

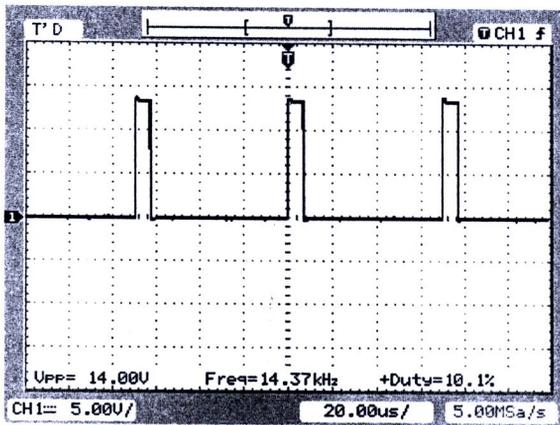
บทที่ 4

ผลการทดสอบ

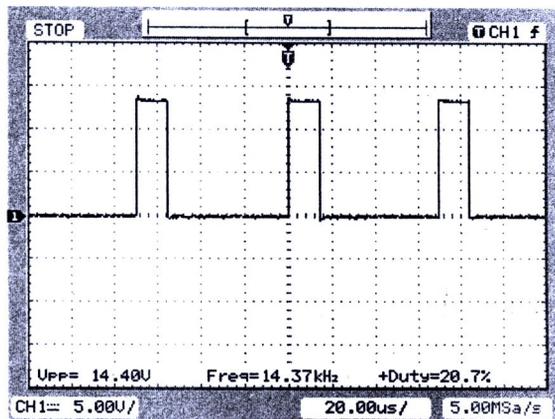
4. การทดสอบวงจรส่วนต่าง ๆ ในแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็ก

4.1 การทดสอบวัดสัญญาณภาควงจรควบคุม

4.1.1 ทำการวัดสัญญาณด้านเอาต์พุตของไอซีเบอร์ TL494 ว่าได้รูปของสัญญาณเป็นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมที่สามารถปรับดิวตีไซเคิลได้ 10%, 20%, 30% และ 40% และคงค่าความถี่ให้เท่ากับ 14 kHz ได้หรือไม่

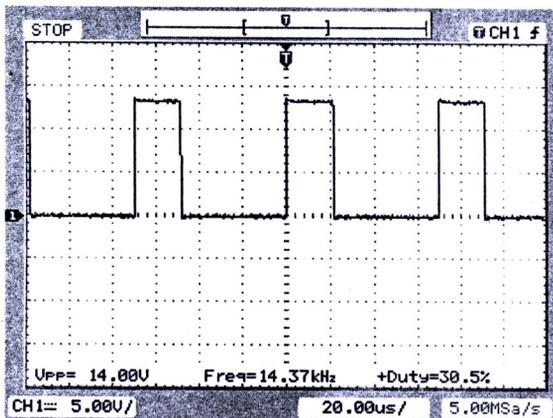


(ก)

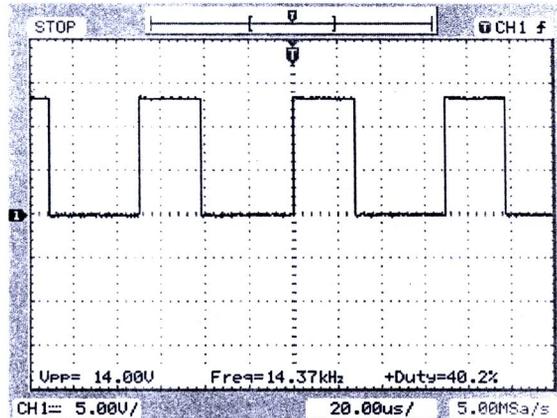


(ข)

รูปที่ 4.1 (ก) สัญญาณเอาต์พุตของไอซีเบอร์ TL494 (ดิวตีไซเคิล 10%) และ (ข) สัญญาณเอาต์พุตของไอซีเบอร์ TL494 (ดิวตีไซเคิล 20%)



