่นแรงดันผลต่างระหว่างวงจรถูกบรีดจ์ขณะที่เฟสของสัญญาณขั้วนำสวิตช์ต่างเฟสกันประมาณ 180° ($\theta \approx 180^\circ$)



รูปที่ 5.10 รูปคลื่นแรงดันผลต่างระหว่างวงจรถักที่มุม $\theta \approx 0^\circ$
(สเกลแรงดัน 50 V/DIV. สเกลเวลา 10 μ s/DIV.)



รูปที่ 5.11 รูปคลื่นแรงดันผลต่างระหว่างวงจรถักที่มุม $\theta \approx 180^\circ$
(สเกลแรงดัน 50 V/DIV. สเกลเวลา 10 μ s/DIV.)

การทดสอบวงจรเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการแปลงโดยการควบคุมเฟส

เนื่องจากวงจรที่สร้างขึ้นทั้งสองแบบตามรูปที่ 4.3 เพื่อที่จะศึกษาถึงสภาพการทำงานของวงจรที่มีการควบคุมเฟสระหว่างแหล่งแรงดัน 2 แหล่ง ดังนั้นวงจรที่จัดสร้างขึ้นยังมีข้อบกพร่องในบางส่วน กล่าวคือไม่สามารถที่จะป้อนแรงดันที่พิกัดคือ 160-200 โวลต์เป็นเวลานานได้ แต่ในขณะที่ป้อนแรงดันค่าต่ำจะไม่เกิดสภาวะที่กล่าวถึง จึงยังไม่สามารถที่จะวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดแก่วงจรจึงทดสอบวงจรที่แรงดันค่าต่ำคือ 80-100 โวลต์

ในการทดสอบจะทำการทดสอบวงจรสองลักษณะด้วยกันคือทดสอบเพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของวงจรที่มุม θ คงตัวโดยการป้อนแรงดันค่าคงที่ให้แก่วงจรคือ 80 โวลต์ และทดสอบวงจรโดยการแปรค่ามุม θ และแรงดันที่ป้อนให้แก่วงจรแปลงผันจะแปรค่าระหว่าง 80-100 โวลต์ ในขณะที่มุม θ แปรค่าตามการมอดูเลตแรงดันด้วยสัญญาณไซน์การทดสอบโดยการแปรค่ามุม θ และแรงดันไฟตรงที่ป้อนให้แก่วงจรแปลงผันเพื่อทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของวงจร

สรุปผลการทดสอบวงจรควบคุมเฟสแบบที่ 1

รูปแบบวงจรตามรูปที่ 4.3 (ก) ผลการทดสอบโดยการคงค่าแรงดันไฟตรงด้านเข้าคือป้อนแรงดันด้านเข้า 80 โวลต์ ทำการวัดค่ากำลังด้านเข้าและด้านออกที่มุม θ ต่างๆ ผลการทดสอบดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันแบบที่ 1 ที่มุม θ ต่างๆ

θ	0°	45°	90°	135°	180°
$P_i(W)$	128.0	112.0	80.0	*	*
$P_o(W)$	104.0	88.0	51.5	*	*
$\eta(\%)$	81.2	74.8	64.0	-	-

* ไม่สามารถทดสอบได้

จากตารางที่ 5.1 ป้อนแรงดันไฟตรงค่าคงตัว 80 โวลต์ปรับมุม θ ระหว่างวงจรถูกบรีดจ์ตามตาราง วัดกำลังและคำนวณหาประสิทธิภาพจากตารางจะเห็นว่าที่มุม $\theta = 0^\circ$ คือเฟสระหว่างวงจรถูกบรีดจ์ตรงกันประสิทธิภาพประมาณ 81 % ในขณะที่มอดูเลตเต็มที่แรงดันผลต่างจะมีค่าเป็นศูนย์กระแสทั้งหมดที่ไหลออกจากแหล่งจะไหลผ่านโหลด แสดงให้เห็นว่าการสูญเสียในวงจรมีค่าสูง ยิ่งเพิ่มค่ามุมระหว่างวงจรถูกบรีดจ์ทั้งสองมากขึ้นจะทำให้วงจรมีประสิทธิภาพต่ำลงเนื่องจากแรงดันผลต่างที่ก่อให้เกิดกระแสไหลเวียนในแหล่งค่าสูง

ตารางที่ 5.2 แสดงการทดสอบวงจรแปลงผันแบบที่ 1 เมื่อแปรค่าไฟตรงและมอดูเลตเฟสด้วยสัญญาณไซน์

$V_s(V)$	$P_i(W)$	$P_o(W)$	$\eta(\%)$
80	92.0	56.0	60.9
84	95.8	53.0	55.4
88	95.9	51.5	53.7
92	101.2	53.0	52.4
96	102.7	51.5	50.2
100	105.0	50.0	47.6

