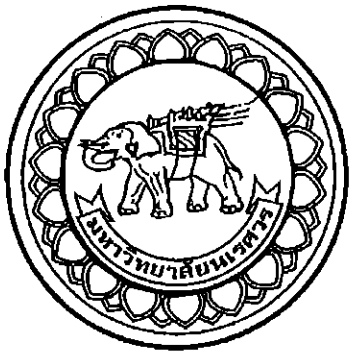


วงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton

Voltage Multiplier from Cockcroft Walton

นายเกียรติศักดิ์ มุงจะรส รหัส 46380178

นายเพิ่มพงศ์ เวียงลอ รหัส 46380181

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25 พ.ค. 2553
เลขทะเบียน 150078579
เลขเรียกหนังสือ ปส. ก8857ว 2549 ค.2
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2549

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	วงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายเกียรติศักดิ์ มุงจะรส	รหัส	46380178
	นายเพิ่มพงศ์ เวียงลอ	รหัส	46380181
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สมพร เรืองสินชัยวานิช		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2549		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะกรรมการการสอบสวนโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานคณะกรรมการ

(ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช)

.....กรรมการ

(ดร. ชัยรัตน์ พินทอง)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ปิยคนัย ภาชนะพรรณ์)

หัวข้อโครงงาน	วงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายเกียรติศักดิ์ มุงจะรส รหัส 46380178
	นายเพิ่มพงศ์ เวียงลอ รหัส 46380181
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สมพร เรืองสินชัยวานิช
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2549

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาวงจรทวีแรงดัน ซึ่งถูกพัฒนามาจากวิธีของ Cockcroft Walton วงจรประกอบไปด้วย ตัวเก็บประจุและไดโอด นำมาต่อกันเป็นวงจรขั้นบันไดและสร้างแบบจำลอง มีค่าแรงดันเอาท์พุทประมาณ 1000 โวลต์

ผลที่คาดว่าจะได้จากการทำโครงงานนี้ คือ ค่าเปรียบเทียบที่ได้จากการคำนวณ , ค่าจากโปรแกรม PSIM และค่าจากการทดลองจริง ซึ่งผลที่ได้เป็นไปตามทฤษฎี

Project Title	Voltage multiplier form Cockcroft Walton
Name	Mr.Kiattisakd Mungcharos ID.46380178
	Mr.Permpong Wianglow ID.46380181
Project Advisor	Dr. Somporn Ruangsinchaiwanich
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2006

.....

ABSTRACT

This project is study the voltage multiplier circuit which is developed by Cockcroft-Walton method. The circuit is combined as capacitor and diode. That are connected by step and the maximum output can be modeled as 1000 volt.

The expected result in the project is the compare the calculation, simulation and measurement. The result is followed by theory.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำ ความรู้ และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการแก้ปัญหาต่างๆ จาก ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช และภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ที่ได้ให้ความสะดวกในด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ จนจัดทำปริญญานิพนธ์สำเร็จ ซึ่งผู้จัดทำขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายสุดขอขอบพระคุณ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล และเป็นที่ปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์นี้จนสำเร็จสมบูรณ์ รวมถึงแหล่งข้อมูลที่เอื้ออำนวยต่อการทำปริญญานิพนธ์นี้ด้วย

นายเกียรติศักดิ์ มุงจะรส
นายเพิ่มพงศ์ เวียงลอ

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงงานวิจัย.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญรูป.....ฎ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน.....2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3
1.7 งบประมาณที่ใช้.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีโครงสร้างสัญลักษณ์ของไดโอดและตัวเก็บประจุ.....5
2.1 โครงสร้าง และสัญลักษณ์ของไดโอด.....5
2.1.1 รอยต่อ P-N ภายในไดโอด.....5
2.1.2 การไบอัสไดโอด.....6
2.1.3 การไบอัสตรงแก่ไดโอด (Forward Biasing a Diode).....6
2.1.4 การให้ไบอัสกลับแก่ไดโอด (Reverse Biasing a Diode).....7
2.1.5 กราฟแสดงคุณลักษณะของไดโอด.....7
2.1.6 คุณลักษณะของไดโอดเมื่อได้รับการไบอัสตรง.....8
(Forward Characteristics)
2.1.7 คุณลักษณะของไดโอดเมื่อได้รับการไบอัสกลับ.....9
(Reverse Characteristics)

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 ตัวเก็บประจุ....10
2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ....10
2.2.1.1 ตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่....10
2.2.1.2 ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้....11
2.2.2 การทำงานของตัวเก็บประจุ....12
2.2.2.1 การประจุ การเก็บประจุ....12
2.2.2.2 การคายประจุ....13
2.2.3 หน่วยของการเก็บประจุ.... 13
2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าของตัวเก็บประจุ....14
2.2.5 สูตรการคำนวณหาค่าการเก็บประจุ....15
2.3 วงจรทวีแรงดันแบบ Cockcroft Walton....16
2.3.1 การทำงาน ของ Cockcroft Walton ขณะไม่มีโหลด....16
2.3.2 แรงดันที่จุดต่างๆ ของ Cockcroft Walton ขณะไม่มีโหลด....17
2.3.3 การคำนวณหาแรงดันระลอก 18

บทที่ 3 การทดลอง....20
3.1 การทดลอง....20
3.1.1 การทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม....21
PSIM ในสภาวะไม่มีโหลด
3.1.2 การทดลองจริง ในสภาวะไม่มีโหลด 21
3.1.3 การทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม....22
PSIM ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม
3.1.4 การทดลองจริง โดยใช้โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม....22
3.1.5 การทดลองจากโปรแกรม PSIM ดูค่าแรงดันระลอก....23
3.1.6 การทดลองจริง ดูค่าแรงดันระลอก....23
3.1.7 การทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม....24
PSIM ต่อโหลดความต้านทาน 100k โอห์ม

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.8 การทดลองจริง ต่อโหลดความต้านทาน 100k โอห์ม.....24
3.1.9 การทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM.....25
ต่อโหลดความ ต้านทาน 1k โอห์ม
3.1.10 การทดลองจริง ต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม.....25
3.2 การสร้างแบบจำลองแรงดันเอาท์พุท 1000 โวลต์.....26

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....27
4.1 ผลการทดลอง.....27
4.1.1 ผลการทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM.....27
4.1.2 ผลการทดลองจริงในสภาวะไม่มีโหลด.....29
4.1.3 ผลการทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM.....32
ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม
4.1.4 ผลการทดลองจริง โดยใช้โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม.....34
4.1.5 ผลการทดลองจากโปรแกรม PSIM ดูรูปแรงดันระลอก.....37
4.1.6 ผลการทดลองจริง ดูรูปแรงดันระลอก.....39
4.1.7 ผลการทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM.....42
ต่อโหลดความ ต้านทาน 100k โอห์ม
4.1.8 ผลการทดลองจริง โดยใช้โหลดความต้านทาน 100k โอห์ม.....44
4.1.9 ผลการทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM.....47
ต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม
4.1.10 ผลการทดลองจริง ต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม.....49
4.2 ผลการทดลองการสร้างแบบจำลองแรงดันกระแสตรง เอาท์พุท 1000 โวลต์.....52
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....53

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....58
5.1 สรุปผลการทดลอง.....58
5.2 ประเมินผล.....58
5.3 ปัญหา ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข.....58

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป....58
เอกสารอ้างอิง....59
ภาคผนวก....60
ประวัติผู้ทำโครงงาน

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ไดอิเล็กตริกของวัสดุต่างๆ....14
4.1 ผลการทดลองที่สภาวะไม่มีโหลด....55
4.2 ผลการทดลองจากการต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม....55
4.3 ผลการทดลองจากการต่อโหลดความต้านทาน 100k โอห์ม....56
4.4 ผลการทดลองจากการต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม....56
4.5 ผลการทดลองที่สภาวะไม่มีโหลด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์....56
4.6 ผลการทดลองจากการต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์....57

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงสัญลักษณ์ของไดโอด....5

2.2 การไบอัสกลับของไดโอด....7

2.3 กราฟแสดงคุณลักษณะของไดโอด....8

2.4 แสดงตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้....12

2.5 แสดงสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้....12

2.6 แสดงขั้นตอนการประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ....13

2.7 แสดงขั้นตอนการคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ....13

2.8 รูปการต่อวงจรทวีแรงดันแบบ Cockcroft Walton....16

2.9 วงจรทวีแรงดัน n เท่า....17

3.1 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า โดยใช้โปรแกรม PSIM สภาวะไม่มีโหลด....21

3.2 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง สภาวะไม่มีโหลด....22

3.3 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า โดยใช้โปรแกรม PSIM....22
(ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม)

3.4 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง (ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม)....23

3.5 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า โดยใช้โปรแกรม PSIM....23
(ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม) วัดดูค่าแรงดันระลอก

3.6 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง (ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม)....24
วัดดูค่าแรงดันระลอก

3.7 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า โดยใช้โปรแกรม PSIM....24
(ต่อโหลดความต้านทาน 100k โอห์ม)

3.8 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง (ต่อโหลดความต้านทาน 100k โอห์ม)....25

3.9 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า โดยใช้โปรแกรม PSIM....25
(ต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม)

3.10 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง (ต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม)....26

3.11 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton เอาท์พุท 1000 โวลต์....26

4.1 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่าสภาวะไม่มีโหลด....27

4.2 แสดงแรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF....27

4.3 แสดงแรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 1uF....28

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.4 แสดงแรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 10uF.....28
4.5 แสดงแรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด100uF.....29
4.6 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง สภาวะไม่มีโหลด.....29
4.7 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF.....30
4.8 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 1uF.....30
4.9 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 10uF.....31
4.10 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100uF.....31
4.11 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จากโปรแกรม PSIM สภาวะมีโหลด (1M โอห์ม) 32
4.12 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF.....32
4.13 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 1uF.....33
4.14 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 10uF.....33
4.15 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 100uF.....34
4.16 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง สภาวะมีโหลด (1M โอห์ม) 34
4.17 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF.....35
4.18 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 1uF.....35
4.19 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 10uF.....36
4.20 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100uF.....36
4.21 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จากโปรแกรม PSIM สภาวะมีโหลด (1M โอห์ม).....37
4.22 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM.....37
ของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF
4.22 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM.....37
ของตัวเก็บประจุขนาด 1uF
4.22 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM.....37
ของตัวเก็บประจุขนาด 10uF
4.22 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM.....37
ของตัวเก็บประจุขนาด 100uF
4.26 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง สภาวะมีโหลด (1M โอห์ม).....39

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.27 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุทของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF....40
4.28 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุทของตัวเก็บประจุขนาด 1uF....40
4.29 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุทของตัวเก็บประจุขนาด 10uF....41
4.30 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุทของตัวเก็บประจุขนาด 100uF....41
4.31 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จากโปรแกรม PSIM สภาวะมีโหลด (100k โอห์ม)....42
4.32 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF....42
4.33 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 1uF....43
4.34 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 10uF....43
4.35 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 100uF....44
4.36 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง สภาวะมีโหลด (100k โอห์ม)....44
4.37 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF....45
4.38 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 1uF....45
4.39 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 10uF....46
4.40 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100uF....46
4.41 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จากโปรแกรม PSIM สภาวะมีโหลด (1k โอห์ม)....47
4.42 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF....47
4.43 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 1uF....48
4.44 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 10uF....48
4.45 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 100uF....49
4.46 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง สภาวะมีโหลด (1k โอห์ม)....49
4.47 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF....50
4.48 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 1uF....50
4.49 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 10uF....51
4.50 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100uF....51
4.51 แสดงค่าแรงดันเอาท์พุทในสภาวะไม่มีโหลด....52
4.52 แสดงค่าแรงดันเอาท์พุทในสภาวะมีโหลด (โหลด 1M โอห์ม)....52
4.53 แสดงค่ากระแสที่วัดได้....52

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในการเรียนรายวิชา High Voltage Engineering ได้มีการศึกษาวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชานี้ นั่นเป็นเหตุผลที่จะศึกษาการทำงานของวงจรทวีแรงดันนี้ ว่าสอดคล้องกับทฤษฎีมากน้อยเพียงใด โดยจะศึกษา ดังนี้ เมื่อมีการเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุแล้ว จะเปรียบเทียบแรงดันเอาท์พุทในสภาวะไม่มีโหลด และ มีโหลด ว่าแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด หาค่าแรงดันระลอก (Voltage Ripple) ,แรงดันตก (Voltage Drop) และเมื่อมีการเปลี่ยนค่าของโหลดความต้านทานแล้ว มีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันหรือไม่ และสร้างแบบจำลองของวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton เพื่อเป็นอุปกรณ์ประกอบการศึกษาในรายวิชา High Voltage Engineering หรือรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องในเรื่องนี้

โครงงานนี้ จะช่วยให้ผู้สนใจ สามารถใช้ศึกษา เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานของวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ได้เป็นอย่างดี เพื่อสามารถ เลือกสร้างวงจรที่ต้องการใช้ได้เหมาะสม และ สามารถนำไปประยุกต์ ใช้ในการทำการทดลอง เพื่อความเข้าใจที่ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิศวกรรม

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton

1.2.2 สร้างแบบจำลองของวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton แรงดันเอาท์พุทประมาณ 1000 โวลต์

1.2.3 เป็นอุปกรณ์ประกอบการศึกษาในรายวิชา High Voltage Engineering หรือรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องในเรื่องนี้ เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจและเห็นภาพมากยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตโครงงานวิศวกรรม

1.3.1 ศึกษาตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ว่ามีการทำงานอย่างไร

1.3.2 ศึกษาไดโอดที่ใช้ในวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ว่ามีการทำงานอย่างไร

1.3.3 เปรียบเทียบแรงดันในสภาวะไม่มีโหลด กับ มีโหลด โดยใช้ตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF,1uF,10uF และ 100uF ในวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton

1.3.4 เพื่อสร้างแบบจำลองของวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ได้แรงดันเอาท์พุทประมาณ 1000 โวลต์

1.4 ขั้นตอนของการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีของวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton

1.4.2 ศึกษาและหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton

1.4.3 เลือกชนิดและขนาดของตัวเก็บประจุที่จะนำมาทดลอง

1.4.4 เลือกชนิดและขนาดของไดโอด

1.4.5 ทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM

1.4.6 ทำการทดลองต่อวงจรจริง

1.4.7 วิเคราะห์และสรุปผล

1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2548		ปี 2549									
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1.ศึกษาเรื่องของวงจรทวีแรงดัน	←	→										
2. ศึกษาเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้			←	—	→							
3.ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของวงจรทวีแรงดัน					←	—	→					
4.ศึกษาการทำงาน							←	—	→			
5. เลือกใช้ชนิดของตัวเก็บประจุที่เหมาะสมกับโครงงาน							←	—	—	→		
6. ออกแบบวงจรและทดลองจริง							←	—	—	→		
7. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา								←	—	—	→	
8. สรุปผลการทดลอง									←	—	—	→

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจการทำงานของวงจรทวีแรงดันในส่วนของวงจรขั้นบันไดสร้างแรงดันกระแสตรงแบบ Cockcroft Walton
2. เมื่อเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุแล้ว มีผลต่ออะไรบ้าง
3. สร้างแบบจำลองของวงจรทวีแรงดันในส่วนของ วงจรทวีแรงดันในส่วนของวงจรขั้นบันไดสร้างแรงดันกระแสตรง แบบ Cockcroft Walton ได้แรงดันกระแสตรงเอาท์พุทประมาณ 1000 โวลต์

1.7 งบประมาณที่ต้องใช้

1. ถ่ายเอกสารและค่าเข้าเล่ม	400 บาท
2. ค่าปริ้นท์เอกสาร	400 บาท
3. ค่าหนังสือ	200 บาท
4. ค่าอุปกรณ์	1,000 บาท

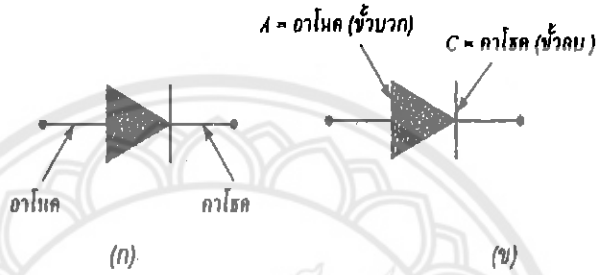
รวมเป็นเงิน 2,000 บาท (สองพันบาทถ้วน)

หมายเหตุ ถั่วเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
ทฤษฎีโครงสร้างสัญลักษณ์ของไดโอดและตัวเก็บประจุ

2.1 โครงสร้าง และสัญลักษณ์ของไดโอด

ไดโอดประกอบด้วยขั้วต่อ 2 ขั้ว มีชื่อเรียกว่า อาโนด (Anode) และคาโธด (Cathod) โดยมีสัญลักษณ์ ดังแสดงในรูป



รูปที่2.1 แสดงสัญลักษณ์ของไดโอด
ก) แสดงขาของอาโนดและคาโธด
ข) แสดงอาโนด (ขั้วบวก) คาโธด (ขั้วลบ)

2.1.1 รอยต่อ P-N ภายในไดโอด

ไดโอดเกิดจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด n-type และ p-type มาต่อกัน ซึ่งจุดที่สารกึ่งตัวนำทั้งสองสัมผัสกันเรียกว่า รอยต่อ (Junction) โดยรอยต่อนี้จะยอมให้อิเล็กตรอนอิสระที่มีอยู่มากในด้าน n-region เคลื่อนที่ข้ามไปรวมกับโฮลในด้าน p-region และเนื่องจากอิเล็กตรอนจาก n-region เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลในด้าน p-region จึงทำให้เกิดประจุไฟฟ้าลบใน p-region ขึ้น และทิ้งบริเวณที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ออกมาจาก n-region ให้เป็นประจุไฟฟ้าบวก จากปรากฏการณ์นี้จึงทำให้พื้นที่หรือชั้นของรอยต่อซึ่งประกอบขึ้นจากประจุไฟฟ้าบวกด้านหนึ่ง และประจุไฟฟ้าลบอีกด้านหนึ่ง ซึ่งชั้นของรอยต่อที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า "Depletion Region" ซึ่งเมื่อชั้นของรอยต่อเริ่มก่อตัวขึ้นก็จะไปมีผลทำให้ไม่มีการรวมตัวระหว่างอิเล็กตรอนอิสระ และโฮลข้ามรอยต่ออีกต่อไป กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ประจุไฟฟ้าลบใน p-region ที่อยู่ใกล้กับบริเวณรอยต่อจะผลักอิเล็กตรอนอิสระจาก n-region ไม่ให้เข้ามารวมอีก จากปฏิกิริยานี้จะเป็นการป้องกันไม่ให้ Depletion Region ขยายกว้างออกไปอีก ประจุไฟฟ้าบวก และประจุไฟฟ้าลบที่บริเวณรอยต่อนี้จะมีศักย์ไฟฟ้าสะสมในตัวระดับหนึ่งและเนื่องด้วยประจุทั้งสองมีขั้วตรงกันข้ามกัน จึงทำให้เกิดความ