(ก)



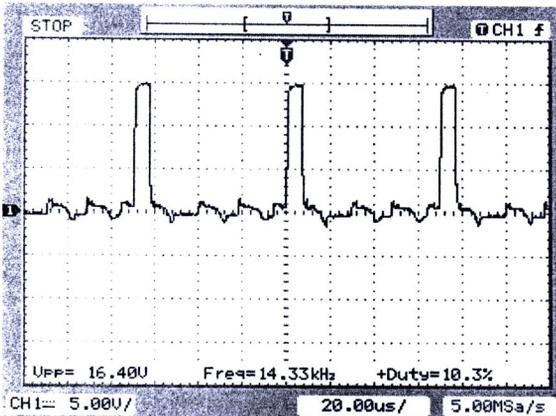
(ข)

รูปที่ 4.2 (ก) สัญญาณเอาต์พุตของไอซีเบอร์ TL494 (ดิวตีไซเคิล 30%) และ (ข) สัญญาณเอาต์พุตของไอซีเบอร์ TL494 (ดิวตีไซเคิล 40%)

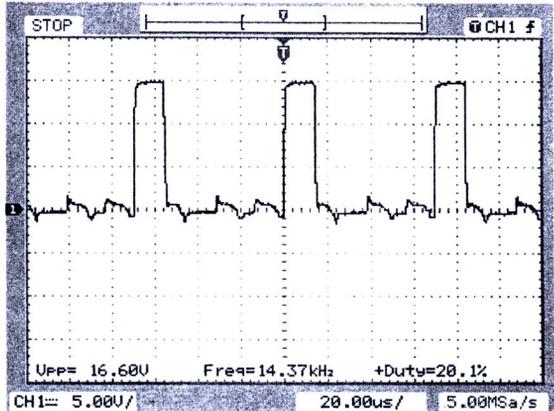
รูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 เป็นรูปสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 9 และขา 10 รวมกัน ของไอซีเบอร์ TL494 โดยผลการทดสอบจะเห็นว่ารูปสัญญาณที่ได้เป็นรูปสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมที่สามารถปรับดีวีไซเคิลได้ตั้งแต่ 10% จนถึง 40% โดยสามารถคงค่าความถี่ไว้ที่ 14 kHz ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่กำหนดไว้

4.2 การทดสอบวัดสัญญาณภาควงจรกำลัง

4.2.1 ทำการวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ขาเกตและขาซอร์สของเพาเวอร์มอสเฟต (V_{GS}) พร้อมทั้งคงค่าความถี่ให้คงที่ไว้

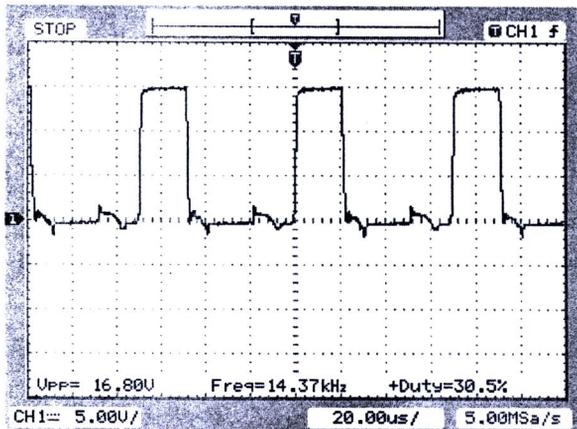


(ก)

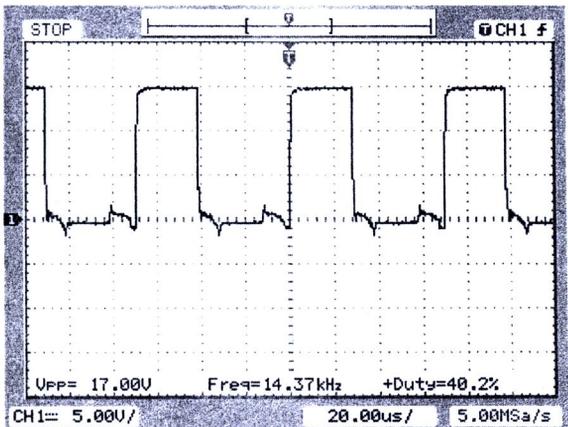


(ข)

