

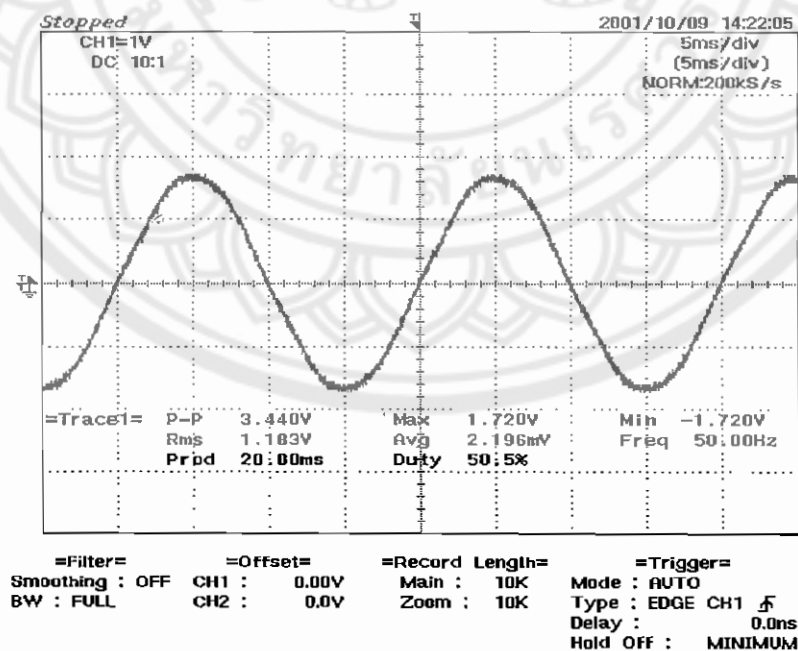
## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

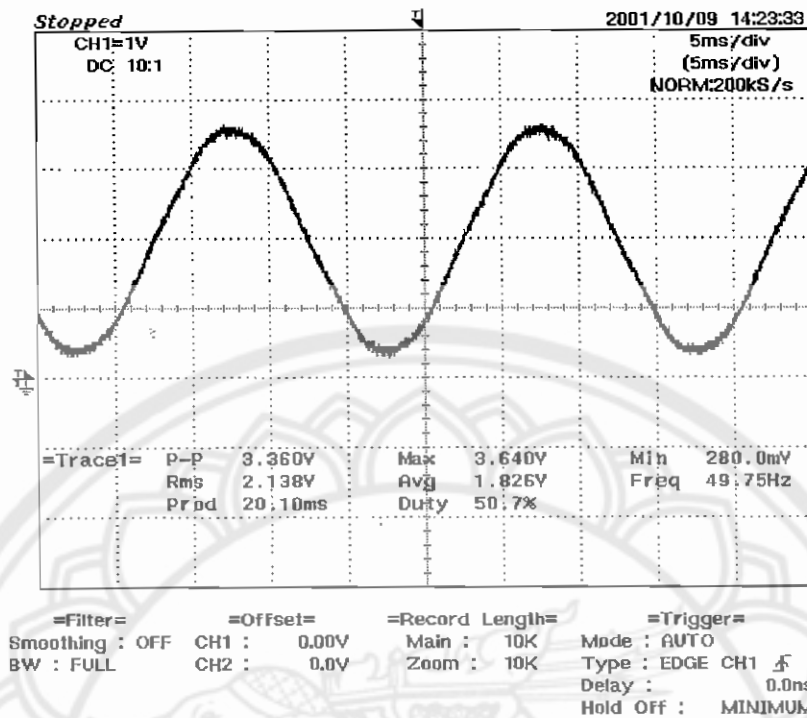
#### 4.1 การทดสอบวงจรแปลงและยกระดับแรงดัน

จากวงจรที่ได้ออกแบบมาแล้วเมื่อนำไปทดสอบวัดแรงดันจริง ๆ นั้นจะผ่านการลดระดับแรงดัน โดยให้ใช้หม้อแปลงลดระดับแรงดันมาเหลือ 12 V rms แล้วนำตัวต้านทานมาต่อเป็นวงจรแบ่งแรงดัน เพื่อให้ได้แรงดัน อยู่ในระดับ TTL คือ  $V_{p-p}$  อยู่ในช่วง 0 - 5 โวลต์ โดยหม้อแปลงที่ใช้ นั้นถึงแม้ว่าเราจะไม่คำนึงถึงกระแสที่ต้องใช้เพราะว่าเราจะใช้เพียงรูปของสัญญาณแรงดันเท่านั้นจึงสามารถที่จะใช้หม้อแปลงขนาดเล็ก ๆ ได้เพื่อเป็นการประหยัดเนื้อที่ แต่ว่าเราจะต้องคำนึงถึงรูปคลื่นของแรงดันที่ได้มาด้วยเพราะว่าหม้อแปลงขนาดเล็ก ๆ นั้นจะมีแกนเหล็ก (Core) ที่มีขนาดเล็ก ไปด้วย ซึ่งแกนเหล็กของหม้อแปลงนี้เป็นเส้นทางเดินของฟลักซ์ (Flux) แม่เหล็ก ถ้าฟลักซ์แม่เหล็กไม่สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้สะดวกก็จะทำให้รูปคลื่นที่เกิดขึ้น ไม่แปรผันตามสัญญาณที่รับมาได้ อาจจะทำให้รูปคลื่นสัญญาณผิดเพี้ยนไปได้ จึงจำเป็นจะต้องใช้หม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่พอที่จะทำให้รูปคลื่น ไม่ผิดเพี้ยนไป