ต่างศักย์ไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าปรากฏคร่อมรอยต่อ ซึ่งความต่างศักย์ไฟฟ้านี้มีชื่อเรียกว่า กำแพงศักย์ไฟฟ้า (Barrier Potential) หรือ กำแพงแรงดันไฟฟ้า (Barrier Voltage) โดยขนาดของกำแพงแรงดันไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อ P-N สำหรับซิลิกอนไดโอดจะมีค่าประมาณ 0.7 V และถ้าเป็นของเยอรมันเนียมไดโอดจะมีค่าประมาณ 0.3 V ที่อุณหภูมิห้อง

2.1.2 การไบอัสไดโอด

ด้วยไดโอดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดรอยต่อ P-N ดังนั้นการที่จะทำให้ไดโอดทำงานจะต้องให้ขนาดแรงดันไฟฟ้า และชนิดของขั้วที่ถูกต้องแก่ไดโอด แรงดันไฟฟ้าที่ให้กับไดโอดเรียกว่า แรงดันไบอัส (Bias Voltage) แรงดันไบอัสทำหน้าที่ควบคุมความกว้างของส่วนที่เป็น Depletion Region ซึ่งเป็นความต้านทานที่เกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อ ดังนั้นจึงเสมือนเป็นการควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านไดโอดนั่นเอง

2.1.3 การไบอัสตรงแก่ไดโอด (Forward Biasing a Diode)

การจัดไบอัสตรงให้กับไดโอด จากที่ทราบมาแล้วว่าการทำงานของไดโอดถูกกำหนดโดยชนิดของขั้วไฟฟ้า จากรูปจะเห็นว่าขั้วลบของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่อเข้ากับ n-region และขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่อเข้ากับส่วนที่เป็น p-region ของไดโอด อิเล็กตรอนอิสระจะถูกผลักออกจากส่วน n-region เนื่องจากอิทธิพลของขั้วลบของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า และถูกดึงไปยังขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า การไหลของอิเล็กตรอนนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อขนาดของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ามากพอที่จะเอาชนะกำแพงแรงดันที่อยู่ที่บริเวณรอยต่อ ซึ่งสำหรับซิลิกอนไดโอดแรงดันของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.7 V หรือมากกว่า ในขณะที่เยอรมันเนียมไดโอดจะเท่ากับ 0.3 V หรือมากกว่า ไดโอดจะยังคงนำกระแสอยู่ตลอดเวลาถ้ายังได้รับการไบอัสที่ถูกต้องอยู่ ดังแสดงในรูป แสดงทิศทางการไหลของกระแสทางตรง (Forward Current, IF) หรือเป็นกระแสอิเล็กตรอน ซึ่งจะไหลจากขั้วลบของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยัง n-region และ p-region ตามลำดับ จากนั้นจึงไหลต่อไปยังขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า สำหรับการไหลของกระแสโฮลหรือที่เรียกว่า กระแสนิยม (Conventional Current) จะไหนในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการไหลของกระแสอิเล็กตรอน จึงสรุปได้ว่า การไหลของกระแสอิเล็กตรอนจะไหลจากขั้วลบไปยังขั้วบวก ในขณะที่กระแสโฮลหรือกระแสนิยมจะไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ การที่ทราบถึงแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมไดโอด (Si = 0.7 V, Ge = 0.3 V) ขนาดของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าและค่าความต้านทานของวงจรก็สามารถคำนวณหาปริมาณกระแสทางตรงได้

$$I_F = \frac{V_s - V_{diode}}{R} \tag{2.1}$$

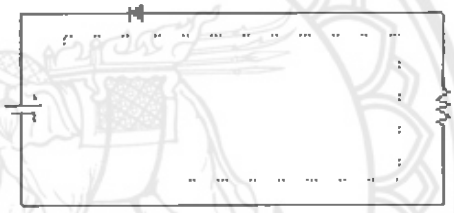
โดยที่ I_F = กระแสทางตรงของวงจร มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

V_S = แรงดันของแหล่งจ่ายไฟ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

V_{diode} = แรงดันตกคร่อมไดโอด มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

R = ค่าความต้านทานของวงจร มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

2.1.4 การให้ไบอัสกลับแก่ไดโอด (Reverse Biasing a Diode)



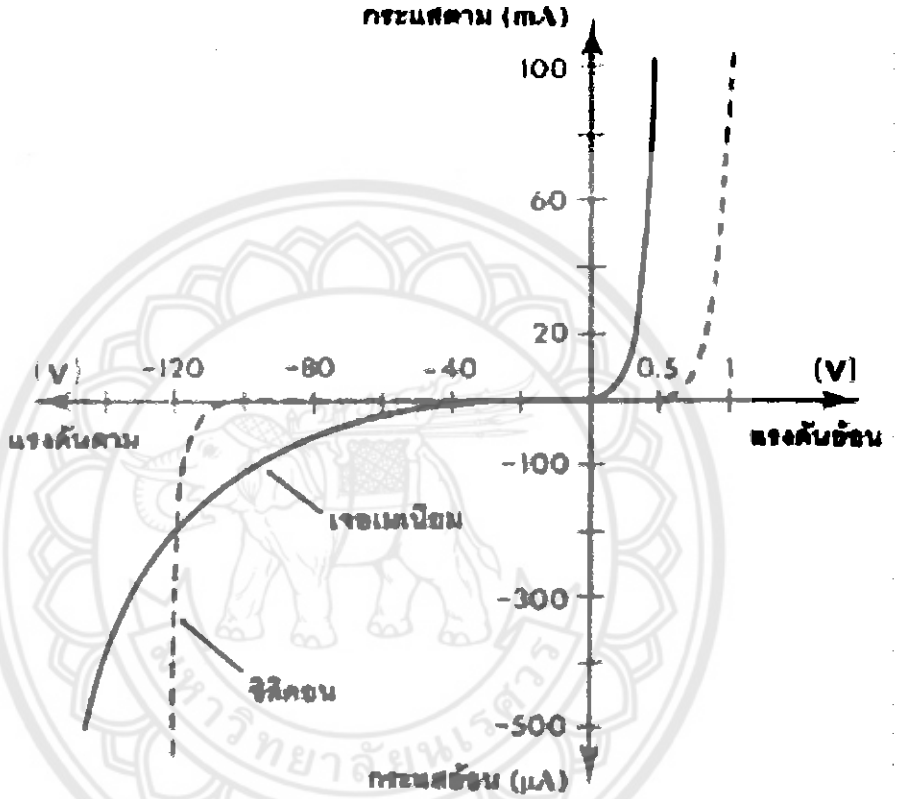
รูปที่2.2 การไบอัสกลับของไดโอด

จากรูป แสดงการต่อไดโอดแบบไบอัสกลับ โดยการต่อขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้ากับ n-region และขั้วลบเข้ากับ p-region ของไดโอด การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าในลักษณะนี้จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระใน n-region ถูกดึงให้เคลื่อนที่ไปยังขั้วบวก ในขณะเดียวกันโฮลก็จะถูกดึงจากขั้วลบเช่นกัน จากเหตุผลดังกล่าวจึงส่งผลให้บริเวณ Depletion Region ขยายกว้างมากขึ้น จนทำให้แรงดันไฟฟ้าภายในมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแต่มีขั้วตรงกันข้าม จึงส่งผลให้ไดโอดไม่นำกระแสไฟฟ้าในที่สุด

2.1.5 กราฟแสดงคุณลักษณะของไดโอด

จากกราฟ แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอดเมื่อให้ไบอัสตรง และไบอัสกลับ โดยจุดกึ่งกลางของกราฟเป็นจุดที่แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ สำหรับแกนนอนจะแทนด้วยแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับไดโอด ซึ่งถ้าให้ไบอัสตรง (VF) แรงดันไฟฟ้าจะมีความเป็นบวกมากขึ้นโดยเริ่มจากจุดกึ่งกลางไปทางขวา และถ้าให้ไบอัสกลับ (VR) แรงดันไฟฟ้าจะมีความเป็นลบมากขึ้นโดยเริ่มจากจุดกึ่งกลางไปทางซ้าย สำหรับแกนตั้งจะแทนด้วยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน

ไดโอด โดยกระแสทางตรง (IF) จะมีความเป็นบวกมากขึ้นโดยเริ่มจากจุดกึ่งกลางขึ้นไปด้านบนของกราฟ และถ้าเป็นกระแสย้อนกลับ (IR) จะมีความเป็นลบมากขึ้นโดยเริ่มจากจุดกึ่งกลางไปทางด้านล่างของกราฟ ซึ่งบริษัทผู้ผลิตจะทดสอบคุณลักษณะของไดโอดโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าค่าต่างๆ ทั้งแบบทางตรง และแบบย้อนกลับให้แก่ไดโอด และจะทำให้ได้เส้นกราฟที่มีความต่อเนื่องที่เรียกว่า เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน-กระแส หรือ "V-I Characteristic Curve"



รูปที่2.3 กราฟแสดงคุณลักษณะของไดโอด

2.1.6 คุณลักษณะของไดโอดเมื่อได้รับการไบอัสตรง (Forward Characteristics)

กราฟส่วนบนด้านขวาในรูป แสดงถึงกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอด เมื่อไดโอดได้รับการไบอัสตรง จากรูปจะเห็นว่าขั้วบวกของแหล่งจ่ายไปต่อเข้ากับขั้วอาโนด และขั้วลบของแหล่งจ่ายไปต่อเข้ากับขั้วคาโธดของไดโอด ซึ่งเมื่อแรงดันไบอัสตรงที่ให้กับไดโอดมีขนาดเกินกว่า กำแพงแรงดันไฟฟ้า (Barrier Voltage) ก็จะทำให้ความต้านทานภายในของไดโอดลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์ ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าทางตรงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จะเห็นว่าเส้นกราฟนั้นเริ่มจากจุดกึ่งกลาง และเคลื่อนไปยังด้านที่เป็นไบอัสทางตรงของกราฟ โดยกระแสทางตรงที่ไหลผ่านไดโอดจะมีปริมาณน้อยมาก จนกระทั่งแรงดันไบอัสตรงมีขนาดมากกว่ากำแพงแรงดันภายในของไดโอด ซึ่งถ้าเป็น

ของซิลิกอนไดโอดจะเท่ากับ 0.7 V และถ้าเป็นเยอรมันเนียมไดโอดจะเท่ากับ 0.3 V และเมื่อแรงดันไบอัสตรงนี้ยังมีขนาดเกินกว่ากำแพงแรงดันไฟฟ้าของไดโอดต่อไปอีก กระแสไฟฟ้าทางตรงที่ไหลผ่านไดโอดก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จุดของแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เส้นกราฟชันขึ้นอย่างรวดเร็วนี้มีชื่อเรียกว่า แรงดัน Knee Voltage ซึ่งแรงดันไฟฟ้านี้จะใช้เป็นชื่อเรียกของกำแพงแรงดันไฟฟ้าภายในไดโอดได้อีกชื่อหนึ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.7 V สำหรับซิลิกอนไดโอด จากกราฟในรูป จะเห็นว่าถึงแม้กระแสไฟฟ้าทางตรงจะเปลี่ยนแปลงไปมากก็ตาม แต่แรงดันทางตรงที่ตกคร่อมไดโอดก็ยังอยู่ในระดับที่เกือบจะคงที่ นั่นคือ ระหว่าง 0.7 V ถึง 0.75 V

2.1.7 คุณลักษณะของไดโอดเมื่อได้รับการไบอัสกลับ (Reverse Characteristics)

ส่วนของกราฟส่วนล่างด้านซ้ายในรูป แสดงถึงกระแสไฟฟ้าย้อนกลับที่ไหลผ่านไดโอดเมื่อให้แรงดันไบอัสกลับ จากภาพจะเห็นว่าขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟต่อเข้ากับขั้วอาโนด และขั้วบวกต่อเข้ากับขั้วคาโธด ดังนั้น เมื่อป้อนแรงดันไบอัสกลับให้แก่ไดโอดก็จะทำให้กำแพงแรงดันของไดโอดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีขนาดเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟภายนอก ซึ่งในกรณีนี้กระแสไฟฟ้าที่จะไหลผ่านไดโอดจึงมีค่าน้อยหรือเกือบเป็นศูนย์ ดังนั้น ไดโอดจึงอยู่ในสภาวะปิด (OFF) หรือเท่ากับไดโอดเปิดสวิตช์นั่นเองจากรูป เส้นกราฟจะเริ่มจากจุดกึ่งกลางไปตามเส้นโค้งทางลบของคอร์ดแรนท์ จะเห็นได้ว่า กระแสไฟฟ้าย้อนกลับที่ไหลผ่านไดโอดเพิ่มขึ้นน้อยมาก (ประมาณ 100 mA) ซึ่งเส้นกราฟในช่วงนี้แสดงถึงสภาพต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าของไดโอด และเนื่องจากกระแสไฟฟ้ารั่วไหล (Leakage Current) ที่เกิดขึ้นนี้มีค่าน้อยจึงไม่นำมาพิจารณา แต่ถ้าแรงดันย้อนกลับ (VR) ยังคงเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดพัง (Break Down) ของไดโอด ก็จะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใด ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าอย่างทันทีทันใดนี้เรียกว่า แรงดันพัง (Breakdown Voltage) ซึ่งจากเส้นกราฟในรูป จะเห็นว่าแรงดันพังของซิลิกอนไดโอดจะมีค่าสูงถึง 50 V

2.2 ตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่รู้จักทั่วไปว่าสามารถเก็บประจุได้ บางทีเรียกว่า คาปาซิสเตอร์ ใช้สัญลักษณ์ย่อว่า C มีหน่วยเป็น ฟารัด (F)

2.2.1 ชนิดของตัวเก็บประจุ

2.2.1.1 ตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่ จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าการเก็บประจุได้แบ่งได้ดังนี้

1.1 ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้กระดาษชุบไข หรือน้ำมัน (Oil) เป็นฉนวนไดอิเล็กตริก โครงสร้างของตัวเก็บประจุชนิดนี้จะประกอบด้วยแผ่นเพลต 2 แผ่น ที่เป็นแผ่นดีบุกรีดจนบางคั่นกลางด้วยกระดาษชุบไขแล้วนำมาม้วนเข้าเป็นท่อนกลม จากแผ่นเพลตทั้งสองแต่ละข้างจะถูกต่อขาที่เป็นลวดตัวนำออกมาใช้งานตัวเก็บประจุจะถูกหุ้มห่อด้วยฉนวนไฟฟ้าชนิดต่างๆ แล้วแต่บริษัทผู้ผลิต อย่างเช่น ปลอกกระดาษแข็ง กระเบื้องเคลือบ กระดาษอาบน้ำผึ้ง เป็นต้น เพื่อป้องกันความชื้นและฝุ่นละออง

ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษจะมีค่าความจะไม่สูงมากนัก ซึ่งจะเขียนบอกไว้ที่ข้างๆ ตัวเก็บประจุ คืออยู่ในพิสัยจาก 10 pF ถึง 10mF อัตราทนไฟสูงประมาณ 150 โวลต์ จนถึงหลายพันโวลต์ โดยมากนิยมใช้ในวงจรจ่ายกำลังไฟสูง

1.2 ตัวเก็บประจุชนิดไมก้าเป็นตัวเก็บประจุที่ใช้แผ่นไมก้าเป็นฉนวนไดอิเล็กตริก ส่วนมากตัวเก็บประจุชนิดนี้จะถูกทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมเพราะแผ่นไมก้าจะมีคุณสมบัติที่แข็งกรอบ โครงสร้างของมันจะประกอบด้วยแผ่นเพลตโลหะบางๆ อาจใช้หลายๆ แผ่นวางสลับซ้อนกัน แต่จะต้องคั่นด้วยฉนวนไมก้า ดังแสดงในรูป ซึ่งตัวเก็บประจุจะถูกหุ้มห่อด้วยฉนวนจำนวนเมกาไลท์ เพื่อป้องกันการชำรุดสึกหรอ

ตัวเก็บประจุชนิดไมก้าจะมีค่าความจุอยู่ในพิสัยจาก 1.5 pF ถึง 0.1 mF มีอัตราทนแรงไฟได้สูงมากประมาณ 350 โวลต์ จนถึงหลายพันโวลต์ โดยบริษัทผู้ผลิตจะพิมพ์บอกค่าความจุอัตราทนแรงไฟและค่าความคลาดเคลื่อนไว้บนตัวของมัน หรือบางทีก็ใช้สีแต้มบอกเป็นโค้ดที่ตัวเก็บประจุนี้ ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป ส่วนการใช้งานของตัวเก็บประจุชนิดไมก้า นิยมใช้งานในวงจรความถี่วิทยุ (RF) และวงจรที่มีแรงดันไฟสูงมากๆ

1.3 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิค เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้ไดอิเล็กตริกที่ทำมาจากฉนวนจำพวกกระเบื้อง หรือที่เรียกว่า "เซรามิค"

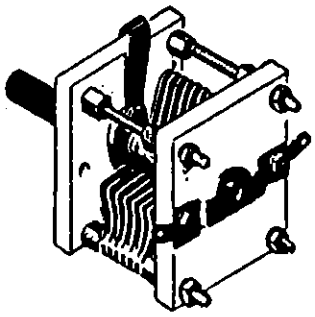
ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิคจะมีรูปร่างแบบแผ่นกลม (Disc) และแบบรูปทรงกระบอก (Tubular) ซึ่งจะมีค่าความจุอยู่ในพิสัยจาก 1.5 pF ถึง 0.1 mF อัตราทนแรงไฟประมาณ 500 โวลต์ ตัวเก็บประจุชนิดพลาสติกแต่จะใช้ไดอิเล็กตริกที่เป็นแผ่นฟิล์มที่ทำมาจากโพลีเอสเตอร (Polyester)