รูปที่ 4.3 (ก) สัญญาณ V_{GS} ของเพาเวอร์มอสเฟต (ดีวีไซเคิล 10%) และ (ข) สัญญาณ V_{GS} ของเพาเวอร์มอสเฟต (ดีวีไซเคิล 20%)



(ก)

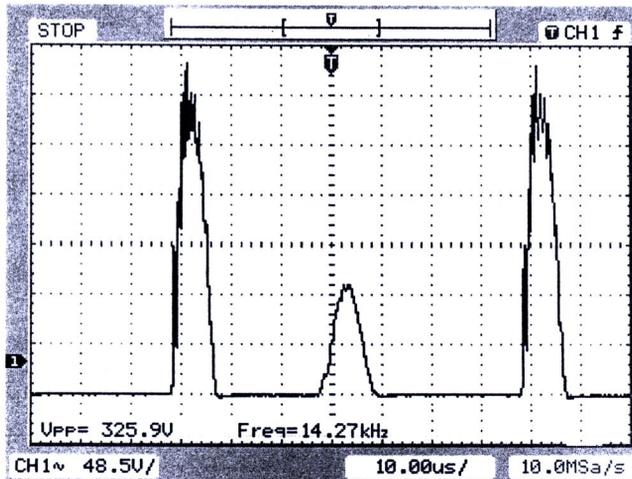


(ข)

รูปที่ 4.4 (ก) สัญญาณ V_{GS} ของเพาเวอร์มอสเฟต (ดีวีไซเคิล 30%) และ (ข) สัญญาณ V_{GS} ของเพาเวอร์มอสเฟต (ดีวีไซเคิล 40%)

รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 เป็นรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ขาเกตและขาซอร์ส (V_{GS}) ของเพาเวอร์มอสเฟต โดยผลการทดสอบจะเห็นว่ารูปสัญญาณที่ได้เป็นรูปสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมที่สามารถปรับดีวีไซเคิลได้ตั้งแต่ 10% จนถึง 40% แต่คงค่าความถี่ไว้ที่ 14 kHz ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการควบคุมการนำกระแสไฟฟ้าของเพาเวอร์มอสเฟตตามที่ต้องการ

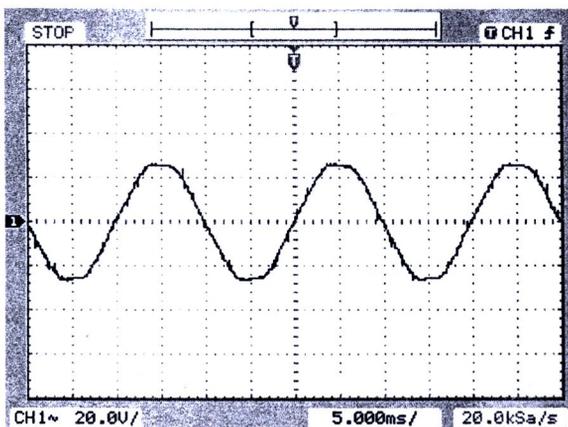
4.2.2 วัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ขาเดรนและขาซอร์สของเพาเวอร์มอสเฟต (V_{DS}) ดังรูปที่ 4.3