เมื่อได้รูปคลื่นสัญญาณแรงดันมาแล้วก็จะนำมาเข้าวงจรรวมแรงดัน (Summing Circuit) เพื่อรวมสัญญาณดิจิทัลเพื่อยกระดับแรงดันให้อยู่ในด้านบวกแล้ว รูปคลื่นที่ออกมาจะเป็นรูปสัญญาณที่กลับเฟสจึงนำวงจรขยายแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier) มาต่อเพื่อกลับเฟสให้ตรงกับสัญญาณที่รับเข้ามา



รูปที่ 4.1 คลื่นสัญญาณแรงดันที่ผ่านการลดระดับแล้ว

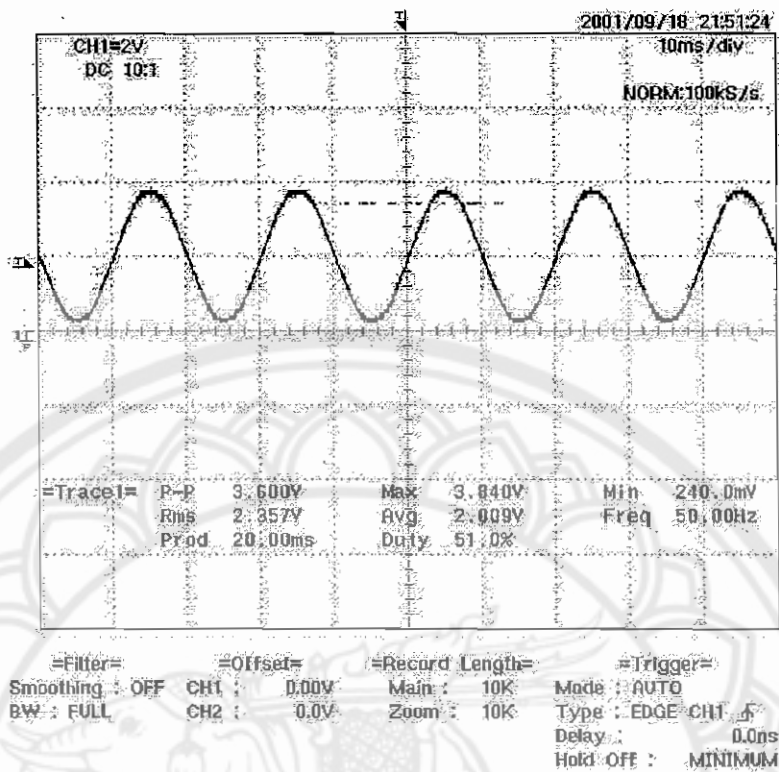


รูปที่ 4.2 รูปคลื่นสัญญาณแรงดันที่ผ่านการยกระดับสัญญาณ

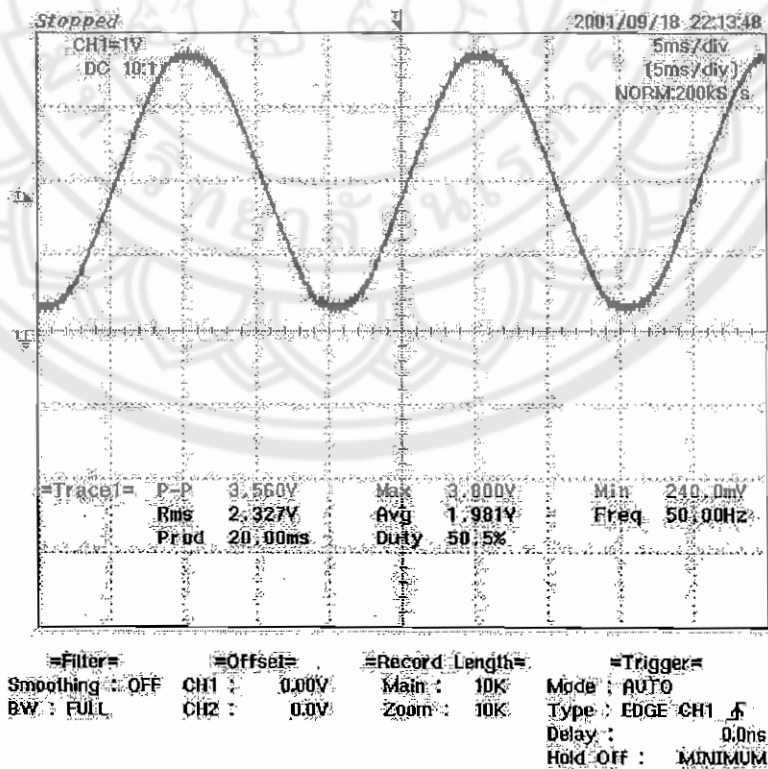
#### 4.2 การทดสอบวงจรแปลงสัญญาณกระแสเป็นสัญญาณแรงดันและการยกระดับสัญญาณ