ไมลาร์ (Mylar) โพลีสไตรีน (Polystyrene) และอื่นๆ โดยนำมาคั่นระหว่างแผ่นเพลตทั้งสองแผ่น แล้วม้วนพับให้มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก

1.4 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติก เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้น้ำยาอิเล็กโทรไลท์เป็นแผ่นข้างหนึ่งแทนโลหะ และอีกแผ่นหนึ่งเป็นแผ่นโลหะมีเยื่อบางๆ ที่เรียกว่า "ฟิล์ม" (Film) หุ้มอยู่ เยื่อบางๆ นี้คือ ไดอิเล็กตริก หรือแผ่นกั้น จะแสดงลักษณะรูปร่างของตัวเก็บประจุชนิดเล็กโทรลิติกซึ่งส่วนมากจะบรรจุในกระป๋องอะลูมิเนียมทรงกลมยาว และจะมีขั้วบอกไว้อย่างชัดเจน ว่าขั้วใดเป็นขั้วบวกและขั้วลบ สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติก การต่อขั้วของตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกในการใช้งานเราจะต้องมีความระมัดระวังให้มากที่สุดถ้าหากว่าเราต่อขั้วผิดจะมีผลทำให้กระแสไฟเข้าไปทำลายเยื่อที่เป็นไดอิเล็กตริกชำรุดเสียหายได้ ตัวเก็บประจุชนิดเล็กโทรลิติกจะสามารถทำให้มีค่าความจุได้สูงนับเป็นร้อยๆ ไมโครฟารัด โดยที่ตัวเก็บประจุจะมีขนาดเล็ก ค่าความจุที่ใช้งานจะอยู่ในพิสัยสองสามไมโครฟารัดจนถึงมากกว่า 100 mF และอัตราทนกำลังไฟตั้งแต่ 5 โวลต์จนถึง 700 โวลต์ซึ่งนิยมนำไปใช้ในวงจรดี.ซี.ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกจะมีข้อเสียอันเนื่องมาจากค่าสูญเสียจากสารไดอิเล็กตริกที่มีค่ามากแต่จะมีตัวเก็บประจุอีกชนิดหนึ่งที่ใช้หลักการเดียวกับตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรลิติกคือตัวเก็บประจุแบบแทนทาลัม (Tantalum Electrolytic Capacitor)

1.5 ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่ม จะให้ค่าความจุสูงในขณะที่ตัวถังที่บรรจุมีขนาดเล็ก และมีอายุในการเก็บไว้เฉยๆ ดีมาก ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่มนี้มีหลายชนิดให้เลือกใช้ เช่น ชนิด โซลิต (solid type) ชนิด ซินเทอร์สลัก (sintered slug) ชนิดฟอลย์ธรรมดา (plain foil) ชนิดเอ็ชฟอยล์ (etched foil) ชนิดเว็ทสลัก (wet slug) และ ชนิดชิ้นสี่เหลี่ยม (chip) การนำไปใช้งานต่างๆ ประกอบด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำ วงจรส่งผ่านสัญญาณ ชนิดโซลิตนั้นไม่ไวต่ออุณหภูมิ และ มีค่าคุณ สมบัติระหว่างค่าความจุอุณหภูมิต่ำกว่า ตัวเก็บประจุ แบบอิเล็กทรอไลติกชนิดใด ๆสำหรับงานที่ตัวเก็บประจุแบบแทนทาลั่ม ไม่เหมาะ ได้แก่ วงจรตั้งเวลาที่ใช้ RC ระบบกระตุ้น (triggering system) หรือ วงจรเลื่อนเฟส (phase - shift net work) เนื่องจากตัวเก็บประจุแบบนี้ มีค่าคุณสมบัติของการดูดกลืนของไดอิเล็กตริก สูง ซึ่งหมายถึงเมื่อตัวเก็บประจุถูกคายประจุ สารไดอิเล็กตริกยังคงมีประจุหลงเหลืออยู่. ดังนั้นแม้ว่าตัวเก็บประจุที่มีคุณสมบัติของ การดูดกลืนของสารไดอิเล็กตริกสูงจะถูกคายประจุประจุจนเป็นศูนย์แล้วก็ตาม จะยังคงมีประจุเหลืออยู่เป็นจำนวนมากพอ ที่จะทำ ให้เกิดปัญหาในวงจรตั้งเวลา และ วงจรอื่นที่คล้ายกัน

2.2.1.2 ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable capacitor) เป็นตัวเก็บประจุ ชนิดที่มีค่าคงที่ซึ่งจะมีการนำวัสดุต่างๆ มาสร้างขึ้นเป็นตัวเก็บประจุ โดยทั่วไปจะมีค่าความจุไม่มากนัก โดยประมาณไม่เกิน 1 ไมโครฟารัด(uF)



รูปที่2.4 แสดงตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

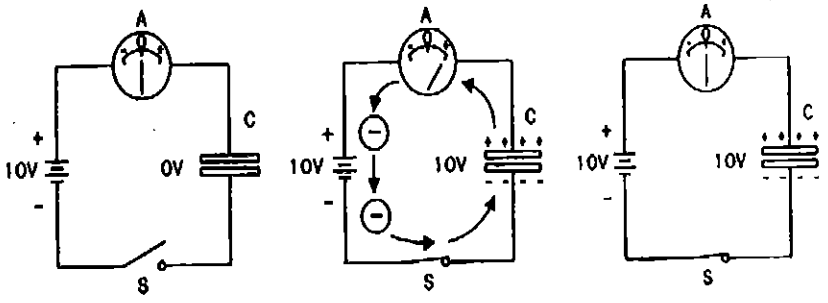
รูปที่2.5 แสดงสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้

เป็นตัวเก็บประจุซึ่งการเก็บประจุจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแกนหมุน ตัวเก็บประจุชนิดนี้ปกติแล้วจะประกอบด้วยอุปกรณ์ภายใน 2 ส่วน ได้แก่ แผ่นเพลตที่เคลื่อนที่ได้และแผ่นเพลตที่ติดตั้งอยู่กับที่โดยแผ่นเพลตทั้งสองจะเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้ากับวงจรภายนอก การแบ่งประเภทของตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้นี้ จะแบ่งตามไดอิเล็กตริกที่ใช้ โดยแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ อากาศ ไมก้า เซรามิค และพลาสติก

2.2.2 การทำงานของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุมีสภาวะการทำงานอยู่ 2 สภาวะ คือ ประจุ(Charge)และคายประจุ(Discharge)

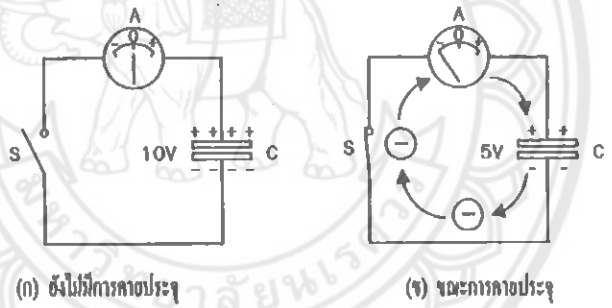
2.2.2.1 การประจุ การเก็บประจุก็คือ การเก็บอิเล็กตรอนไว้ที่แผ่นเพลตของตัวเก็บประจุนั่นเอง ซึ่งอธิบายโดยละเอียดดังในรูป ก. เมื่อนำแบตเตอรี่อื่นๆ ต่อกับตัวเก็บประจุ อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่ จะเข้าไปออกันที่แผ่นเพลต ทำให้เกิดประจุลบขึ้นและยังส่งสนามไฟฟ้าไปผลักอิเล็กตรอนของแผ่นเพลตตรงข้าม (เหมือนกับนำแผ่นแม่เหล็กที่มีขั้ว เหมือนกันมาใกล้กันมันก็จะผลักกัน) ซึ่งโดยปกติในแผ่นเพลตจะมี ประจุเป็น + และ - ปะปนกันอยู่ เมื่ออิเล็กตรอนจากแผ่นเพลตนี้ถูก ผลักให้หลุดออกไปแล้วจึงเหลือประจุบวกมากกว่าประจุลบ ยิ่งอิเล็กตรอนถูกผลักออกไปมากเท่าไร แผ่นเพลตนั้นก็จะเป็นบวกมากขึ้นเท่านั้น (เมื่อเทียบกับอีกด้าน)



(ก) ยังไม่จ่ายแรงดัน (ข) ตัว C กำลังประจุ (ค) ตัว C ประจุเต็ม

รูปที่2.6 แสดงขั้นตอนการประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

2.2.2.2 การคายประจุ ตัวเก็บประจุที่ถูกประจุแล้ว ถ้าเรายังไม่นำขั้วตัวเก็บประจุมาต่อกัน (ดังในรูป ก) อิเล็กตรอนก็ยังคงอยู่ที่แผ่นเพลต แต่ถ้ามีการครบวงจร ระหว่างแผ่นเพลตทั้งสอง เมื่อไรอิเล็กตรอนก็จะวิ่งจากแผ่นเพลตทางด้านลบ ไปครบวงจรที่แผ่นเพลตบวกทันที เราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า "การคายประจุ"



(ก) ยังไม่มีการคายประจุ (ข) ขณะการคายประจุ

รูปที่2.7 แสดงขั้นตอนการคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

2.2.3 หน่วยของการเก็บประจุ

ค่าการเก็บประจุ แสดงถึงความสามารถในการเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ โดยมีหน่วยเป็น ฟารัด (Farad, F) ตัวเก็บประจุที่มีค่าการเก็บประจุ 1 ฟารัด (F) หมายถึง ความสามารถที่จะเก็บประจุไฟฟ้าจำนวน 1 คูลอมป์ (6.24 คูณ 1018 อิเล็กตรอน) โดยให้แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ ระหว่างแผ่นเพลตทั้งสอง

ค่าการเก็บประจุ 1 ฟารัด (F) เป็นค่าที่มีปริมาณมาก และไม่ค่อยพบในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป แต่ที่ใช้กันมากจะมีค่าระหว่าง

$$(\mu F = \frac{1}{1{,}000{,}000} = \frac{1}{10^{6}}) \qquad (pF = \frac{1}{10^{12}})$$

ไมโครฟารัด และพิโกฟารัด จากความสัมพันธ์ของค่าการเก็บประจุ ประจุไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า จึงเขียนเป็นสูตรความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{ค่าการเก็บประจุ} \qquad (C) = \frac{Q}{V} \tag{2.2}$$

โดยที่ C = ค่าการเก็บประจุ มีหน่วยเป็น ฟารัด (F)

Q = ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็น คูลอมป์ (C)

V = แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าของตัวเก็บประจุ

ค่าการเก็บประจุจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ ดังนี้

1. พื้นที่ของแผ่นเพลต
2. ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลต
3. ชนิดของไดอิเล็กตริก

ตารางที่2.1 ไดอิเล็กตริกของวัสดุต่างๆ

วัสดุ	ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (K)
สูญญากาศ	1.0
อากาศ	1.0006
เทฟลอน	2.0
ขี้ผึ้ง	2.25
กระดาษ	2.5
อำพัน	2.65
ยาง	3.0
น้ำมัน	4.0
ไมก้า	5.0
เซรามิก	6.0
แบคคาไลต์	7.0
แก้ว	7.5
น้ำ	78.0

2.2.5 สูตรการคำนวณหาค่าการเก็บประจุ

ด้วยปัจจัยที่กำหนดค่าการเก็บประจุ ได้แก่ พื้นที่ของแผ่นเพลต ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลต และชนิดของไดอิเล็กตริก ดังนั้นสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

$$C = \frac{(8.854 \times 10^{-12}) \times K \times A}{d} \tag{2.3}$$

โดยที่

C = ค่าการเก็บประจุ มีหน่วยเป็น ฟารัด (F)

8.85×10^{-12} = ค่าความเพอร์มิตติวิตี (Permittivity) มีหน่วยเป็น ฟารัด/เมตร (F/m)

K = ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

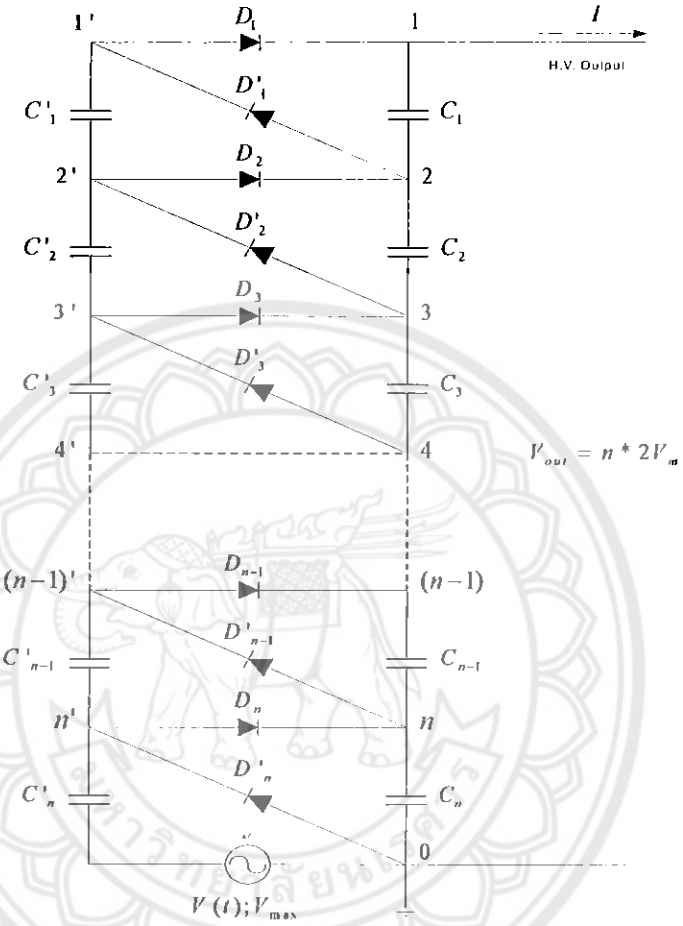
A = พื้นที่ของแผ่นเพลต มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

d = ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลต มีหน่วยเป็น เมตร (m)

จากสมการจะเห็นว่า ค่าการเก็บประจุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (K) และพื้นที่ของแผ่นเพลต (A) และเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะห่างระหว่างแผ่นเพลต (d)

2.3 วงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton

ใช้หลักการของ n – Stage single phase cascade



รูปที่2.8 รูปการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton

2.3.1 การทำงาน ของ Cockcroft Walton สภาวะไม่มีโหลด

จะใช้วงจรเรียงกระแส แบบแรงดัน 2 เท่ามาต่ออนุกรมกัน n^{th} ชั้น โดยแต่ละชั้นประกอบด้วยไดโอด 2 ตัว ตัวเก็บประจุ 2 ตัว ตัวแรกเป็นตัวเก็บพักประจุ ตัวที่ 2 ทำหน้าที่เป็นตัวกรองกระแส ส่วน ตัวเก็บประจุ ที่ทำหน้าที่พักประจุได้แก่ C_1', C_2', C_3', C_4'และ ตัวเก็บประจุ C_1, C_2, C_3, C_4 ทำหน้าที่กรองกระแส ในส่วน ของไดโอด D_1', D_2', D_3', D_4' จะนำกระแสในช่วงคลื่นบวกไดโอด D_1, D_2, D_3, D_4 จะนำกระแสในช่วงคลื่นลบวงจรสร้างแรงดันแต่ละครั้งจะสร้างแรงดันเป็น 2 เท่าของค่าแรงดันสูงสุด คือ $2V_m$

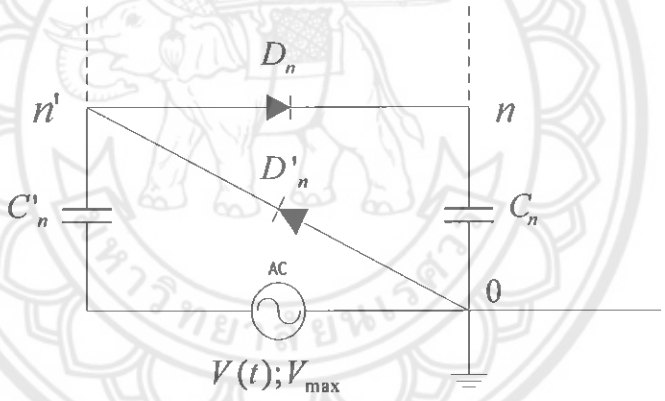
ข้อสังเกต

ตัวเก็บประจุ และ ไดโอด แต่ละตัวจะต้องทนแรงดันได้ 2 เท่าของค่าสูงสุด ยกเว้น ตัวเก็บประจุตัวแรก เท่านั้นที่ทนแรงดันสูงสุดได้เพียง $1V_m$ เมื่อต้องการแรงดันสูงๆ จะต้องนำมาต่อเป็นขั้นบันไดหลายๆชั้น ซึ่งจะมีค่า = $2.n.V_{max}$ เมื่อ n = จำนวนชั้น

2.3.2 แรงดันที่จุดต่างๆ ของ Cockcroft Walton สภาวะมีโหลด

การทำงานของวงจร Cockcroft Walton เมื่อต่อโหลด ในสภาวะไม่มีโหลดวงจรขั้นบันไดของ Cockcroft Walton จะมีแรงดันเอาท์พุท เป็น 2 เท่าของค่าแรงดันสูงสุดที่ใส่เข้ามา คูณด้วยจำนวนชั้น แต่เมื่อมีโหลด จะมีแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ และ ไดโอด ทำให้แรงดันเอาท์พุท มีค่าน้อยกว่าตอนไม่ต่อโหลด