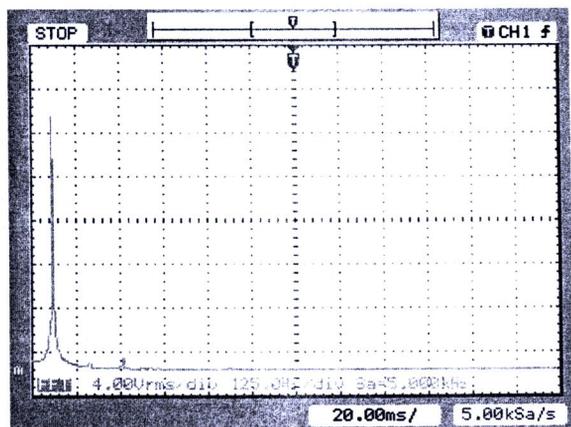
รูปที่ 4.5 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟต (V_{DS}) ขณะต่อโหลด

รูปที่ 4.5 เป็นรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขาเดรนและขาซอร์ส (V_{DS}) ของเพาเวอร์มอสเฟตที่มีค่าไม่เกินแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟต (ค่าที่ขีดมีค่า V_{DS} เท่ากับ 500 โวลท์) จึงทำให้เกิดความปลอดภัยต่อการใช้งานของเพาเวอร์มอสเฟต แต่อีกประการหนึ่งที่น่าสังเกต คือ ในรูปสัญญาณ V_{DS} ที่วัดได้นั้นจะมีรูปสัญญาณ Natural Frequency เข้ามาปนอยู่ด้วย จึงอาจจะส่งผลทำให้ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมเพาเวอร์มอสเฟตมีค่าไม่คงที่ (คือมีการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้าอยู่) ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อโครงสร้างภายในเพาเวอร์มอสเฟตให้พังเสียหายได้

4.3 การทดสอบวัดสัญญาณภาคอินพุต คือ แรงดันไฟฟ้าอินพุต กระแสไฟฟ้าอินพุต และสัญญาณ FFT ด้านอินพุตของวงจรคอนเวอร์เตอร์

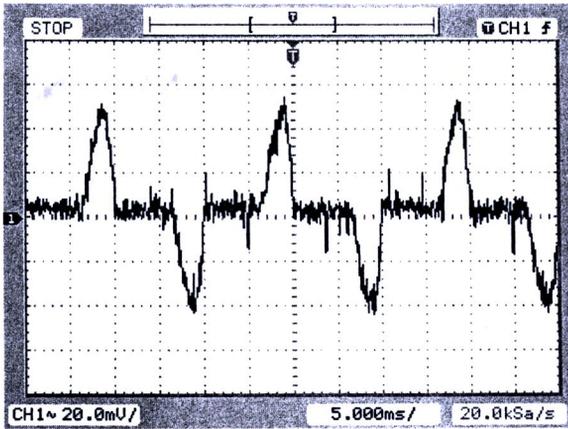


(ก)

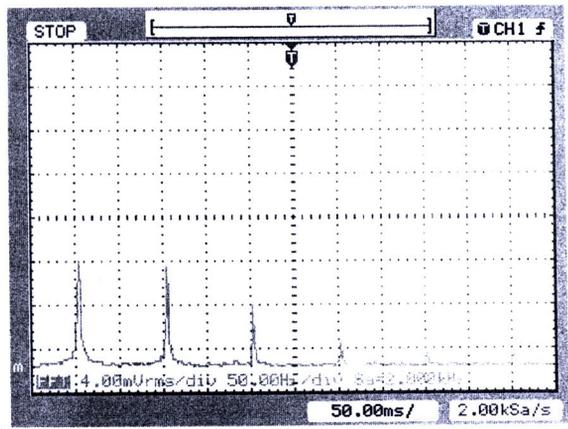


(ข)

รูปที่ 4.6 (ก) สัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in}) ของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ และ (ข) สัญญาณ FFT ของแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in}) ของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์



(ก)