จากวงจรที่ได้ออกแบบมาเมื่อนำตัวต้านทานไปต่ออนุกรมกับวงจรที่ต้องการวัดแล้วสัญญาณแรงดันที่ตกคร่อมที่ตัวต้านทานจะมีเฟสตรงกับสัญญาณกระแสของระบบที่ต้องการจะวัด ถ้าค่าความต้านทานที่ใช้เป็นตัวต้านทานที่บริสุทธิ์ (Pure Resistance) โดยก่อนที่เราจะนำตัวต้านทานที่จะใช้มาต่อในวงจรได้ทดสอบโดยการใช้เครื่องวัดค่าความเหนี่ยวนำ (Inductive) ผลที่ออกมาพบว่ามีค่าน้อยมากประมาณ 0.02 mH เท่านั้น ดังนั้นเราจึงสามารถตัดผลอันนี้ทิ้งได้ เราจึงสมมติให้ตัวต้านทานที่ได้นี้เหมือนเป็นตัวต้านทานบริสุทธิ์โดยค่าของตัวต้านทานนั้นเราจะกำหนดได้โดย ต้องกำหนดช่วงในการวัดของเราก่อน ในโครงการนี้เราจะกำหนดช่วงของการวัดไว้ที่ไม่เกิน 2 แอมป์ จึงเลือกใช้ตัวต้านทานขนาด 0.5 โอห์ม

เมื่อได้รูปคลื่นสัญญาณแรงดันมาแล้วก็จะนำมาเข้าวงจรรวมแรงดัน (Summing Circuit) เพื่อรวมสัญญาณดีซีเพื่อยกระดับแรงดันให้อยู่ในด้านบวกแล้ว รูปคลื่นที่ออกมาจะเป็นรูปสัญญาณที่กลับเฟสจึงนำวงจรขยายแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier) มาต่อเพื่อกลับเฟสให้ตรงกับสัญญาณที่รับเข้ามา



รูปที่ 4.3 คลื่นสัญญาณกระแสที่แปลงเป็นสัญญาณแรงดัน



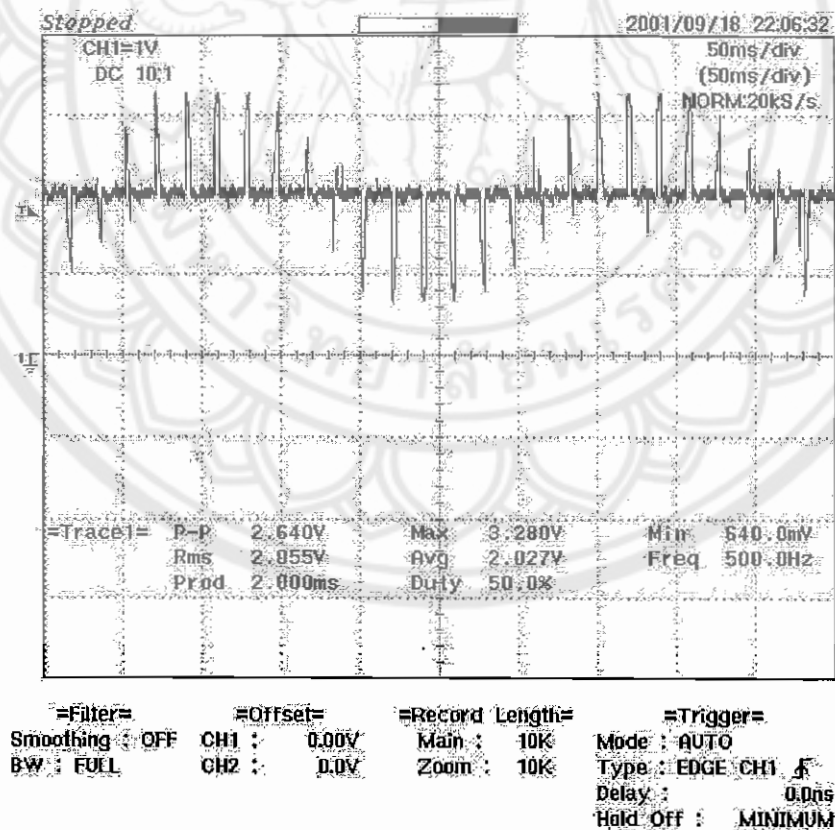
รูปที่ 4.4 คลื่นสัญญาณกระแสที่ผ่านการชดเชย