การคำนวณแรงดันตก ΔU



รูปที่2.9 วงจรทวีแรงดัน n เท่า

พิจารณาที่จำนวนขั้นเท่ากับ n ; ตัวเก็บประจุ C'_n จะถูกชาร์จ จนกระทั่งแรงดันมีค่าเท่ากับ V_{max} ถ้าไม่มีการสูญหายของประจุ C_n จะมีค่าแรงดันที่

$$(V_{cn})_{\max} = 2V_{\max} - \frac{nq}{C'_n} \qquad (2.4)$$

$$= 2V_{\max} - \Delta V_n$$

ถ้า คาปาซิสเตอร์ทุกตัวในชุดของวงจร มีค่า

$$C_1 = C_1' = C_2 = C_2' = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots C_n = C_n' = C \tag{2.5}$$

ดังนั้นแรงดันตก (Voltage Drop) ในแต่ละขั้น คือ

$$\Delta V_n = (\frac{q}{C})n \tag{2.6}$$

$$\Delta V_{n-1} = (\frac{q}{C})\left[2n + (n+1)\right] \tag{2.7}$$

$$\Delta V_1 = \left[\frac{q}{C}\right]\left[2n + 2(n-1) + 2(n-2)\ldots\ldots + 2(n-(n-1))\right] \tag{2.8}$$

จาก

$$q = \frac{I}{f} \tag{2.9}$$

$$\Delta V_0 = \frac{I}{fC}\left[\frac{2n^3}{3} + \frac{n^2}{2} - \frac{n}{6}\right] \tag{2.10}$$

$$\Delta V_0 = \frac{I}{fC}\left[\frac{2n^3}{3} - \frac{n}{6}\right] \tag{2.11}$$

$$(V_0)_{\max} \; ; \; 2nV_{\max} - \frac{I}{fC}\left[\frac{2n^3}{3}\right] \tag{2.12}$$

2.3.3 การคำนวณหาแรงดันระลอก (Voltage Ripple)

แรงดันระลอกของวงจรขั้นบันไดก็อาจหาได้เช่นเดียวกับวงจรที่มีไดโอดและตัวเก็บประจุกรองกระแสอย่างละตัวซึ่งมีความสัมพันธ์คือ

$$Q = 2\delta VC = IT \tag{2.13}$$

$$\delta V = \frac{IT}{2C} = \frac{I}{2fC} \tag{2.14}$$

จะได้ $$\delta V = \frac{I_{dc}}{2fC} \quad (2.17)$$

เมื่อ I_{dc} คือ กระแสตรงที่จ่ายให้โหลด

f คือ ความถี่ของแรงดันกระแสสลับที่จะแปลงเป็นกระแสตรง

C คือ ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุกรองกระแส

แรงดันระลอกทั้งหมด $$\delta V = \frac{I_{dc}}{2f}\left[\frac{1}{C_1}+\frac{2}{C_2}+\frac{3}{C_3}+.....+\frac{n}{C_n}\right] \quad (2.15)$$

ถ้า $C_1 = C_2 = C_3 = C$ แล้ว $$\delta V = \frac{I_{dc}}{2fC}(1+2+3+.....n) \quad (2.16)$$

$$= \frac{I_{dc}}{2fC} n\left[\frac{n+1}{2}\right] \quad (2.17)$$

ถ้าวงจรมี n ชั้น จะได้ ผลรวมของแรงดันระลอก(Voltage Ripple)

$$\delta V = \frac{n(n+1)}{4}\left[\frac{I_{dc}}{fC}\right] \quad (2.18)$$

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 การทดลอง

โดยใช้ตัวเก็บประจุ ชนิดอิเล็กโทรไลท์ และไดโอด ชนิดซิลิกอน

การดำเนินงานการทดลองเป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุเท่ากับ 0.1uF ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะไม่มีโหลด แล้ววัดค่าแรงดันเอาท์พุท

2. จากนั้นเปลี่ยนขนาดความจุไฟฟ้า โดยเปลี่ยนเป็นชุด คือ จาก 0.1uF 4 ตัว เปลี่ยนเป็น 1uF 4 ตัว , 10 uF 4 ตัว และเปลี่ยนเป็น 10 uF 4 ตัว ตามลำดับ

3. ทำการทดลองจริง โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุเท่ากับ 0.1uF ให้กับวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะไม่มีโหลด แล้ววัดค่าแรงดันเอาท์พุท จากนั้นก็เปลี่ยนขนาดความจุไฟฟ้า ตามข้อ 2.

4. ทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุเท่ากับ 0.1uF ต่อวงจรทวีแรงดันแบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด โดยใช้โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม แล้ววัดค่าแรงดันเอาท์พุท จากนั้นก็เปลี่ยนขนาดความจุไฟฟ้า ตามข้อ 2.

5. ทำการทดลองจริง โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต, ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุเท่ากับ 0.1uF ให้กับวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด โดยใช้โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม แล้ววัดค่าแรงดันเอาท์พุท และวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านโหลด จากนั้นก็เปลี่ยนขนาดความจุไฟฟ้า ตามข้อ 2.

6. ทำการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุเท่ากับ 0.1uF ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด โดยใช้โหลดความต้านทาน 100k โอห์ม แล้ววัดค่าแรงดันเอาท์พุท จากนั้นก็เปลี่ยนขนาดความจุไฟฟ้า ตามข้อ 2.

7. ทำการทดลองจริง โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50เฮิร์ต , ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุเท่ากับ 0.1uF ให้กับวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะ มีโหลด แล้ววัดค่าแรงดันเอาท์พุท จากนั้นก็เปลี่ยนขนาดความจุไฟฟ้า ตามข้อ 2.

8. ทำตามขั้นตอนข้อที่ 6. แต่เปลี่ยนโหลดความต้านทานเป็น 1k โอห์ม

9. ทำตามขั้นตอนข้อที่ 7. แต่เปลี่ยนโหลดความต้านทานเป็น 1k โอห์ม

10. เปรียบเทียบแรงดันเอาท์พุทในสภาวะไม่มีโหลด

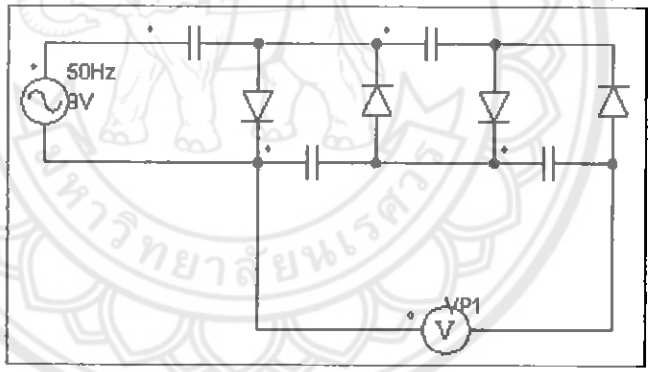
11. เปรียบเทียบว่าเมื่อเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุแล้วมีผลต่ออะไรบ้าง

12. คำนวณค่าแรงดันระลอก (Voltage Ripple) , แรงดันตก(Voltage Ripple)และ แรงดันเอาท์พุท

13. เปรียบเทียบว่าค่าที่คำนวณ คือ แรงดันระลอก(Voltage Ripple) ,แรงดันตก(Voltage Drop) และ แรงดันเอาท์พุท กับค่าจากการใช้โปรแกรม PSIM และจากการทดลองจริงสอดคล้องกันมากน้อยเพียงใด

3.1.1 การทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ในสภาวะ ไม่มีโหลด

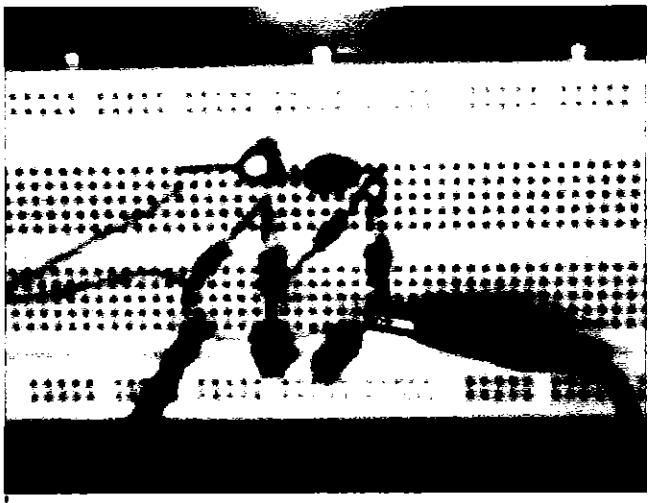
เป็นการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะไม่มีโหลด ดังรูปที่ 3.1 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF แล้วดูค่าแรงดันเอาท์พุท



รูปที่ 3.1 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า โดยใช้โปรแกรม PSIM สภาวะไม่มีโหลด

3.1.2 การทดลองจริง ในสภาวะไม่มีโหลด

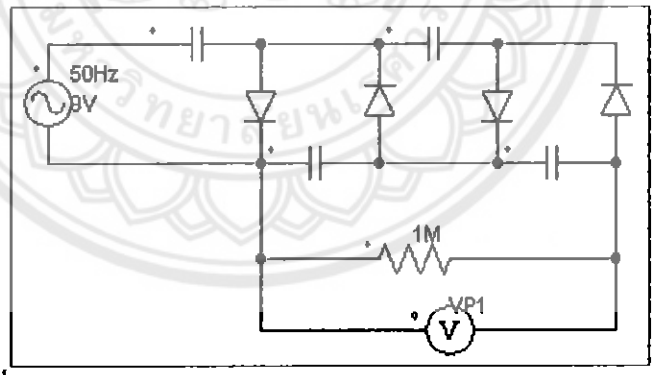
เป็นการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะไม่มีโหลด จริง ดังรูปที่ 3.2 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF จากนั้นวัดค่าโดยใช้ ออสซิลโลสโคป ดูค่าแรงดันเอาท์พุท



รูปที่ 3.2 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง สภาวะไม่มีโหลด

3.1.3 การทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม

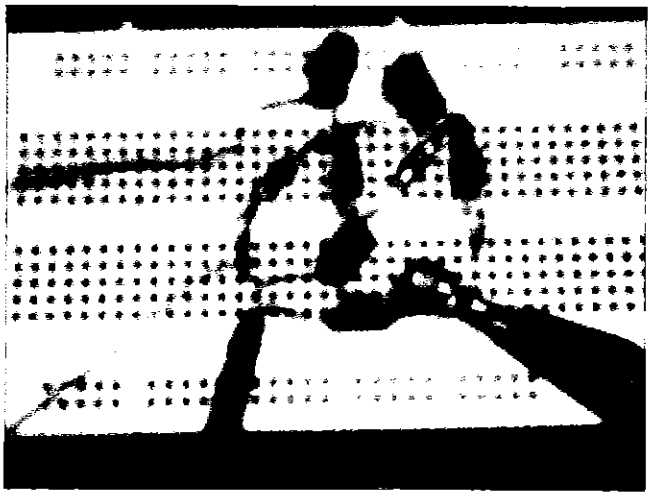
เป็นการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 3.3 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF แล้วดูค่าแรงดันเอาท์พุท



รูปที่ 3.3 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า โดยใช้โปรแกรม PSIM (ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม)

3.1.4 การทดลองจริง โดยใช้โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม

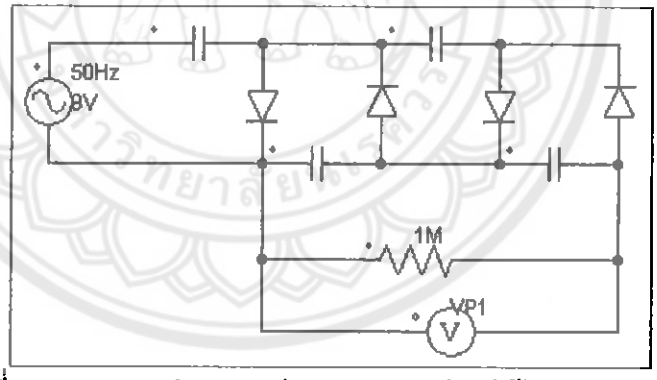
เป็นการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด จริง ดังรูปที่ 3.4 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF จากนั้นวัดค่าโดยใช้ออสซิลโลสโคป ดูค่าแรงดันเอาท์พุท



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง (ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม)

3.1.5 การทดลองจากโปรแกรม PSIM ดูค่าแรงดันระลอก

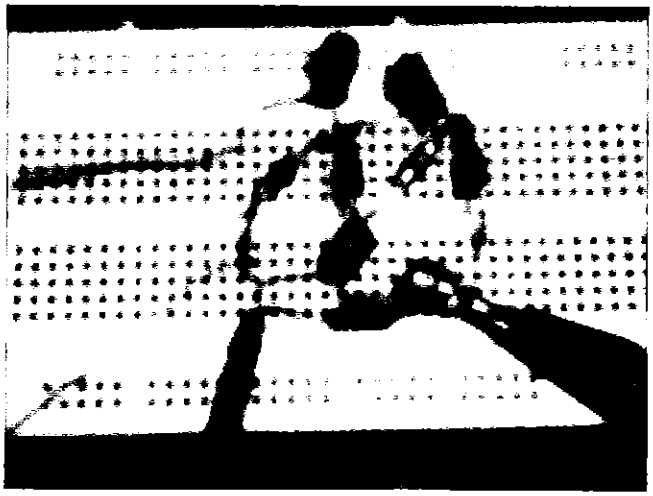
เป็นการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 3.5 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF แล้วดูค่าแรงดันระลอก



รูปที่ 3.5 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า โดยใช้โปรแกรม PSIM (ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม) วัดดูค่าแรงดันระลอก

3.1.6 การทดลองจริง ดูค่าแรงดันระลอก

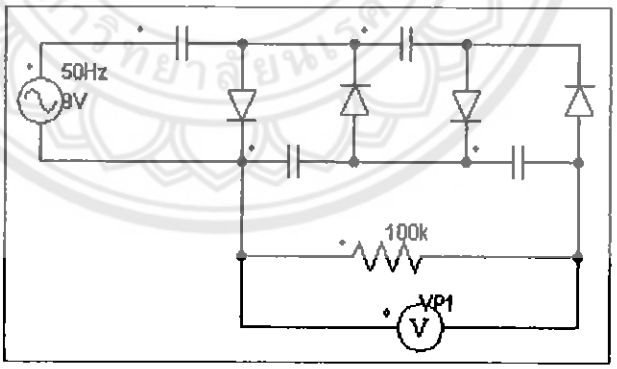
เป็นการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด จริง ดังรูปที่ 3.6 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF จากนั้นวัดค่าโดยใช้ออสซิลโลสโคป ดูค่าแรงดันระลอก ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 3.6 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง (ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม) วัดดูค่าแรงดันระลอก

3.1.7 การทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อโหลดความต้านทาน 100k โอห์ม

เป็นการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 3.7 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 100k โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF แล้วดูค่าแรงดันเอาท์พุท

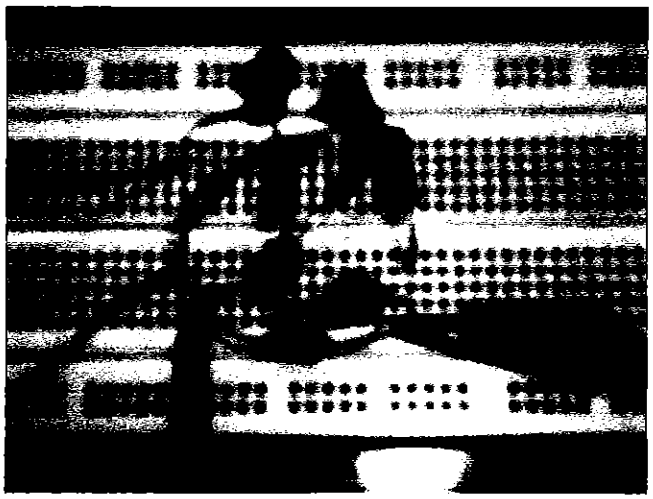


รูปที่ 3.7 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า โดยใช้โปรแกรม PSIM (ต่อโหลดความต้านทาน 100k โอห์ม)

3.1.8 การทดลองจริง ต่อโหลดความต้านทาน 100k โอห์ม

เป็นการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด จริง ดังรูปที่ 3.8 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 100k โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF จากนั้นวัดค่าโดยใช้ออสซิลโลสโคป ดูค่าแรงดันเอาท์พุท

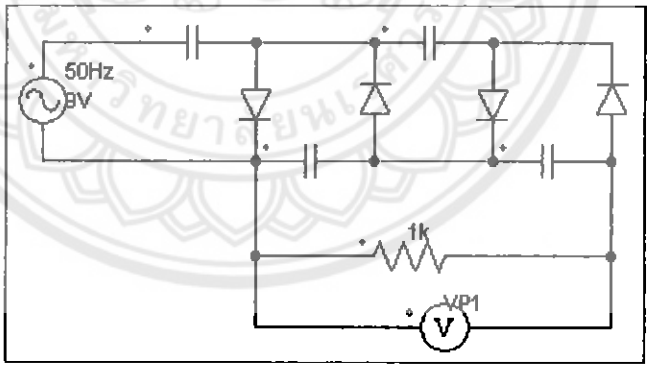
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 3.8 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง (ต่อโหลดความต้านทาน 100k โอห์ม)

3.1.9 การทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม

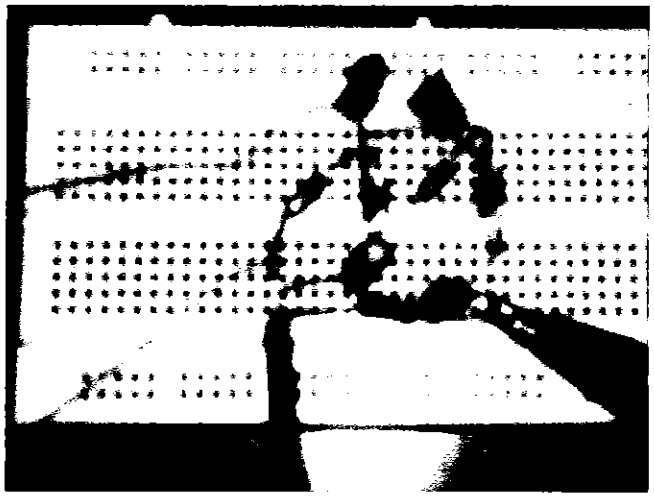
เป็นการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 3.9 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1k โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF แล้วดูค่าแรงดันเอาท์พุท