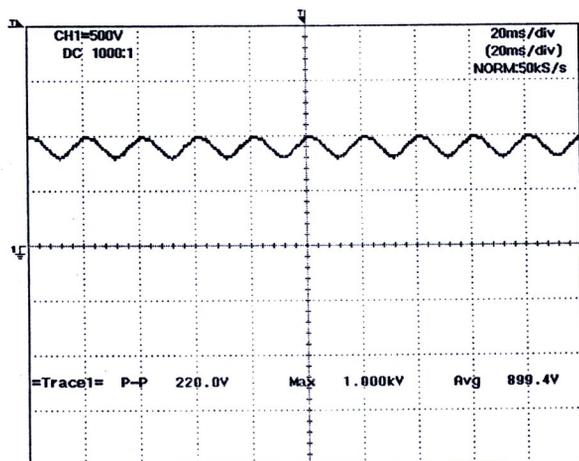


(ข)

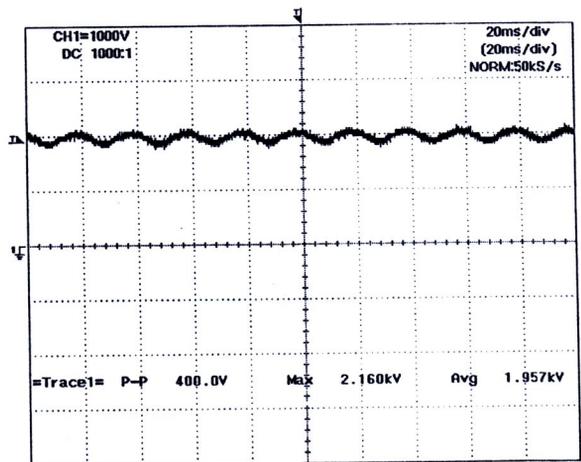
รูปที่ 4.7 (ก) สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) ของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ และ (ข) สัญญาณ FFT ของกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) ของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 เป็นการวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุต สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุต พร้อมทั้งสัญญาณ FFT ของแรงดันไฟฟ้าอินพุต และกระแสไฟฟ้าอินพุต ซึ่งผลการทดสอบที่ได้ คือ สัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุตมีรูปสัญญาณเป็นไซน์ จึงทำให้สัญญาณ FFT ที่ได้มีแค่ลำดับที่ 1 (order 1) เท่านั้น แต่สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุตมีรูปสัญญาณที่ไม่เป็นไซน์ จึงทำให้สัญญาณ FFT ที่ได้มีตั้งแต่ลำดับที่ 2 (order 2) เป็นต้นไป

4.4 การทดสอบวัดสัญญาณภาคเอาต์พุต คือ สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงด้านเอาต์พุต (V_{OUT}) ของหม้อแปลงฟลายแบคในทรานส์ในขณะต่อโหลด (โหลดที่ใช้เป็นแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ในระบบฟอกอากาศแบบไฟฟ้าสถิตย์)



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.8 (ก) สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงด้านเอาต์พุต (V_{OUT}) ของหม้อแปลงฟลายแบคมีค่าเท่ากับ 1 กิโลโวลต์ ที่ดีวีไซเคิล 20% และ (ข) สัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงด้านเอาต์พุต (V_{OUT}) ของหม้อแปลงฟลายแบคมีค่าเท่ากับ 2 กิโลโวลต์ ที่ดีวีไซเคิล 40% ขณะต่อโหลด

รูปที่ 4.8 เป็นรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงด้านเอาต์พุตของหม้อแปลงฟลายแบคในทรานส์ฟอร์มเมอร์ TLF14649 ซึ่งผลที่วัดได้มีขนาดประมาณ 1 กิโลโวลต์ ที่ดิวตี้ไซเคิล 20% และ 2 กิโลโวลต์ ที่ดิวตี้ไซเคิล 40% แต่ในรูปสัญญาณที่ได้นี้ยังมีแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับปนเข้ามาด้วย โดยสามารถดูได้จากค่า V_{P-P} คือ ในรูปที่ 4.8 (ก) มี V_{P-P} เท่ากับ 220 โวลต์ และรูปที่ 4.8 (ข) มี V_{P-P} เท่ากับ 400 โวลต์ และจากการสังเกตจะเห็นว่า V_{P-P} จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง)