### 4.3 การทดสอบการเลือกช่องสัญญาณและการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล

เมื่อได้รูปคลื่นแรงดันและกระแสที่อยู่ในช่วงที่ต้องการมาได้แล้วก็ให้นำรูปคลื่นทั้ง 6 รูปนั้นมาเข้าไอซีมัลติเพล็กซ์เซอร์ (CD 4051) เพื่อเลือกสัญญาณในการสุ่มค่าของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการเลือกสัญญาณนั้นก็จะเป็นสัญญาณการทำงานมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ว่าเมื่อใดที่ทำการสุ่มค่าแล้วให้มีการเปลี่ยนช่องสัญญาณเพื่อสุ่มค่าในช่องสัญญาณถัดไปจนครบทุกช่องสัญญาณแล้วจึงเริ่มวนกลับมาสุ่มค่าในช่องสัญญาณแรกต่อไปจนครบจำนวนข้อมูลที่เราต้องการ

จากการทดลองพบว่าเมื่อเราเพิ่มความเร็วในการเปลี่ยนช่องสัญญาณไปเรื่อย ๆ ไอซีมัลติเพล็กซ์เซอร์นี้จะมีขีดจำกัดในการเปลี่ยนช่องสัญญาณที่ค่า ๆ หนึ่งซึ่งช้ากว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มากพอสมควรจึงต้องมีการหน่วงเวลาในการสร้างสัญญาณควบคุมในการเปลี่ยนช่องนี้ พบว่าใน 1 ลูกคลื่นสัญญาณความถี่ 50 เฮิร์ต (คาบเวลาประมาณ 20 ms) เราจะสามารถสุ่มสัญญาณได้เพียง 15 – 17 ครั้งเท่านั้น เพราะฉะนั้น รูปคลื่นสัญญาณที่เราได้มานั้นจะเกิดจากจุดทั้งหมด ประมาณ 16 จุดเท่านั้น

เมื่อได้สัญญาณในแต่ละช่องแล้วก็ให้นำสัญญาณในแต่ละช่องนั้นไปเข้า A/D Converter (ADC 0804) แล้วแปลงค่าที่ได้แต่ละค่านี้ออกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่ความละเอียด 8 บิต หรือ 256 ระดับแรงดัน



รูปที่ 4.5 รูปคลื่นสัญญาณที่ผ่านการเลือกช่องสัญญาณ 1 ช่องจาก 6 ช่อง

#### 4.4 การทดสอบการรับและส่งข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์

ในโปรแกรมที่ได้กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะเป็นการนำข้อมูลที่รับมาจาก Port 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำสำรอง (Ram) เมื่อครบจำนวน 252 ค่าแล้ว(42 ค่าต่อหนึ่งช่องสัญญาณ)ก็จะนำค่าในแต่ละช่องสัญญาณมาเปรียบเทียบกับตารางข้อมูลในตัวโปรแกรมให้เป็นรหัสแอสกี (ASCII Code)ซึ่งในโครงการนี้กำหนดให้เป็นตัวเลขซึ่งมีเลขหลังจุดทศนิยม 4 หลักเมื่อรวมทั้งจุดทศนิยมด้วยก็จะมีตัวอักษรที่มีค่าเป็น รหัสแอสกี (ASCII Code) ทั้งหมด 6 ตัวอักษร ต่อหนึ่งค่าข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลที่เข้ารหัสแล้วก็จะส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ทางพอร์ต RS - 232 ด้วยอัตราเร็วในการส่ง 9,600 bps

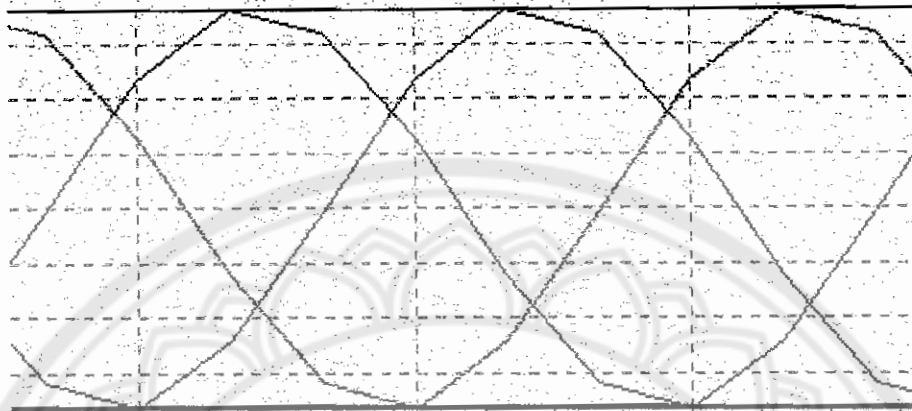
จากการคำนวณจะพบว่าค่าข้อมูลมีทั้งหมด 252 ค่าเข้ารหัสเป็นรหัสแอสกี(ASCII Code)แล้วจะได้จำนวนบิตทั้งหมด 15120 บิต( ข้อมูล 8 บิตรวมบิตเริ่มกับบิตหยุด 2 บิต = 10 บิต  $\times$  6 ตัวอักษร  $\times$  252 ค่าข้อมูล) เราจะได้เวลาในการส่งทั้งหมด  $15120/9600 = 1.575$  วินาที แต่เนื่องจากโปรแกรมที่รับข้อมูลนั้นต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลจึงไม่สามารถที่จะรับจำนวนข้อมูลที่ติดกันได้ จึงต้องมีการหน่วงเวลาในการส่งข้อมูลไป จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วในการประมวลผลสูง ๆ ก็จะทำให้เวลาในส่วนนี้น้อยลงไปด้วย แต่ในโครงการนี้กำหนดให้มีการหน่วงเวลาประมาณ  $1/6$  วินาทีต่อหนึ่งชุดข้อมูล เพราะฉะนั้นจะใช้เวลาในการส่งข้อมูลทั้งหมดประมาณ  $42/6 = 7$  ถึง 10 วินาที