รูปที่ 3.9 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า โดยใช้โปรแกรม PSIM (ต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม)

3.1.10 การทดลองจริง ต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม

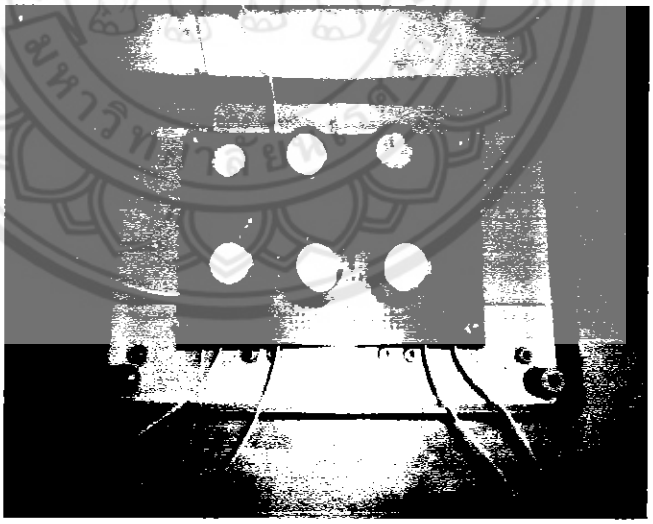
เป็นการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 3.10 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1k โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF จากนั้นวัดค่าโดยใช้ออสซิลโลสโคป ดูค่าแรงดันเอาท์พุท



รูปที่ 3.10 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง (ต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม)

3.2 การสร้างแบบจำลองแรงดันเอาท์พุท 1000 โวลต์

เป็นการเลือกขนาดความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุที่มีค่าแรงดันระลอก น้อยๆ จากขนาดความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุที่นำมาทดลอง จากนั้นต่อวงจรดังรูปที่ 3.11 แล้วทดสอบแรงดันเอาท์พุทในสภาวะไม่มีโหลด และมีโหลด รวมทั้งวัดค่ากระแสที่จ่ายให้โหลดความต้านทาน (1M โอห์ม)



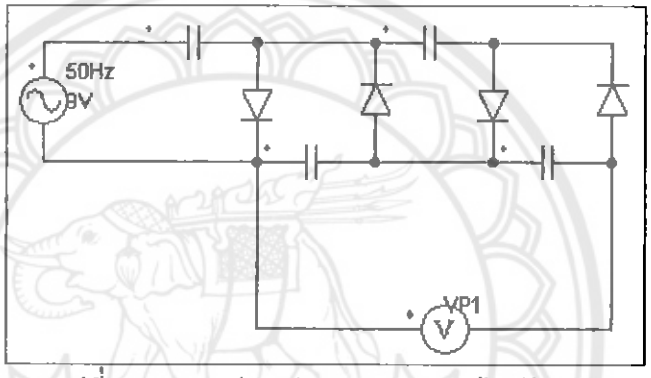
รูปที่ 3.11 แสดงการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton เอาท์พุท 1000 โวลต์

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

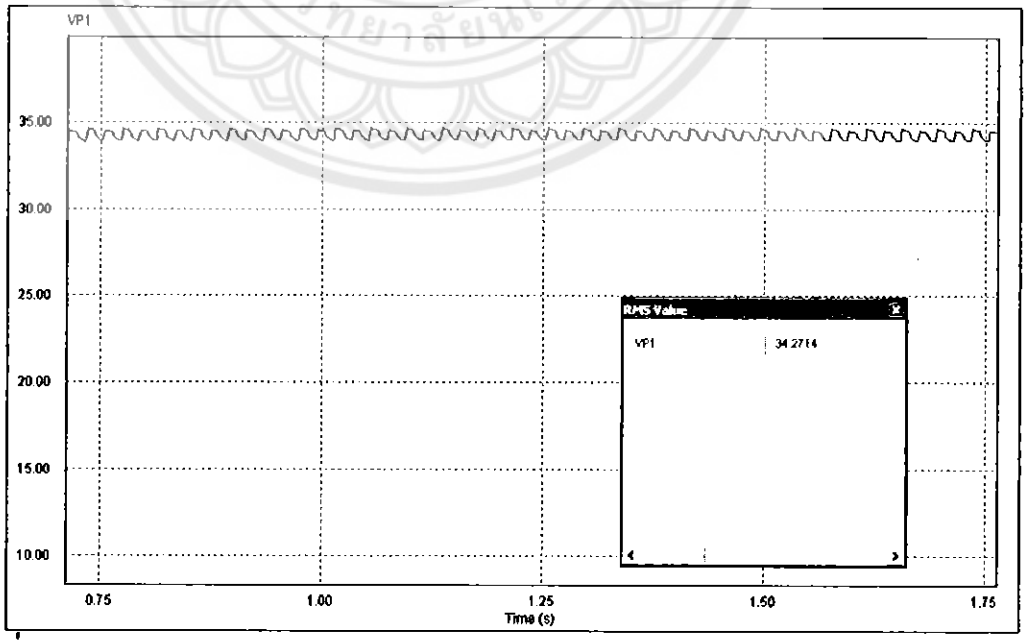
4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM

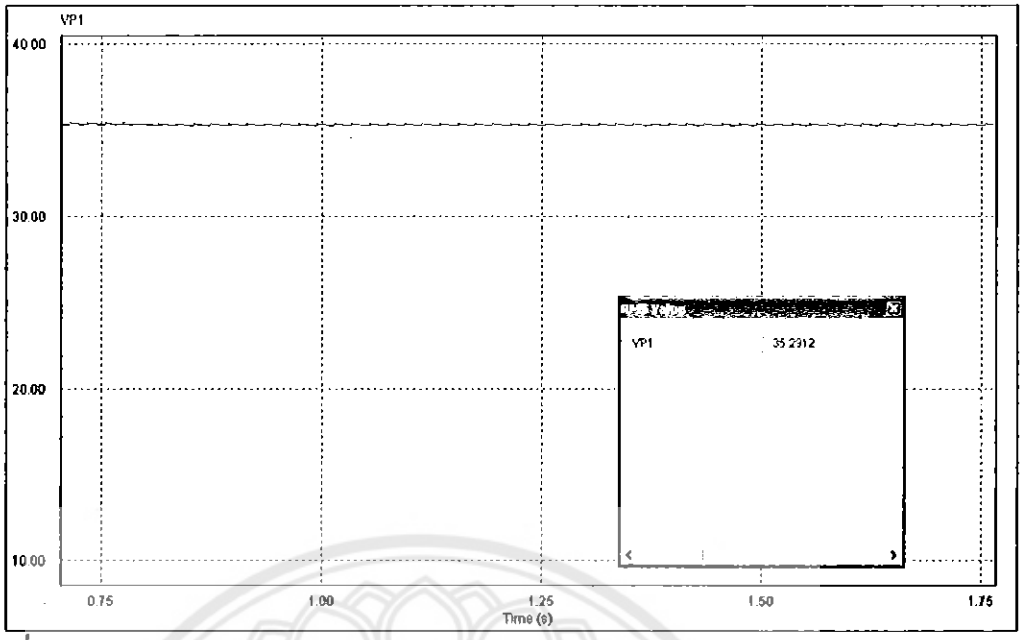
จากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะไม่มีโหลด ดังรูปที่ 4.1 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF



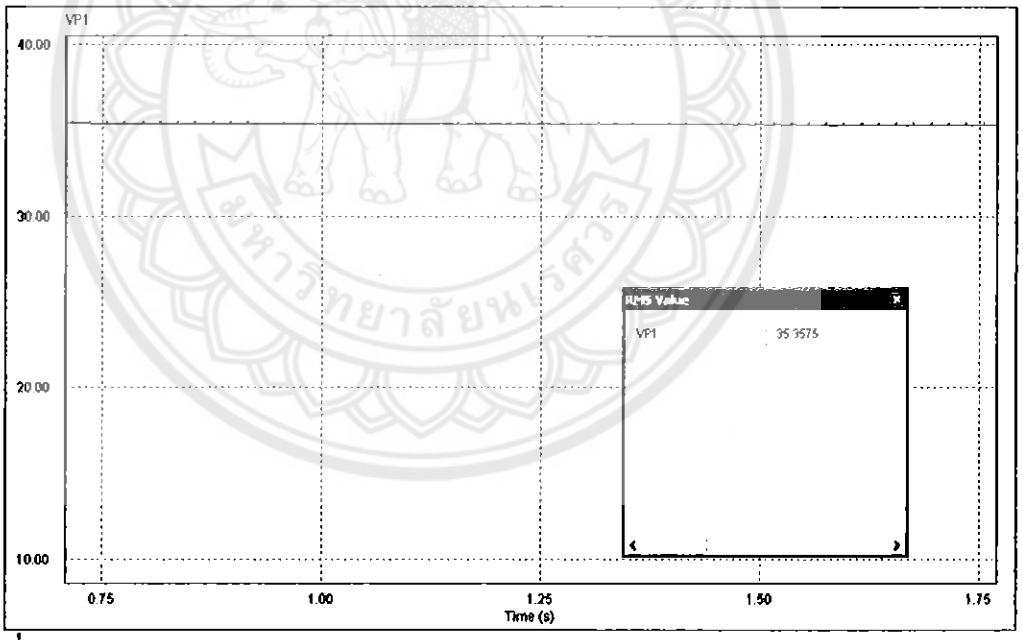
รูปที่ 4.1 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า สภาวะไม่มีโหลด



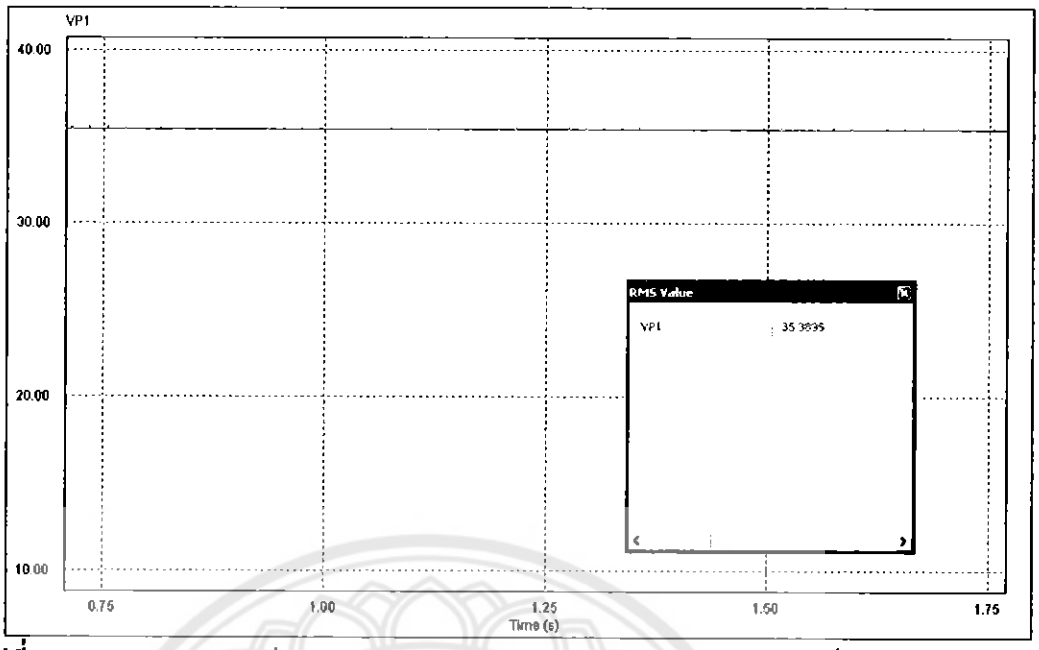
รูปที่ 4.2 แสดงแรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF



รูปที่ 4.3 แสดงแรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 1uF



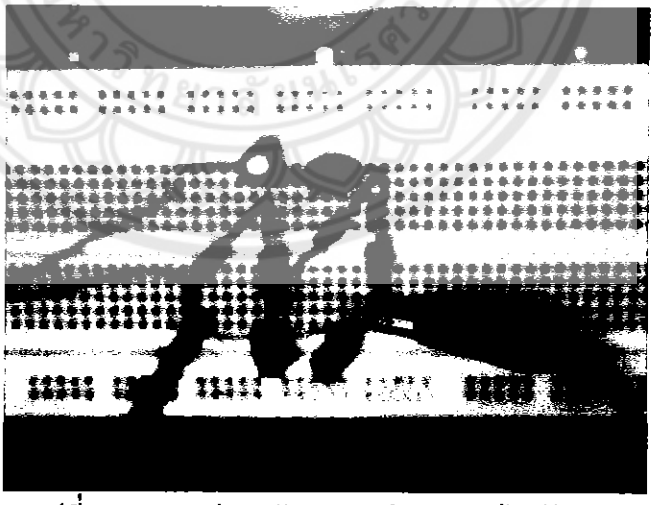
รูปที่ 4.4 แสดงแรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 10uF



รูปที่ 4.5 แสดงแรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด100uF

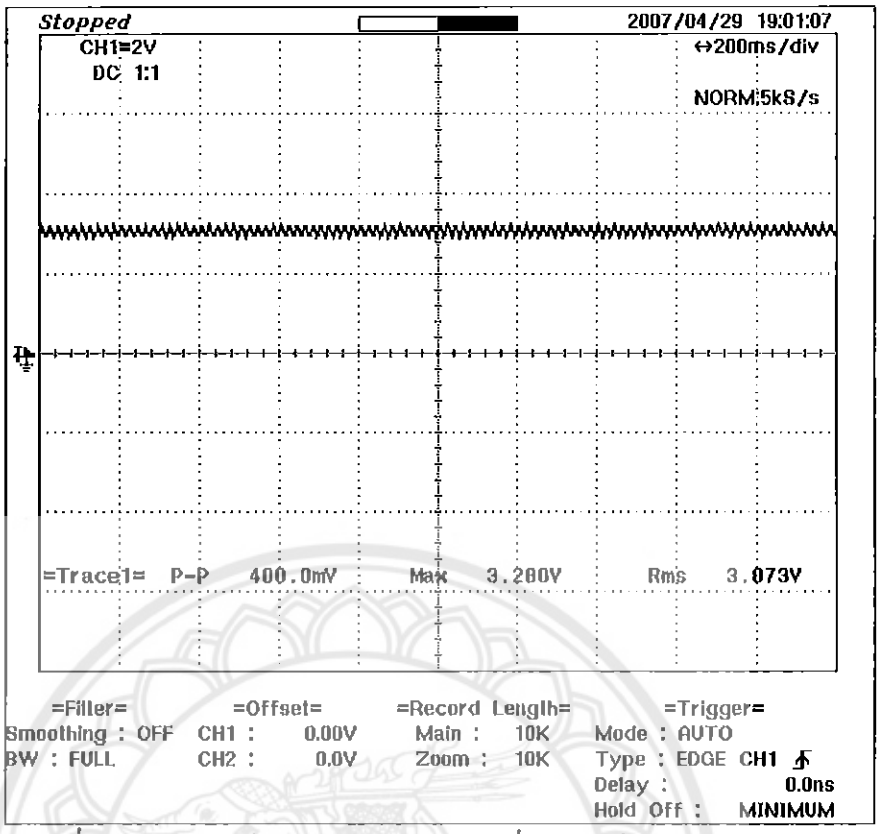
4.1.2 ผลการทดลองจริงในสภาวะไม่มีโหลด

จากการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะสภาวะไม่มีโหลด ดังรูปที่ 4.6 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF

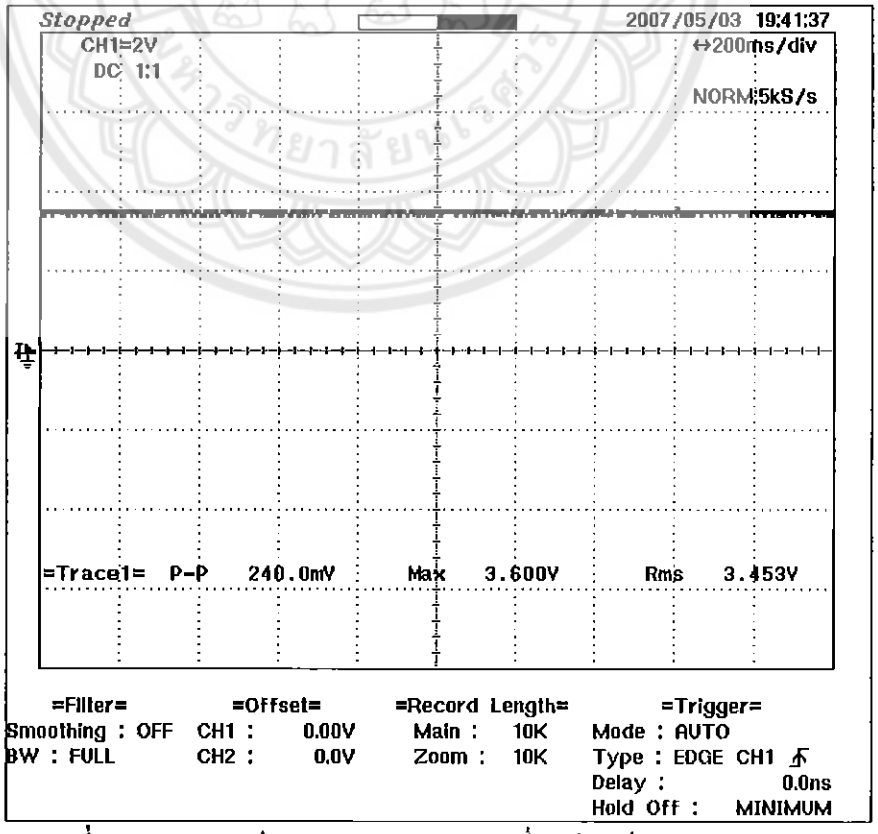


รูปที่ 4.6 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่าจริง สภาวะไม่มีโหลด