4.5 ผลการทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็ก ตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็ก ในขณะที่จ่ายโหลด (โหลดที่ใช้เป็นแผ่นอิเล็กทรอนิกส์ในระบบฟอกอากาศแบบไฟฟ้าสถิตย์) โดยคงค่าความถี่ไว้ที่ 14 kHz

Duty Cycle (%)	f (kHz)	$V_{in (rms)}$ (V)	$I_{in (rms)}$ (mA)	P_{in} (W)	PF	V_{OUT} (V _{DC})
10	14	220	27.29	4.68	0.78	617.3
20	14	220	28.67	4.91	0.78	899.4
30	14	220	28.70	4.92	0.78	952.6
40	14	220	29.18	5.01	0.78	1,957

ผลการวัดกระแสไฟฟ้าด้านเอาต์พุตมีค่าเท่ากับ 1.725 mA (ดิวตี้ไซเคิล 40%) ที่ V_{OUT} เท่ากับ 1.957 kV_{DC} เพราะฉะนั้น P_{OUT} เท่ากับ $1.725 \times 1.957 = 3.375$ วัตต์ ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็ก (% Efficiency) เท่ากับ $P_{OUT} / P_{in} = (3.375 / 5.01) \times 100 \% = 67.36 \%$

ความหมายของพารามิเตอร์ในตารางที่ 4.1

Duty Cycle คือ ดิวตี้ไซเคิล (วัดที่ขาเกตและขาซอร์สของเพาเวอร์มอสเฟต) (%)

f คือ ความถี่ในวงจรคอนเวอร์เตอร์ (กิโลเฮิร์ต), (kHz)

$V_{in (rms)}$ คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้านอินพุตของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง (โวลต์), V

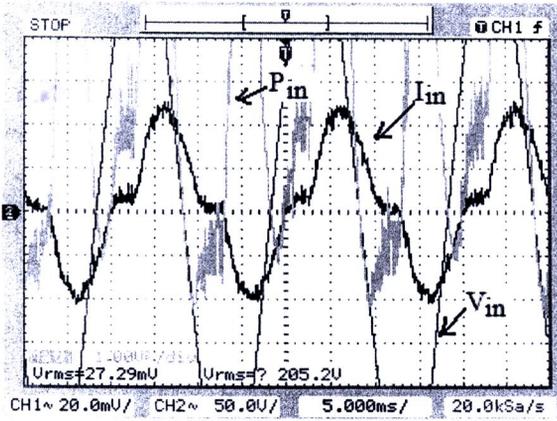
$I_{in (rms)}$ คือ กระแสไฟฟ้าด้านอินพุตของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง (มิลลิแอมแปร์), mA

P_{in} คือ กำลังไฟฟ้าด้านอินพุตของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง (วัตต์), W

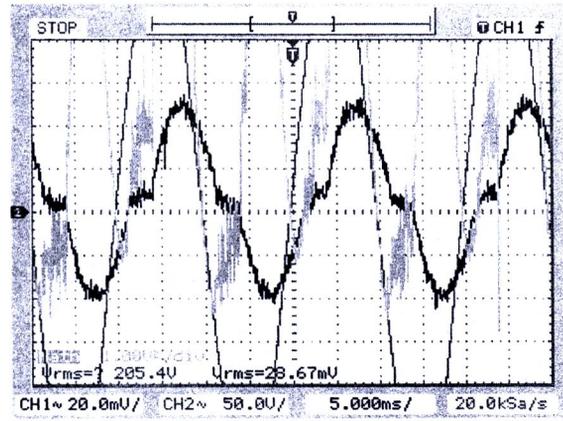
PF คือ เพาเวอร์แฟคเตอร์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง

V_{OUT} คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงด้านเอาต์พุตของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง (กิโลโวลต์), (kV_{DC})