#### 4.5 การทดสอบการรับข้อมูลของโปรแกรมแสดงผล

เมื่อโปรแกรมรับข้อมูลมาแล้วก็จะนำข้อมูลในแต่ละค่าที่ได้ไปเก็บในฐานข้อมูลของโปรแกรม และเมื่อรับข้อมูลครบตามที่กำหนดไว้แล้ว โปรแกรมก็จะนำค่าที่ได้มาแสดงเป็นกราฟข้อมูลในแต่ละช่องสัญญาณ ซึ่งจะมีดังนี้ ชุดรูปคลื่นแรงดัน 3 เฟส 3 ช่องสัญญาณ ,ชุดรูปคลื่นกระแส 3 เฟส 3 ช่องสัญญาณ แต่ในโปรแกรมแสดงผลนี้เราจะรวมรูปคลื่นของแรงดันและรูปคลื่นของกระแสในแต่ละเฟสเข้าด้วยกันเพื่อเปรียบเทียบดูคลื่น และมีการแสดงภาพแรงดันและกระแสทั้งสามเฟสเปรียบเทียบกัน

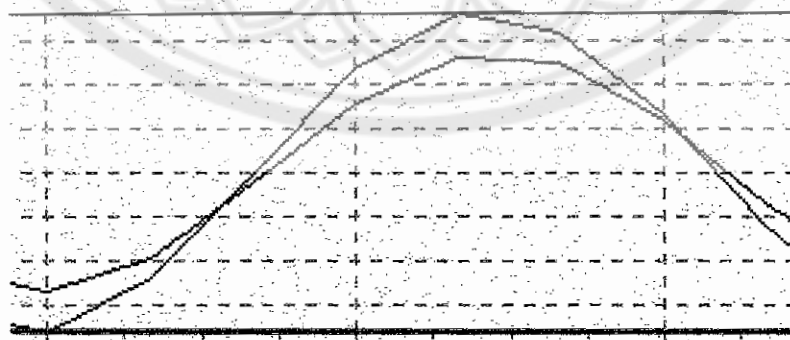
เมื่อนำรูปคลื่นไปแสดงผลแล้ว ก็จะนำค่าในฐานข้อมูลไปคำนวณในการหาค่าต่าง ๆ เช่น มุมระหว่างแรงดันกับกระแส พร้อมทั้งพิจารณาว่ามุมของกระแสหน้าหรือล้าหลังแรงดัน และมีการคำนวณ Power Factor , Apparent Power , Real Power , Reactive Power และแสดงค่าแรงดันและกระแสสูงสุด พร้อมทั้งแสดงค่า Root Mean Square (Rms) ของทั้งแรงดันและกระแสด้วย

กราฟแรงดันใน 3 เฟส



รูปที่ 4.6 รูปคลื่นกระแส 3 เฟสที่กระแส 1 A จากเครื่องวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น

กราฟแรงดันกับกระแสในเฟสที่ 1



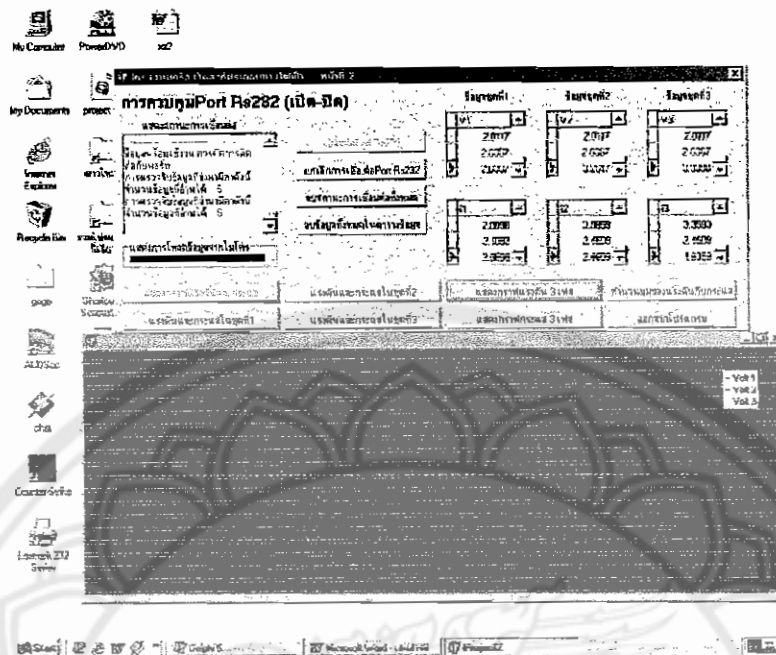
รูปที่ 4.7 รูปสัญญาณแรงดันและกระแส 1 เฟสเมื่อเป็นโหลดความต้านทานจากเครื่องวัดที่ประดิษฐ์ขึ้น