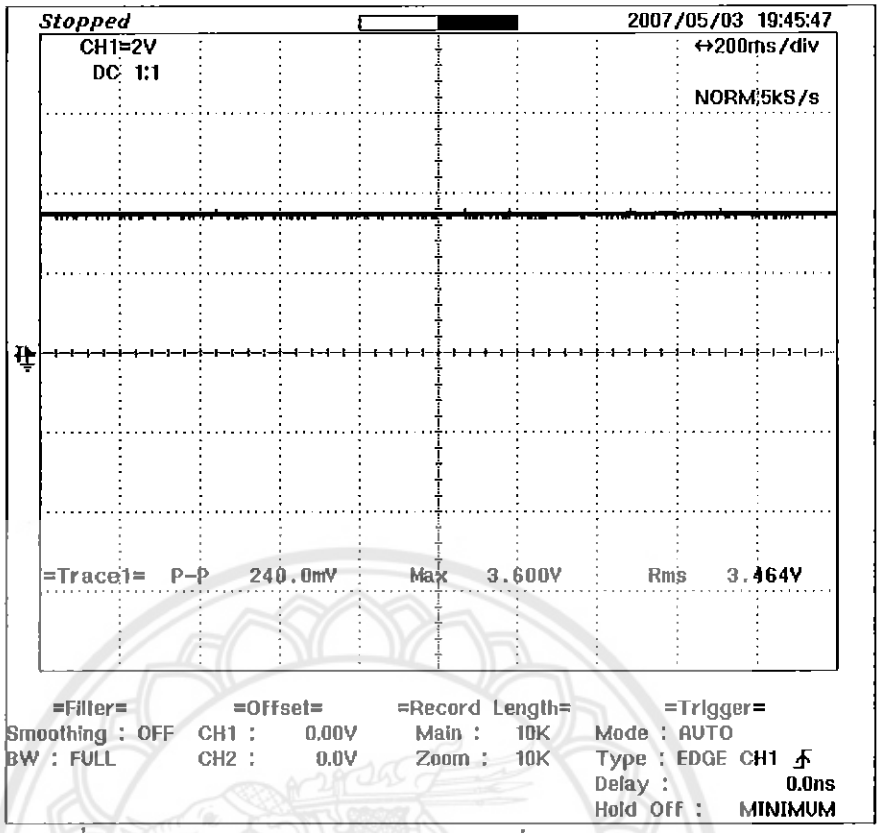
(หมายเหตุ : ในรูปที่ได้จากการใช้ ออสซิลโลสโคปวัดนั้น เนื่องจากในตอนวัดค่าแรงดันเอาท์พุทได้มีการปรับที่ probe วัด เป็น x10 ดังนั้นค่าที่แสดงในรูปต้องนำไปคูณ 10 ก่อน จริงจะได้ค่าจริงออกมา)



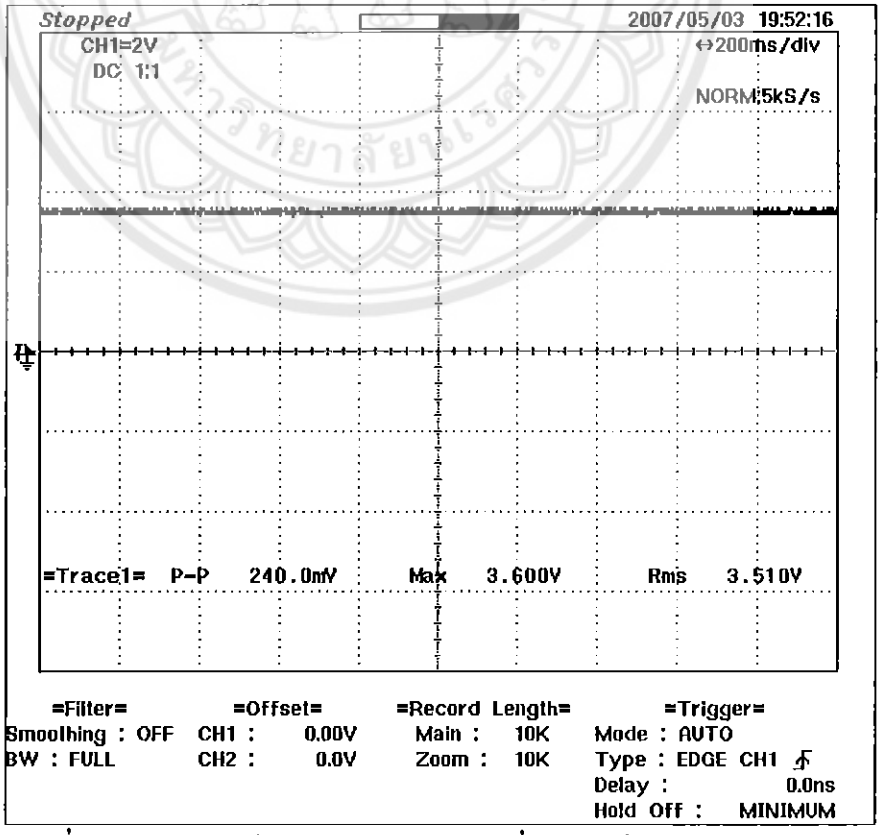
รูปที่ 4.7 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF



รูปที่ 4.8 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 1uF



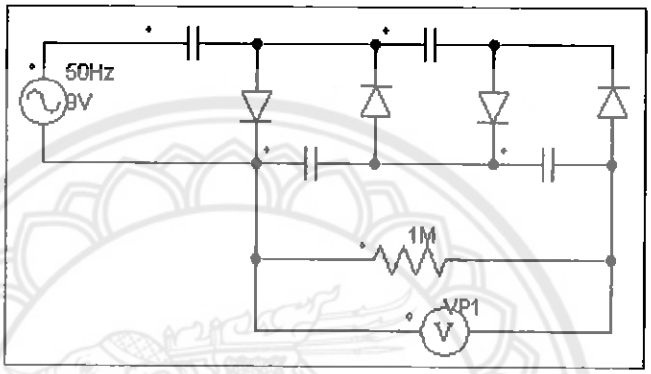
รูปที่ 4.9 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 10uF



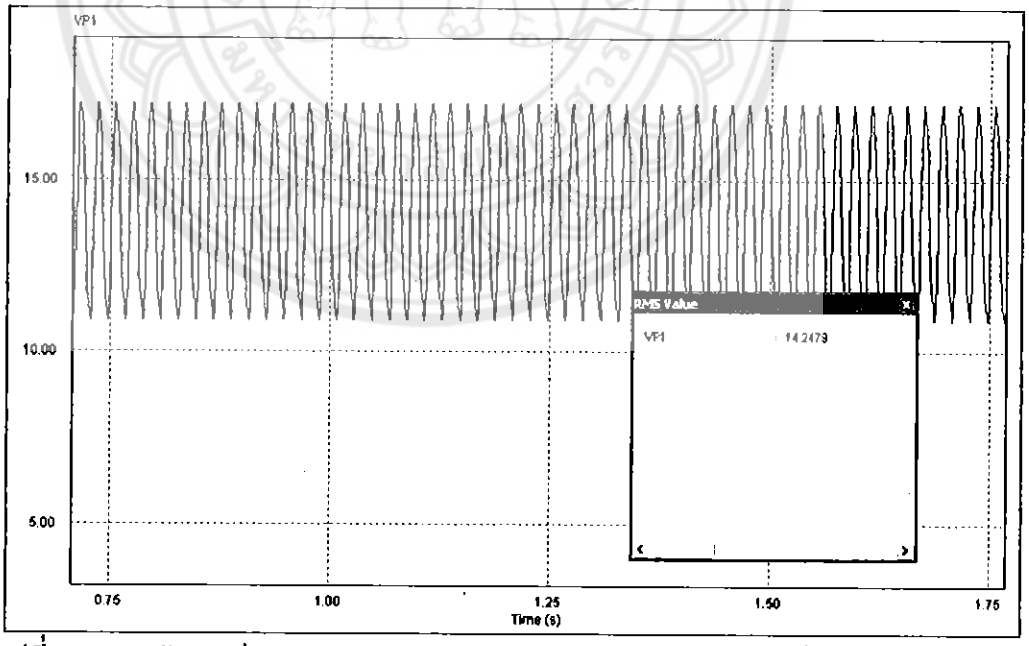
รูปที่ 4.10 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100uF

4.1.3 ผลการทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม

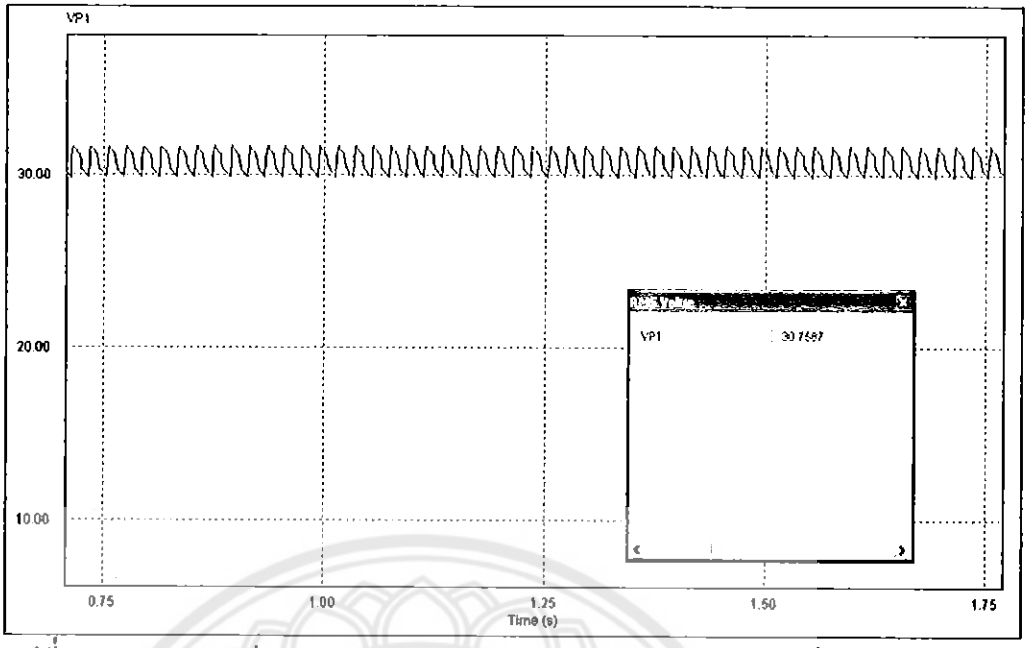
จากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 4.11 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF



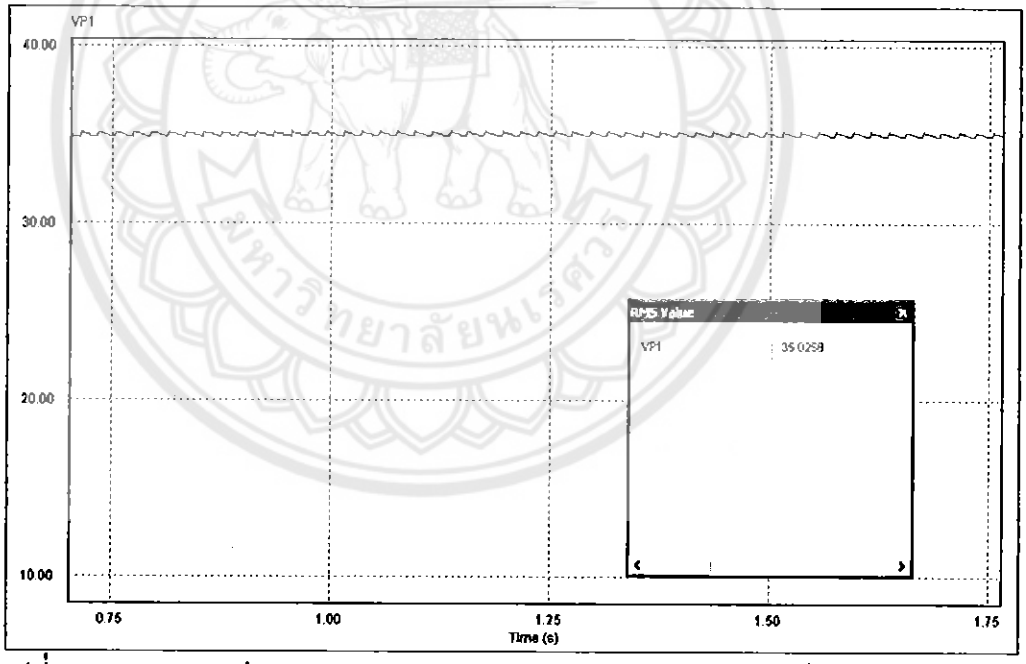
รูปที่ 4.11 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จากโปรแกรม PSIM สภาวะมีโหลด (1M โอห์ม)



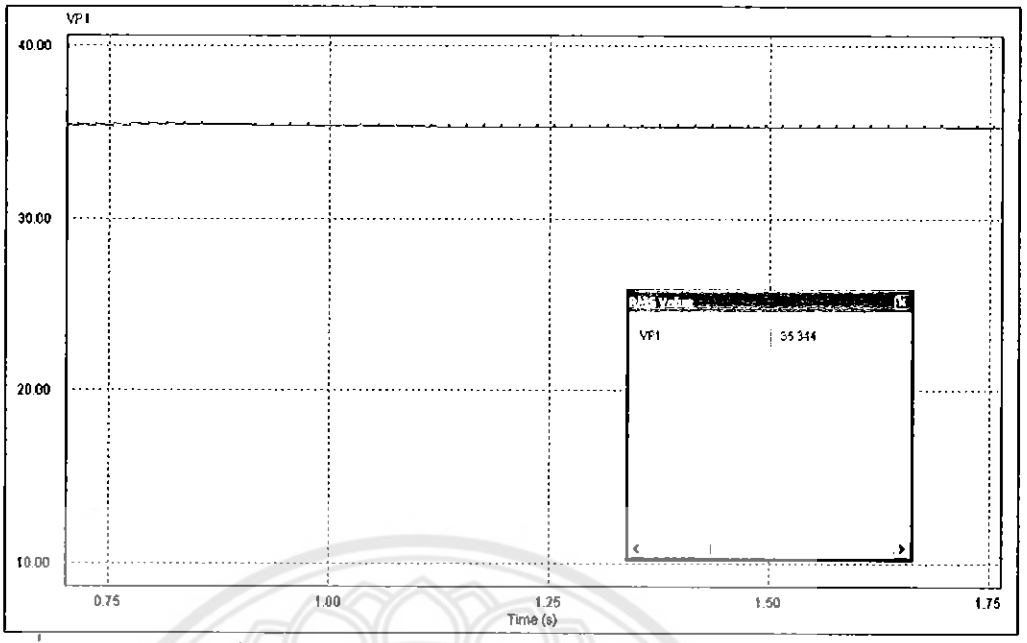
รูปที่ 4.12 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF



รูปที่ 4.13 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 1uF



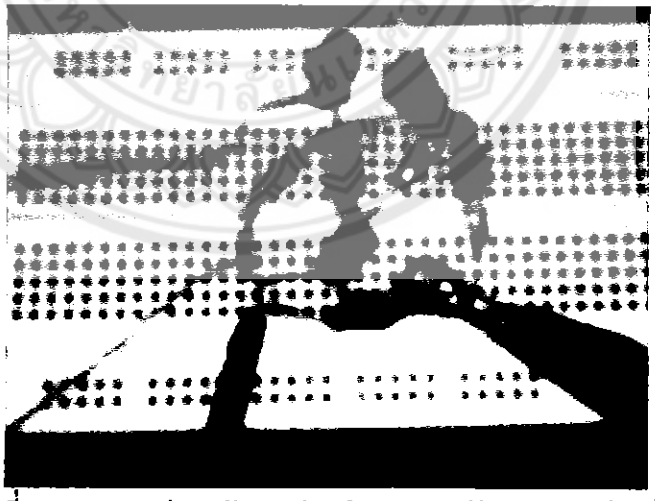
รูปที่ 4.14 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 10uF



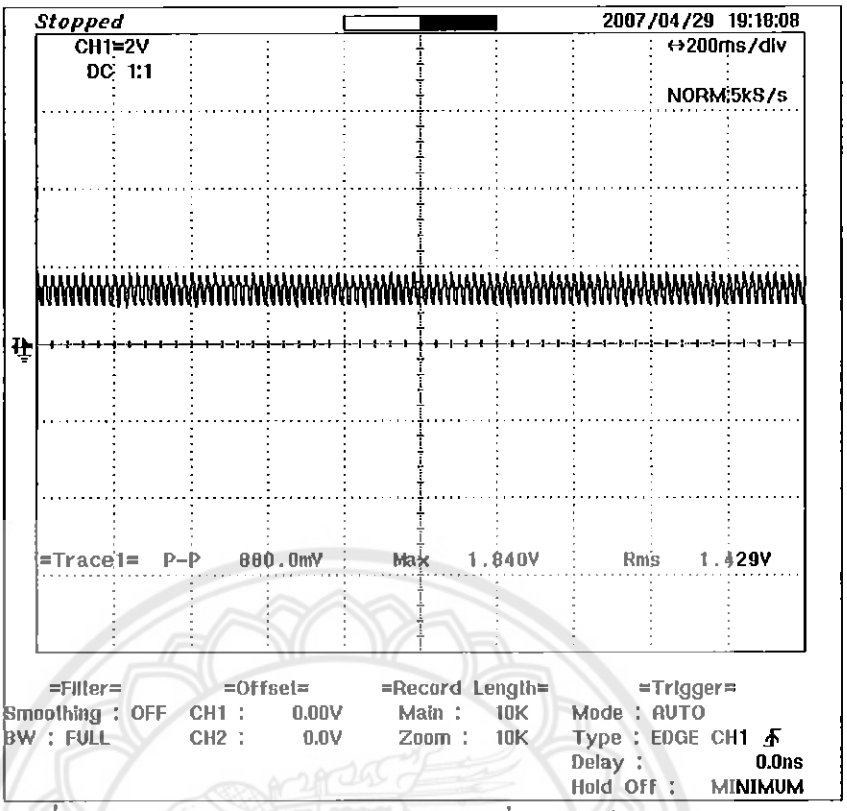
รูปที่ 4.15 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 100uF

4.1.4 ผลการทดลองจริง โดยใช้โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม

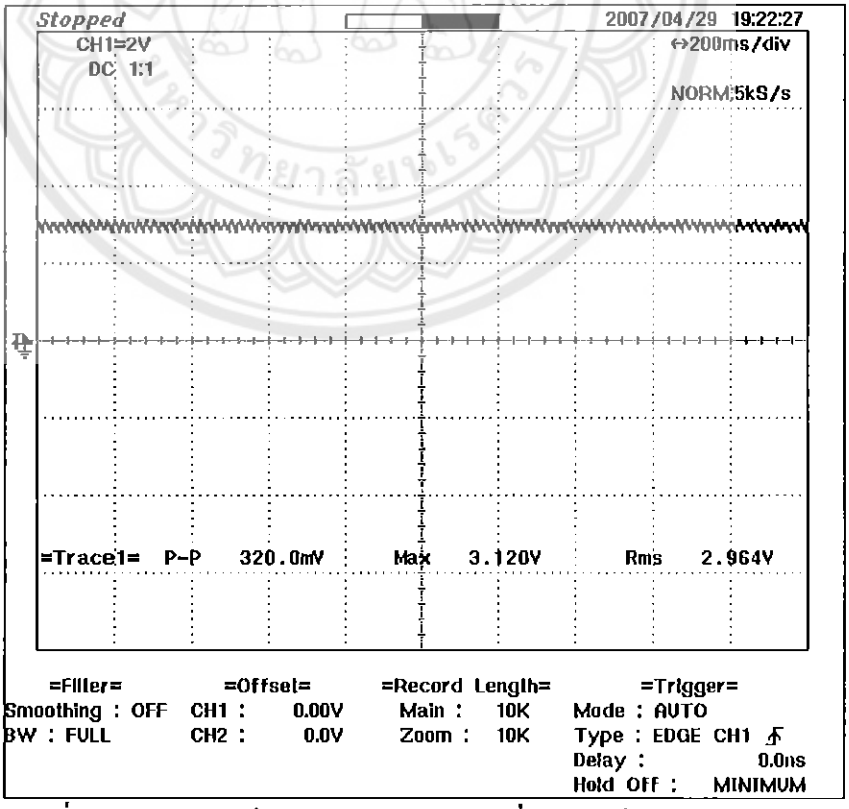
จากการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 4.16 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF



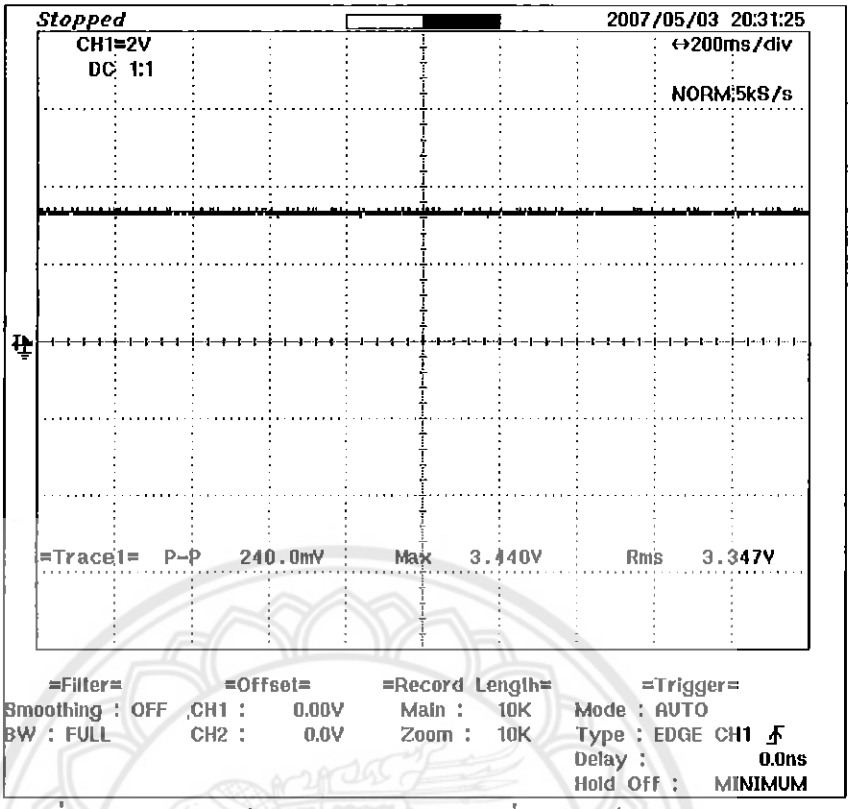
รูปที่ 4.16 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง สภาวะมีโหลด (1M โอห์ม)



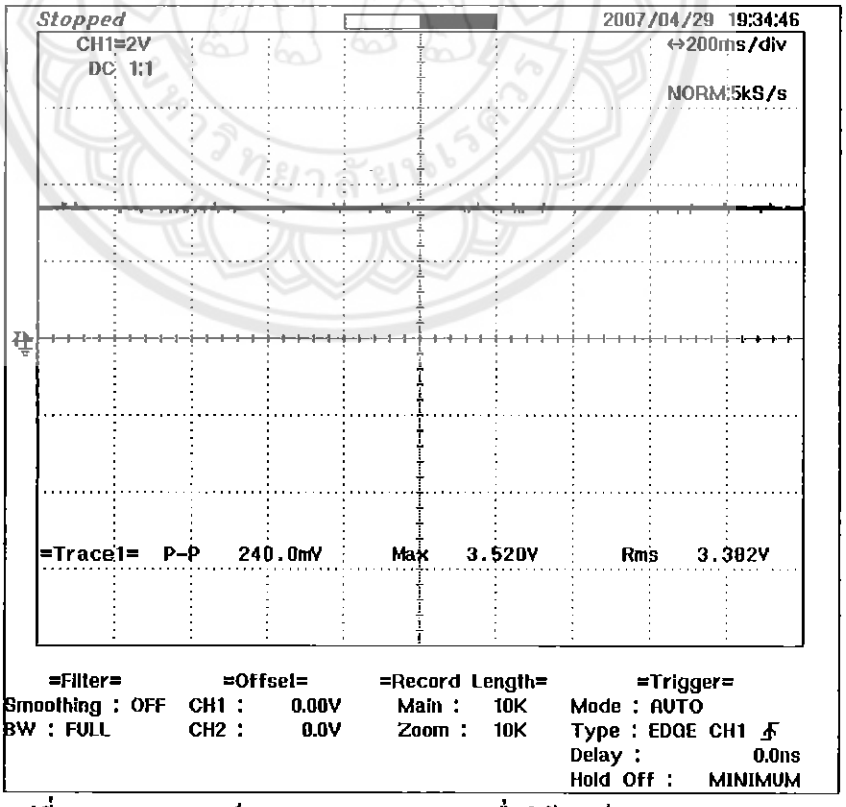
รูปที่ 4.17 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF



รูปที่ 4.18 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 1uF



รูปที่ 4.19 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 10uF



รูปที่ 4.20 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100uF

วัดค่ากระแสที่จ่ายให้โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม ได้ดังนี้

เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF วัดได้ $= 14.04\times10^{-6}A$

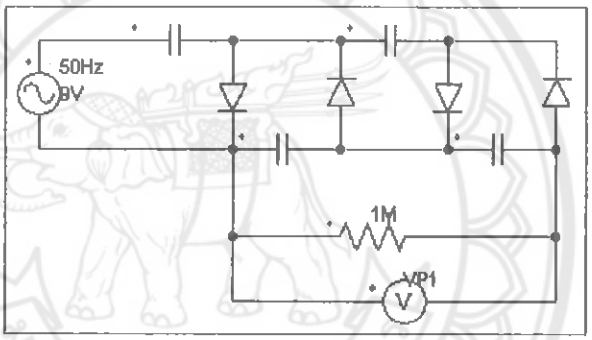
เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 1uF วัดได้ $= 29.54\times10^{-6}A$

เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 10uF วัดได้ $= 33.42\times10^{-6}A$

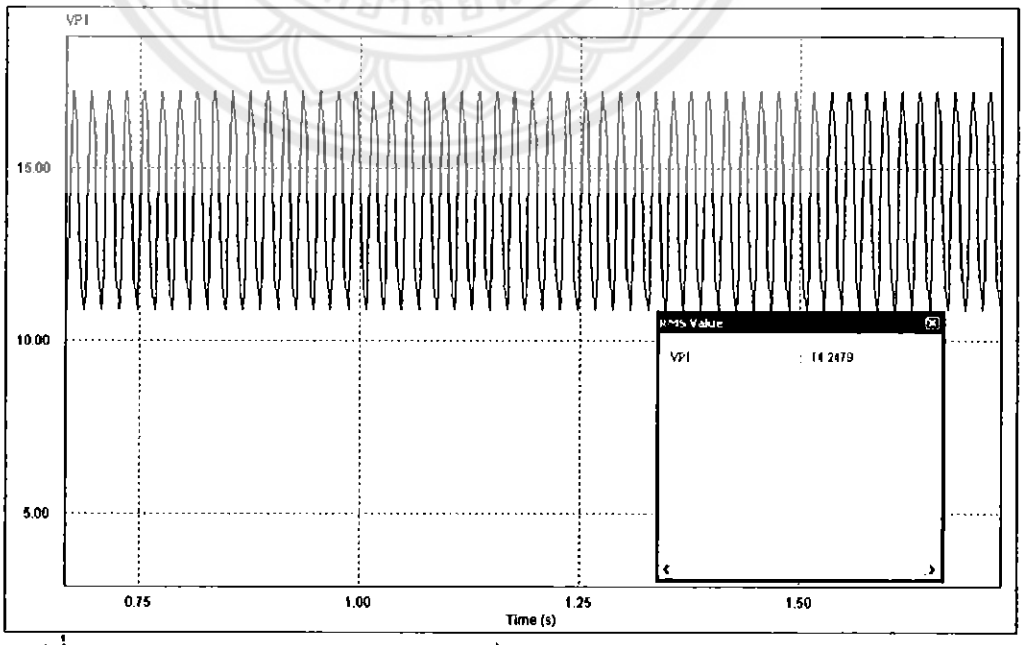
เมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100uF วัดได้ $= 33.76\times10^{-6}A$

4.1.5. ผลการทดลองจากโปรแกรม PSIM ดูรูปแรงดันระลอก

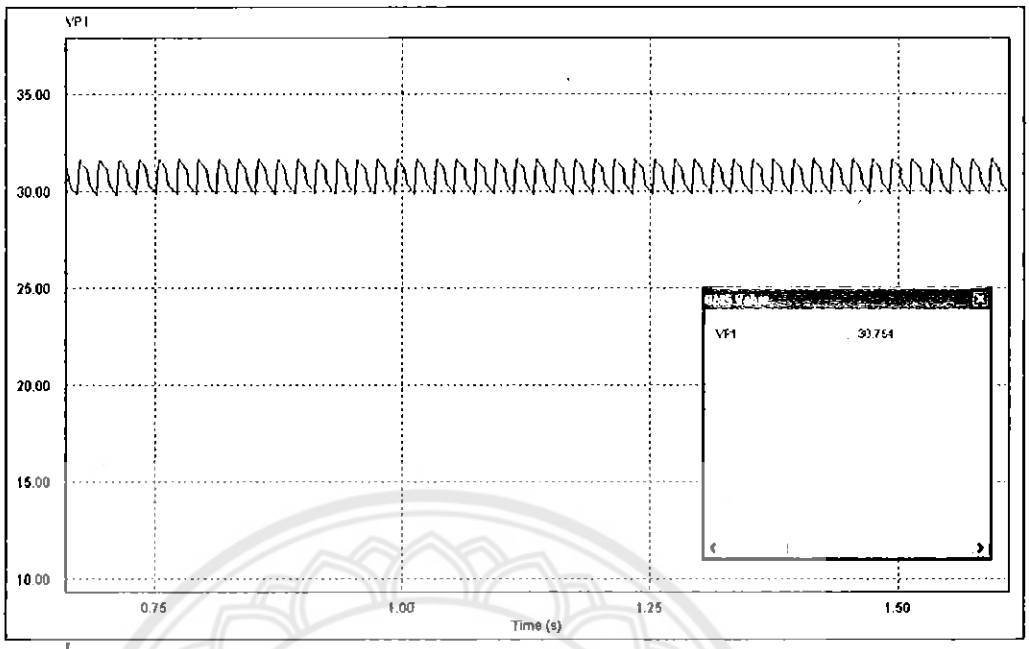
จากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 4.21 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม วัดดูค่าแรงดันระลอก จากการใช้ตัวเก็บประจุขนาดต่าง ๆ ดังนี้



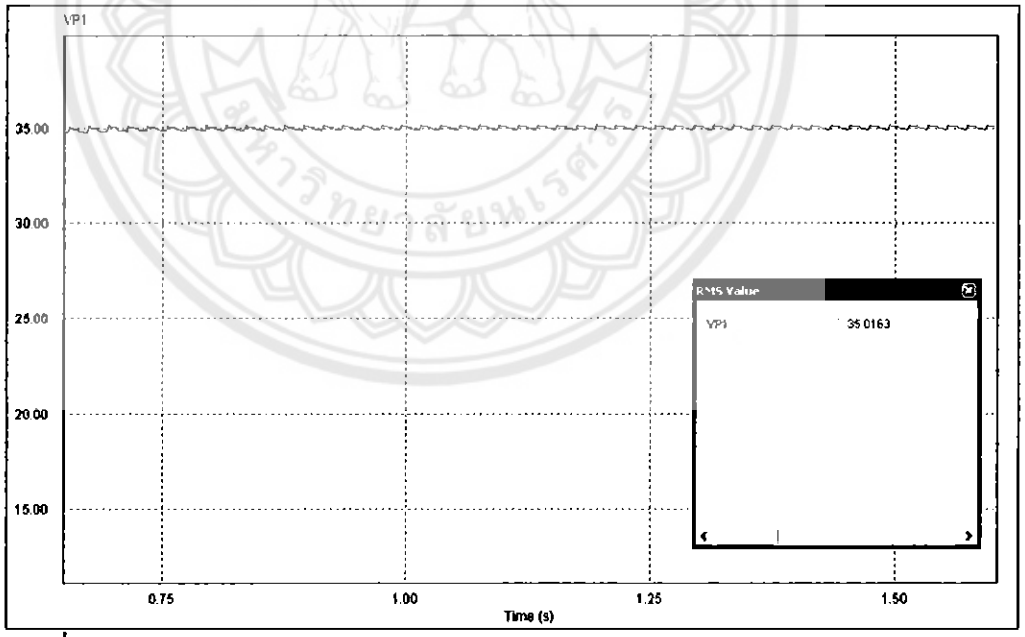
รูปที่ 4.21วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จากโปรแกรม PSIM สภาวะมีโหลด (1M โอห์ม)



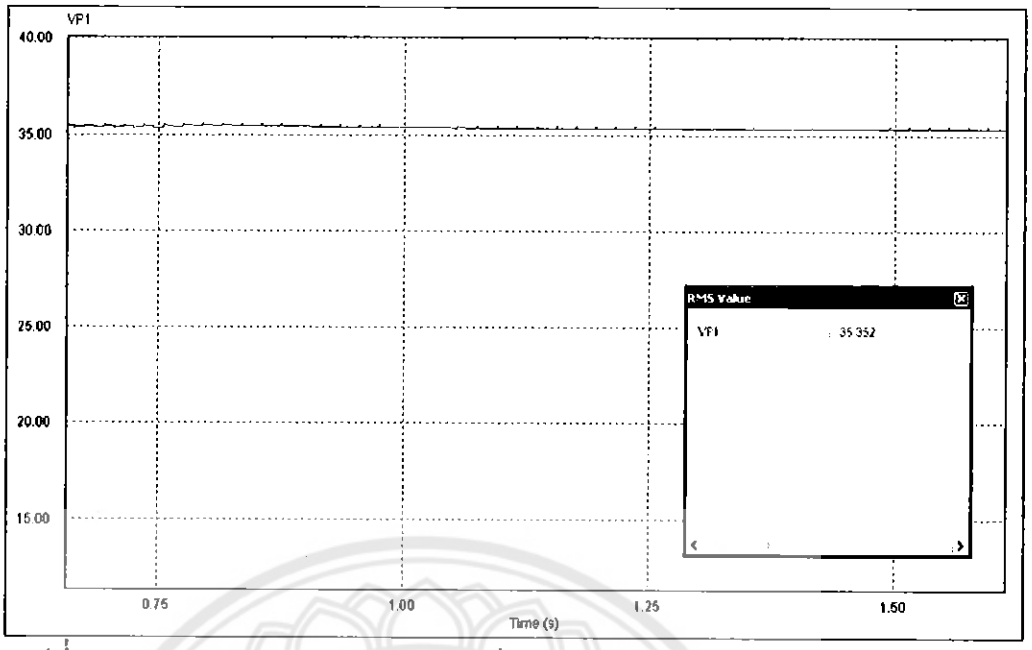
รูปที่ 4.22 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF



รูปที่ 4.23 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 1uF



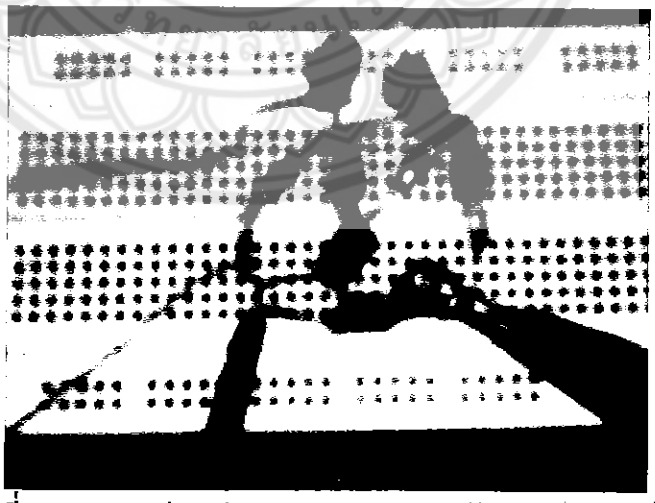
รูปที่ 4.24 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 10uF