4.6 ผลการทดสอบวัดสัญญาณกำลังงานไฟฟ้าอินพุต (P_{in}) พร้อมทั้งแรงดันไฟฟ้าอินพุต และกระแสไฟฟ้าอินพุต ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขนาดเล็ก ดังรูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10

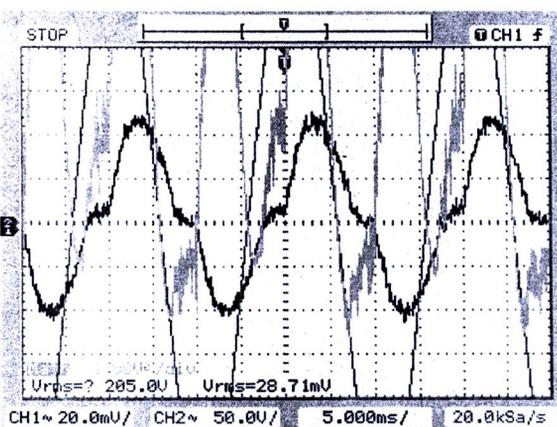


(ก)

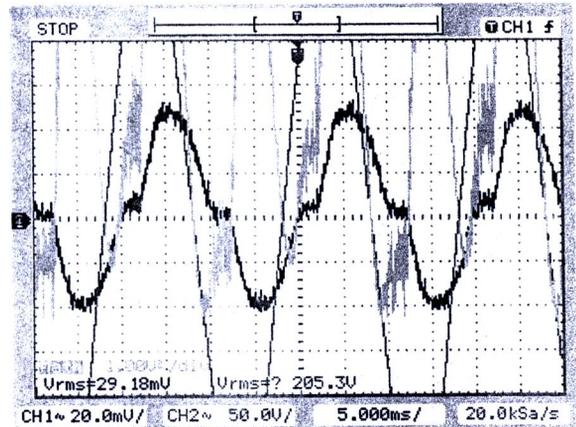


(ข)

รูปที่ 4.9 (ก) สัญญาณกำลังงานไฟฟ้าอินพุต (P_{in}) : (CH1 x CH2) โดยที่ (CH1 : สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) และ CH2 : สัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in})) (ดิวตี้ไซเคิล 10%) และ (ข) สัญญาณกำลังงานไฟฟ้าอินพุต (P_{in}) : (CH1 x CH2) โดยที่ (CH1 : สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) และ CH2 : สัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in})) (ดิวตี้ไซเคิล 20%)



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.10 (ก) สัญญาณกำลังงานไฟฟ้าอินพุต(P_{in}): (CH1 x CH2) โดยที่ (CH1 : สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) และ CH2 : สัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in})) (ดิวตี้ไซเคิล 30%) และ (ข) สัญญาณกำลังงานไฟฟ้า (P_{in}) : (CH1 x CH2) โดยที่ (CH1 : สัญญาณกระแสไฟฟ้าอินพุต (I_{in}) และ CH2 : สัญญาณแรงดันไฟฟ้าอินพุต (V_{in})) (ดิวตี้ไซเคิล 40%)

รูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10 เป็นรูปสัญญาณกำลังงานไฟฟ้าอินพุตที่วัดได้โดยการนำแรงดันไฟฟ้าอินพุต (CH1) คูณกับกระแสไฟฟ้าอินพุต (CH2) โดยใช้ฟังก์ชัน MATH ของออสซิลโลสโคป Agilent Technologies (DSO3152A (DIGITAL STORAGE OSCILLOSCOPE : 150 MHz) ซึ่งผลการทดสอบจะเห็นว่ากำลังงานไฟฟ้าอินพุตเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าอินพุตเพิ่มขึ้นเมื่อ ดิวตี้ไซเคิลเพิ่มขึ้น แต่แรงดันไฟฟ้าอินพุตยังคงเท่าเดิม)