เฟสที่ 1		เฟสที่ 2		เฟสที่ 3	
แรงดันในเฟสที่ 1 (max)	0	แรงดันในเฟสที่ 2 (max)	0	แรงดันในเฟสที่ 3 (max)	0
กระแสในเฟสที่ 1 (min)	0	กระแสในเฟสที่ 2 (min)	0	กระแสในเฟสที่ 3 (min)	0
มุมที่แรงดันทำกับกระแส	22.5	มุมที่แรงดันทำกับกระแส	0	มุมที่แรงดันทำกับกระแส	22.5
ค่าแรงดันในเฟสที่ 1 (rms)	2.54913826	ค่าแรงดันในเฟสที่ 2 (rms)	2.62190840	ค่าแรงดันในเฟสที่ 3 (rms)	2.67318121
ค่ากระแสในเฟสที่ 1 (rms)	2.06308549	ค่ากระแสในเฟสที่ 2 (rms)	2.41001982	ค่ากระแสในเฟสที่ 3 (rms)	2.63121866
Active_Power (P)	6.27141307	Active_Power (P)	6.31885122	Active_Power (P)	6.49788840
Reactive_Power (Q)	2.53885575	Reactive_Power (Q)	0	Reactive_Power (Q)	2.69271696
Apparent_Power (S)	6.78957313	Apparent_Power (S)	6.31885122	Apparent_Power (S)	7.03372432
Power_Factor (pf)	0.92381903	Power_Factor (pf)	1	Power_Factor (pf)	0.92381903
แสดงสถานะของมุม	LEADING	แสดงสถานะของมุม		แสดงสถานะของมุม	LAGGING
แสดงค่ามุมแรงดันกับกระแส			กับหน่วยจลนิก		

รูปที่ 4.8 หน้าค่าการคำนวณของโปรแกรมแสดงผล

โครงการเครื่องวัดองค์ประกอบทางไฟฟ้า หน้าที่ 1			
ชื่อโครงการ	เครื่องวัดองค์ประกอบทางไฟฟ้า (Power analyzer on PC)		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายคุณฐิติ	สรรดสวรรค์	40362352
	นางสาวรุ่งรัตน์	ปราณีไชติรส	41362237
	นายเทอดพงษ์	เกียรติพานิชกิจ	41362401
	นายเพิ่มอิน	บุญศิริ	41362419
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์มุกดา	สงฆ์จันทร	
สาขา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ออกจากโปรแกรมการรับส่ง		เริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม	

รูปที่ 4.9 หน้าค่าแรกของโปรแกรมแสดงผล



รูปที่ 4.10 การใช้งานของ โปรแกรมคำนวณและแสดงผลบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์

#### 4.6 การคำนวณหาค่าเฉลี่ยรากที่สอง (Root Mean Square)

เนื่องจากค่าที่เรารับมาได้นั้นไม่เป็นค่าที่ต่อเนื่อง (Continuenous) ดังนั้นเราจึงไม่สามารถที่จะทำการอินทิเกรตแบบค่าธรรมดาได้ จึงต้องใช้การอินทิเกรตแบบผลบวกรีมันน์ (Remann Sums and Definite Intrigrals) มาช่วยในการหา โดยจะเริ่มจาก

สูตรของค่าเฉลี่ยรากที่สอง 
$$V_{rms} = (1/T \int_0^T (V_m \sin \omega t)^2 dt)^{1/2}$$

4.6.1 นำค่าในแต่ละจุดมายกกำลังสองเพราะว่าค่าที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเป็นค่าแรงดันที่เกิดจากสมการ  $V_m \sin \omega t$  อยู่แล้ว

4.6.2 นำค่าในแต่ละจุดที่ยกกำลังสองแล้วมาทำเป็นรูปสี่เหลี่ยม โดยความกว้างของรูปสี่เหลี่ยมจะเท่ากับระยะห่างระหว่างจุดต่อจุดของค่าข้อมูล

4.6.3 นำพื้นที่ทั้งหมดมาบวกกันจะได้เป็นพื้นที่ใต้กราฟของ  $V_m \sin \omega t$  และนำมาหารด้วยคาบของเวลาซึ่งก็คือระยะห่างตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายของข้อมูล แล้วนำไปยกตราที่ที่สอง

4.6.4 ส่วนค่าของกระแสก็ทำเช่นเดียวกันกับค่าของแรงดันเพราะข้อมูลที่ได้รับเข้ามาอยู่ในรูปเดียวกัน