จากตารางที่ 5.2 จะเห็นว่าเมื่อแปรค่าแรงดันสูงขึ้นประสิทธิภาพของวงจรโดยรวมจะลดลง ทั้งนี้สาเหตุมาจากการมอดูเลตที่ต่ำลงเพื่อคงค่าแรงดันค่านอก ทำให้แรงดันผลต่างระหว่างวงจรถูกบรีดจ์มีค่าสูงขึ้น ซึ่งผลของแรงดันผลต่างจะเป็นตัวแปรที่ทำให้กระแสไหลเวียนมีค่าสูงประกอบกับวงจรควบคุมเฟสแบบที่ 1 ค่าอิมพีแดนซ์ของแหล่งมีค่าต่ำเนื่องจากตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกับตัวประจุไฟฟ้าโดยตรงการจำกัดกระแสจึงไม่พอเพียง ปริมาณกระแสที่ไหลเวียนของแหล่งมีค่าสูงดังรูปที่ 4.12 จากการที่กระแสไหลเวียนมีค่าสูงเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียในองค์ประกอบและสวิตช์มีค่าสูง

สรุปผลการทดสอบวงจรควบคุมเฟสแบบที่ 2

ทำการทดสอบเช่นเดียวกับวงจรแปลงผัน โดยการควบคุมเฟสแบบที่ 1

ตารางที่ 5.3 ประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันแบบที่ 2 ที่มุม θ ต่างๆ

θ	0°	45°	90°	135°	180°
$P_i(W)$	128.0	112.0	80.0	48.0	*
$P_o(W)$	104.0	83.7	53.0	29.3	*
$\eta(\%)$	81.2	74.81	66.27	61.0	-

* ไม่สามารถทดสอบได้

จากตารางที่ 5.3 ป้อนแรงดันไฟตรงที่มีค่าคงตัวคือ 80 โวลต์ให้กับวงจรแปลงผัน ทำการวัดกำลังทางด้านเข้าและด้านออกคำนวณหาประสิทธิภาพของวงจรที่มุม θ ใดๆจะเห็นว่าประสิทธิภาพของวงจรในขณะที่มีมุม θ ต่ำกว่า 90° ประสิทธิภาพของวงจรทั้งสองแบบจะไม่แตกต่างกันเพราะกระแสที่ไหลออกจากแหล่งส่วนใหญ่ไหลผ่านโหลด และสอดคล้องกับรูปที่ 4.18 (ค) ซึ่งเป็นกระแสที่สถานะของวงจรทั้งสองแบบ แต่จะเห็นว่าเมื่อมุม θ มีค่าสูงกว่า 90° วงจรทั้งสองแบบจะแตกต่างกันกล่าวคือวงจรแปลงผันแบบที่ 1 กระแสจะสูงขึ้นและกระแสส่วนใหญ่เป็นกระแสไหลเวียนของแหล่ง สำหรับวงจรแปลงผันแบบที่ 2 นั้น ปริมาณกระแสไหลเวียนของแหล่งจะต่ำลงเนื่องจากอิมพีแดนซ์ของแหล่งมีค่าสูงช่วยจำกัดกระแส

ในการทดสอบวงจรแปลงผันแบบที่ 2 เมื่อแปรค่าแรงดันไฟตรงด้านเข้าคือแปรค่าแรงดันระหว่าง 80-100 โวลต์โดยมุม θ จะแปรค่าตามการมอดูเลตแรงดันด้วยสัญญาณไซน์เพื่อหาประสิทธิภาพโดยรวมของวงจร

ตารางที่ 5.4 แสดงการทดสอบวงจรแปลงผันแบบที่ 2 เมื่อแปรค่าไฟตรงและมอดูเลตเฟสด้วย สัญญาณไซน์

$V_s(V)$	$P_i(W)$	$P_o(W)$	$\eta(\%)$
80	80.0	56.0	70.0
84	79.8	53.0	66.4
88	79.0	51.5	65.1
92	82.8	53.0	64.0
96	81.6	51.5	61.9
100	80.0	50.0	62.5

จากตารางที่ 5.4 จะเห็นว่าประสิทธิภาพโดยรวมของวงจรแบบที่ 2 นั้นจะสูงกว่าแบบแรกทั้งนี้เนื่องจากวงจรแปลงผันแบบที่ 2 นั้นจะได้เปรียบวงจรแปลงผันแบบแรกตรงที่เมื่อแปรค่าเฟส (θ) ระหว่างวงจรกับบริคซ์ปริมาณกระแสเมื่อ $\theta > 90^\circ$ จะมีค่าต่ำลง (อ้างถึงรูปที่ 4.18 ก.)