4.6.5 ค่าที่ได้ออกมาจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยรากที่สอง ที่หาได้จากทฤษฎี โดยจะมีค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการที่จุดทดสอบมีจำนวนที่น้อยจุด จึงทำให้ค่าที่คำนวณได้มีค่าความผิดพลาดอยู่



#### 4.7 การหาค่ามุมระหว่างกระแสกับแรงดัน

เมื่อได้ค่าที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว ค่าที่ได้จะเป็นค่าแรงดันที่เกิดจากสมการ  $V = V_m \sin \omega t$  อยู่แล้ว ค่าแต่ละค่าจึงมีค่ามุมประจำจุดอยู่แล้วหาได้โดยการหาค่าส่วนกลับของค่า sine เพราะฉะนั้นจะได้มุมประจำจุดคือ  $\sin^{-1}(V/V_m) = \theta$

4.7.1 หาค่ามุมประจำจุดของข้อมูลแรงดัน และกระแสออกมา

4.7.2 นำค่ามุมในจุดที่เกิด ณ เวลาเดียวกันของ แรงดันและกระแสมาลบกันโดยคิดให้ค่าข้อมูลของแรงดันเป็นค่าอ้างอิง จะได้ค่ามุมผลต่างระหว่างแรงดันกับกระแสออกมา

4.7.3 นำค่าผลต่างทั้งหมดของชุดข้อมูล มาหาค่าเฉลี่ยโดยการหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมดจะได้ค่ามุมเฉลี่ยของทั้งรูปคลื่น

4.7.4 ถ้าค่ามุมเฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่าเป็นลบ หมายความว่า รูปคลื่นกระแสนำหน้า (Leading) รูปคลื่นแรงดัน หรือถ้ามีค่าเป็นบวกหมายความว่ารูปคลื่นกระแสตามหลังรูปคลื่นแรงดัน (Lagging) ถ้าค่าที่ได้มีค่าเป็น ศูนย์ หมายความว่า รูปคลื่นกระแสทับกับรูปคลื่นแรงดัน (In Phase)

#### 4.8 การหาค่ากำลังปรากฏ (Apparent Power) กำลังจริง(Real Power) กำลังเสมือน (Reactive Power) และ Power Factor

- ค่าของกำลังปรากฏหาได้จากสูตร  $S = VI$
- ค่าของกำลังจริงหาได้จากสูตร  $P = VI \cos \theta$
- ค่าของกำลังเสมือนหาได้จากสูตร  $Q = VI \sin \theta$
- ค่าของ Power Factor หาได้จากสูตร  $PF = \cos \theta$

โดยค่าของแรงดันกับกระแสจะต้องเป็นค่าเฉลี่ยรากที่สองทั้งหมด และมุม  $\theta$  ก็คือมุมผลต่างระหว่างกระแสกับแรงดันที่วัดได้ ส่วนค่า Power Factor ก็คือค่า Cosine ของมุมผลต่างนั่นเอง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองโดยต่อโหลดตัวด้านทาน

Phase	เครื่องวัดอ้างอิง		เครื่องวัดที่สร้างขึ้น		%ERROR	
	PF	I(A)	PF	I(A)	PF(%)	I(%)
A	1	0.6	0.982	0.579	1.8	3.5
B			0.984	0.579	1.6	3.5
C			0.984	0.579	1.6	3.5
A	1	0.8	0.941	0.9	5.9	12.5
B			0.944	0.873	5.6	9.125
C			0.943	0.873	5.7	9.125
A	1	1	0.997	1.01	0.3	1
B			0.997	1.01	0.3	1
C			0.996	1.01	0.4	1
A	1	1.2	0.997	1.302	0.3	8.5
B			0.997	1.302	0.3	8.5
C			0.996	1.302	0.4	8.5
A	1	1.4	0.997	1.436	0.3	2.571
B			0.997	1.409	0.3	0.642
C			0.996	1.419	0.4	1.357
A	1	1.6	0.996	1.5628	0.4	2.325
B			0.996	1.5628	0.4	2.325
C			0.996	1.5628	0.4	2.325
A	1	1.8	0.997	1.758	0.3	2.333
B			0.996	1.838	0.4	2.111
C			0.996	1.864	0.4	3.555
A	1	2	0.997	1.898	0.3	5.1
B			0.996	1.882	0.4	5.9
C			0.997	1.892	0.3	5.4
A	1	2.2	0.997	2.194	0.3	0.272
B			0.996	2.253	0.4	2.409
C			0.997	2.208	0.3	0.363
A	1	2.5	0.996	2.39	0.4	4.4
B			0.997	2.45	0.3	2
C			0.998	2.46	0.2	1.6

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองโดยต่อโหลดตัวเหนี่ยวนำ

Phase	เครื่องวัดอ้างอิง		เครื่องวัดที่สร้างขึ้น		%ERROR	
	PF	I(A)	PF	I(A)	PF(%)	I(%)
A	0.95	0.6	0.976	0.632	2.736	5.333
B			0.978	0.632	2.947	5.333
C			0.978	0.632	2.947	5.333
A	0.9	0.9	0.878	1.007	2.444	11.888
B			0.882	1.007	2	11.888
C			0.881	1.007	2.111	11.888
A	0.85	1.1	0.819	1.06	3.647	0.036
B			0.824	1.06	3.058	0.036
C			0.823	1.06	3.176	0.036
A	0.8	1.3	0.766	1.3	4.25	0
B			0.772	1.3	3.5	0
C			0.772	1.33	3.5	2.307
A	0.75	1.45	0.741	1.44	1.2	0.689
B			0.747	1.44	0.4	0.689
C			0.746	1.44	0.533	0.689
A	0.7	1.5	0.673	1.44	3.857	4
B			0.68	1.44	2.857	4
C			0.678	1.46	3.142	2.666
A	0.65	1.55	0.652	1.49	0.307	3.871
B			0.659	1.49	1.384	3.871
C			0.658	1.49	1.23	3.871
A	0.6	1.7	0.568	1.73	5.333	1.764
B			0.575	1.76	4.166	3.529
C			0.574	1.76	4.333	3.529
A	0.55	1.8	0.485	1.865	11.818	3.611
B			0.493	1.865	10.363	3.611
C			0.493	1.838	10.363	2.111
A	0.5	1.9	0.485	1.865	3	1.842
B			0.493	1.865	1.4	1.842
C			0.491	1.865	1.8	1.842

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองโดยต่อโหลดตัวเก็บประจุ

Phase	เครื่องวัดอ้างอิง		เครื่องวัดที่สร้างขึ้น		%ERROR	
	Pr	I(A)	Pr	I(A)	Pr(%)	I(%)
A	0.95	0.6	0.959	0.632	0.947	5.333
B			0.961	0.605	1.157	0.833
C			0.961	0.605	1.157	0.833
A	0.9	0.85	0.851	0.86	5.444	1.176
B			0.855	0.881	5	3.647
C			0.854	0.881	5.111	0.45
A	0.85	1	0.858	1.01	0.941	1
B			0.863	0.981	1.529	1.9
C			0.862	1.01	1.411	1
A	0.8	1.2	0.802	1.302	0.25	8.5
B			0.808	1.06	1	11.666
C			0.807	1.302	0.875	8.5
A	0.75	1.3	0.75	1.329	0	2.23
B			0.756	1.409	0.8	8.384
C			0.755	1.409	0.666	8.384
A	0.7	1.4	0.698	1.436	0.285	2.571
B			0.704	1.436	0.571	2.571
C			0.703	1.436	0.428	2.571
A	0.65	1.5	0.584	1.476	10.153	1.6
B			0.59	1.479	9.23	1.4
C			0.589	1.463	9.384	2.466
A	0.6	1.55	0.551	1.489	8.166	3.938
B			0.558	1.489	7	3.938
C			0.559	1.489	6.833	3.938
A	0.55	1.8	0.541	1.731	1.636	3.833
B			0.549	1.758	0.181	2.333
C			0.547	1.731	0.545	3.833
A	0.5	1.7	0.506	1.758	1.2	3.411
B			0.513	1.758	2.6	3.411
C			0.512	1.758	2.4	3.411

#### 4.9 วิเคราะห์ผลจากตารางการทดลอง

จากตารางการทดลองที่ 4.1 – 4.3 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการวัดกระแสและค่า Power factor เฉลี่ย โดยทดลองวัดค่าละ 3 ครั้งในช่วงต่าง ๆ แล้ว จะมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในค่าบางช่วงของการวัด ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการสุ่มรับค่าของมัลติเพลกเซอร์และข้อจำกัดของ A/D Converter 8 bit ที่สุ่มรับค่ามาค่อนข้างน้อย กล่าวคือได้แค่ 16 ค่าต่อหนึ่งลูกคลื่น ทำให้ค่าในการคำนวณมีความผิดพลาดเกิดขึ้นเมื่อนำมาคำนวณเป็นค่า RMS เพราะว่าการคำนวณโดยใช้การหาผลรวมของรีมันน์ตามที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 2.3 และหัวข้อ 4.6 จะมีความถูกต้องสูงก็ต่อเมื่อ จุดที่ทำการสุ่มรับค่านั้นมีค่ามากจนเป็นอนันต์ แต่เมื่อค่าที่เรารับได้นั้นมีแค่ 16 ค่าต่อหนึ่งลูกคลื่นทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณวิธีนี้มีความผิดพลาดอยู่ และข้อผิดพลาดอีกประการก็คือการใช้สูตรในการคำนวณค่า Power factor ตามหัวข้อที่ 4.7 มีค่าความถูกต้องในระดับหนึ่งเท่านั้นยังไม่สามารถให้ความถูกต้องได้ 100 % ซึ่งถ้าจะให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องมากควรจะมีการสุ่มรับค่าให้ได้มากกว่านี้จึงจะทำให้จุดที่นำมาคิดเป็นค่ามูมนั้นละเอียดยิ่งขึ้นค่าของมุมที่กระแสทำกับแรงดันนั้นก็就会有ความถูกต้องยิ่งขึ้น