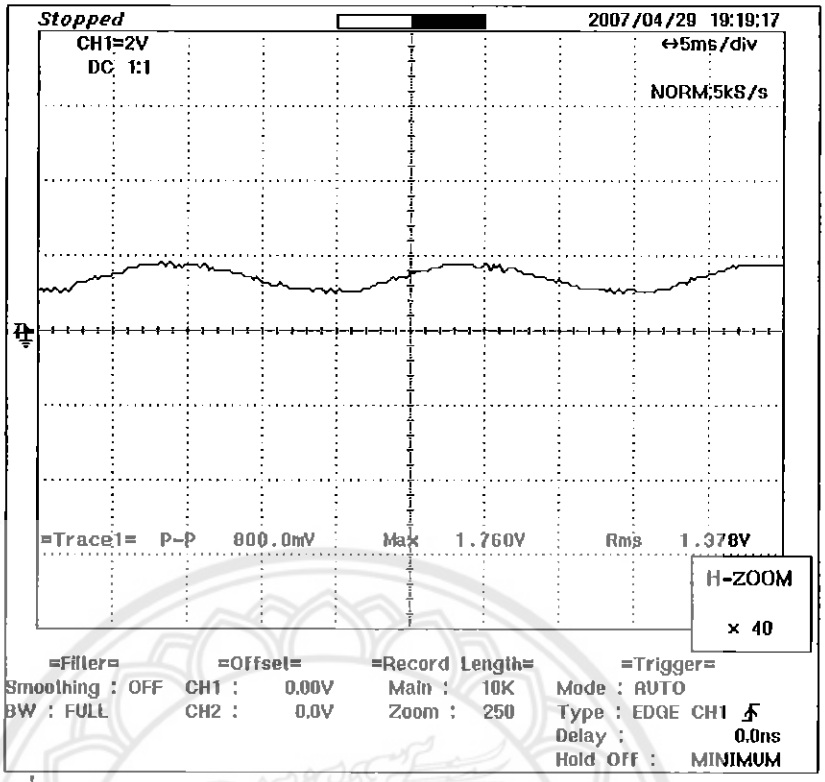
รูปที่ 4.25 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 100uF

4.1.6 ผลการทดลองจริง ดูรูปแรงดันระลอก

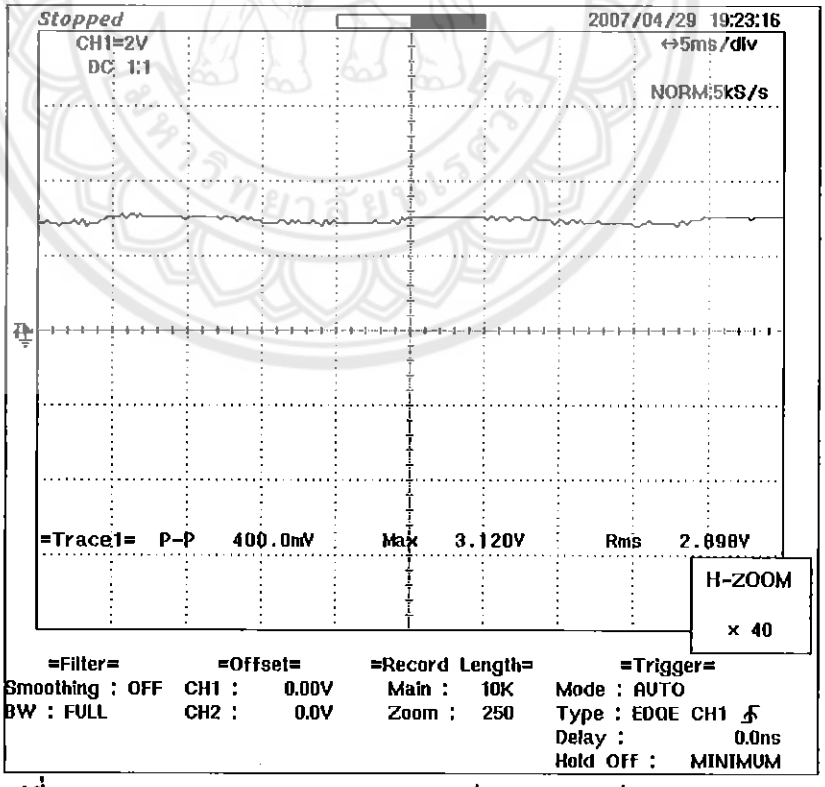
จากการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 4.26 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม วัดดูค่าแรงดันระลอก โดยการใช้ตัวเก็บประจุขนาดต่าง ๆ ดังนี้



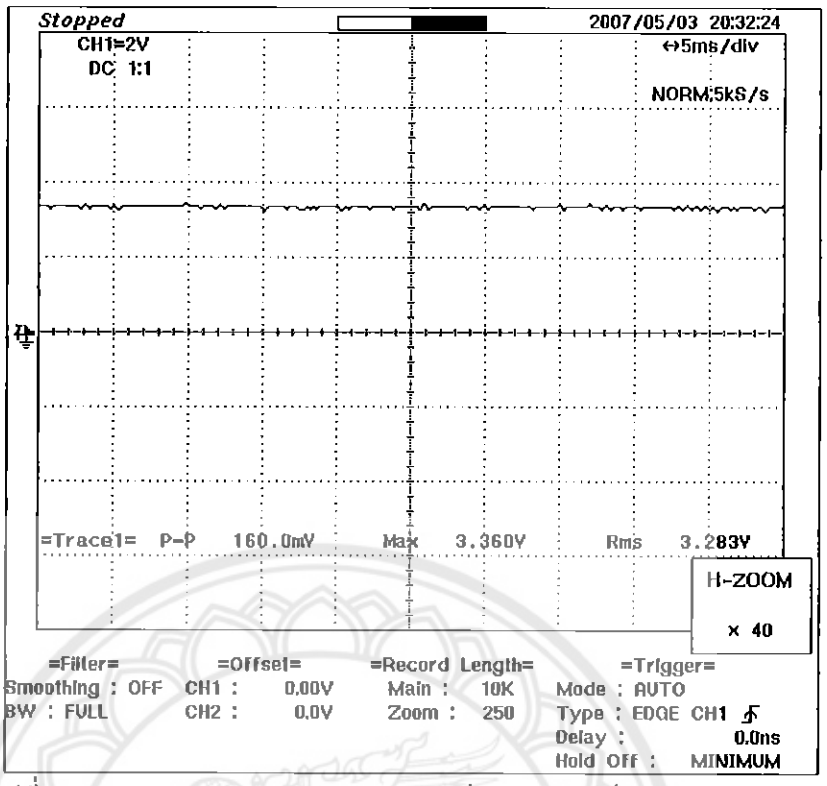
รูปที่ 4.26 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง สภาวะมีโหลด (1M โอห์ม)



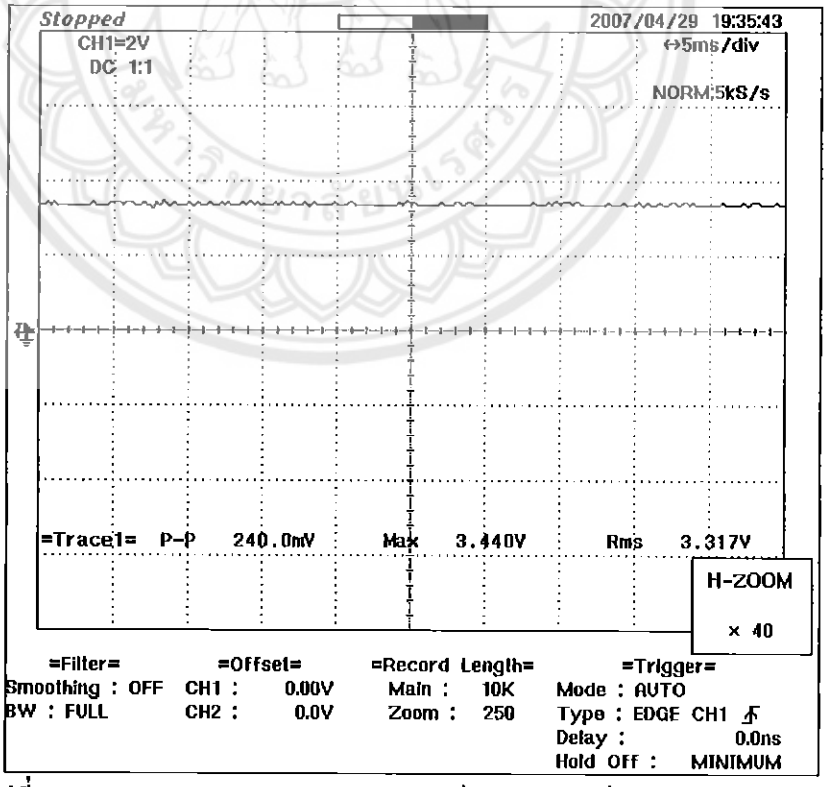
รูปที่ 4.27 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท ของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF



รูปที่ 4.28 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท ของตัวเก็บประจุขนาด 1uF



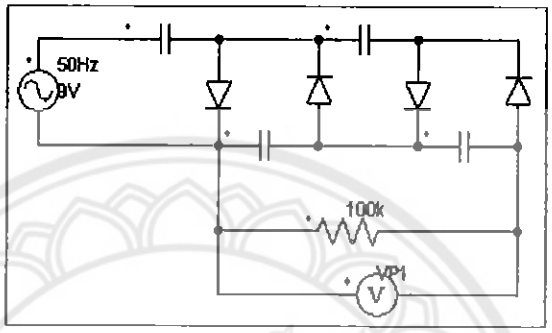
รูปที่ 4.29 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท ของตัวเก็บประจุขนาด 10uF



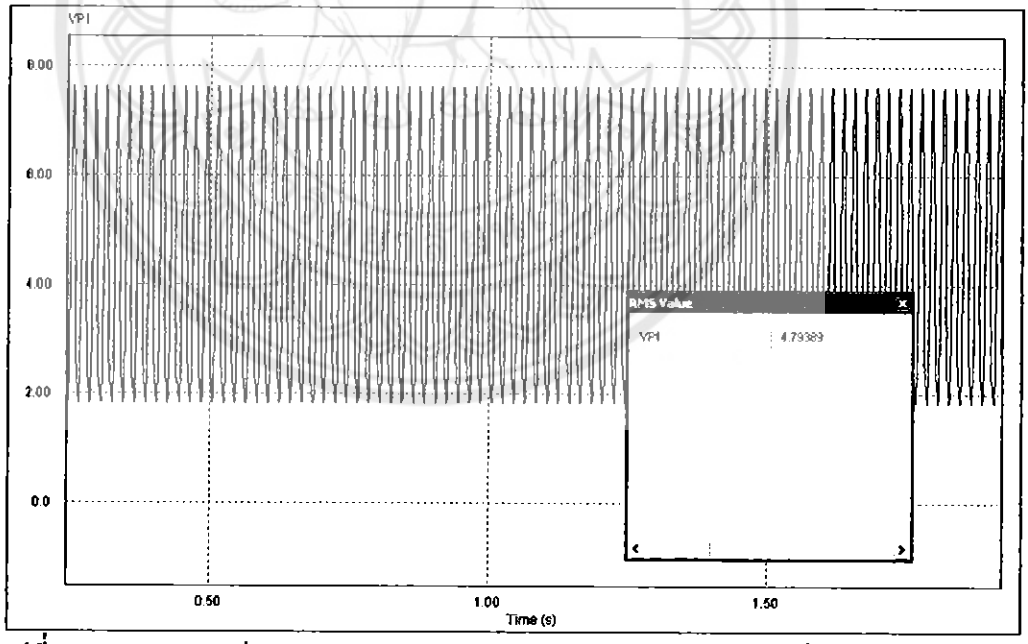
รูปที่ 4.30 แสดงแรงดันระลอก แรงดันเอาท์พุท ของตัวเก็บประจุขนาด 100uF

4.1.7 ผลการทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อโหลดความต้านทาน 100k โอห์ม

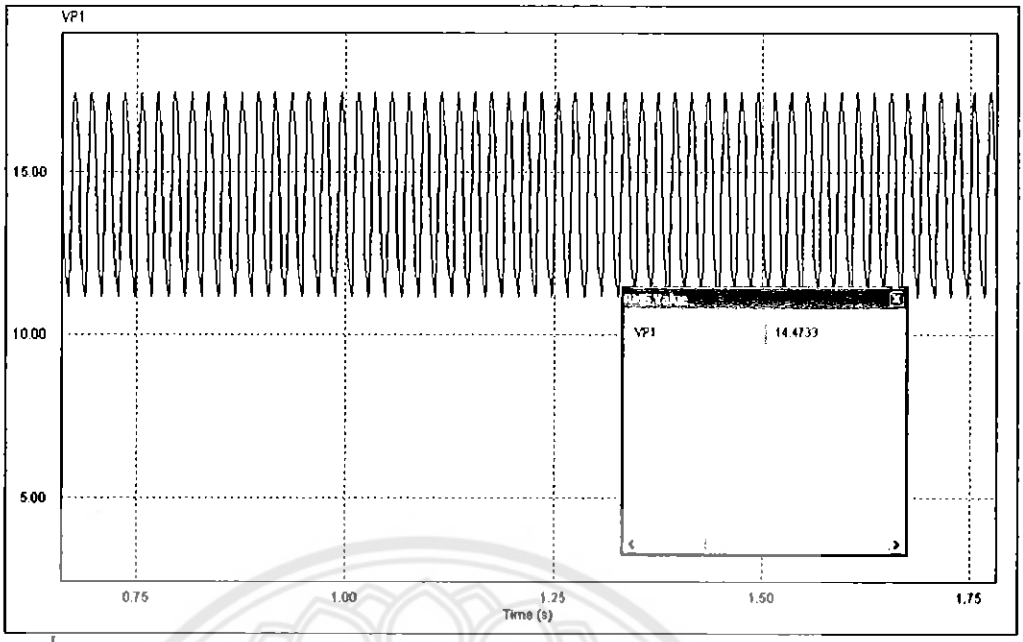
จากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 4.31 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 100k โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF



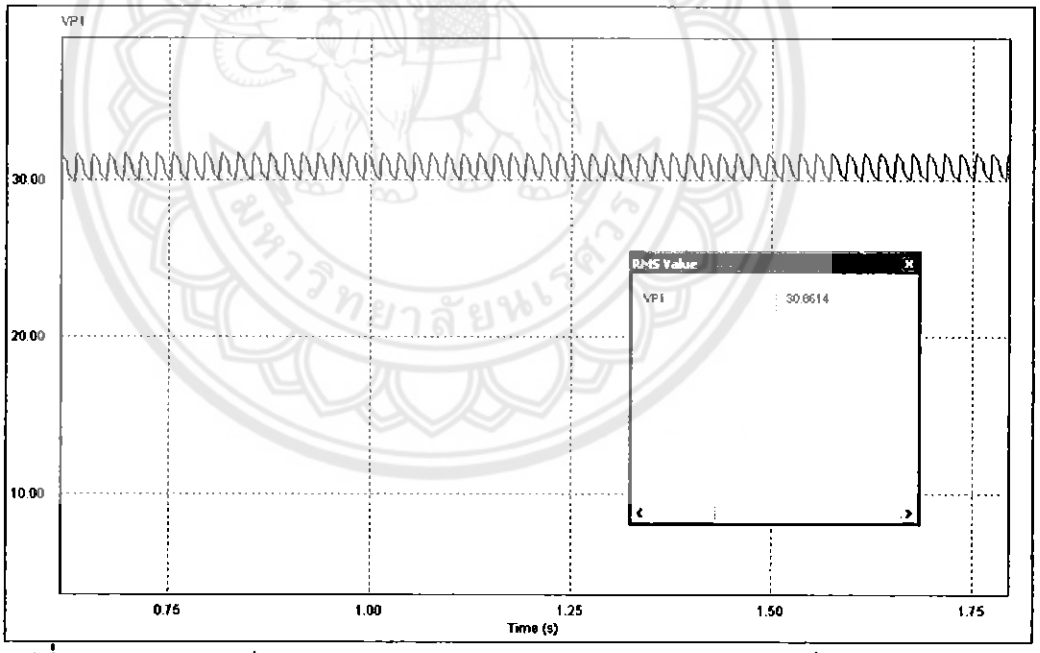
รูปที่ 4.31วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จากโปรแกรม PSIM สภาวะมีโหลด (100k โอห์ม)



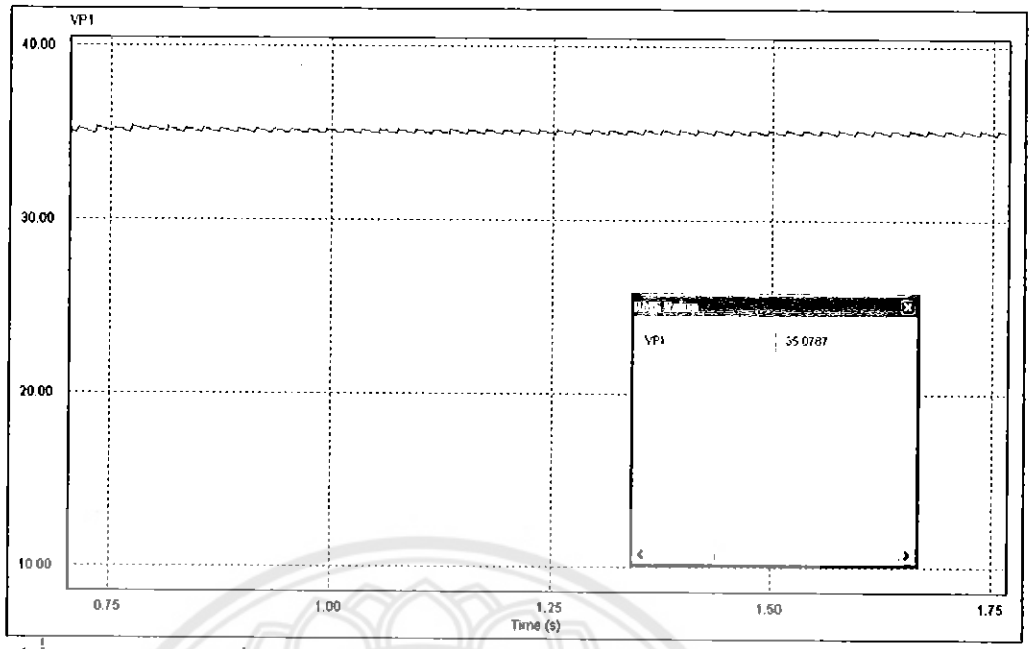
รูปที่ 4.32 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF



รูปที่ 4.33 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 1uF



รูปที่ 4.34 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 10uF

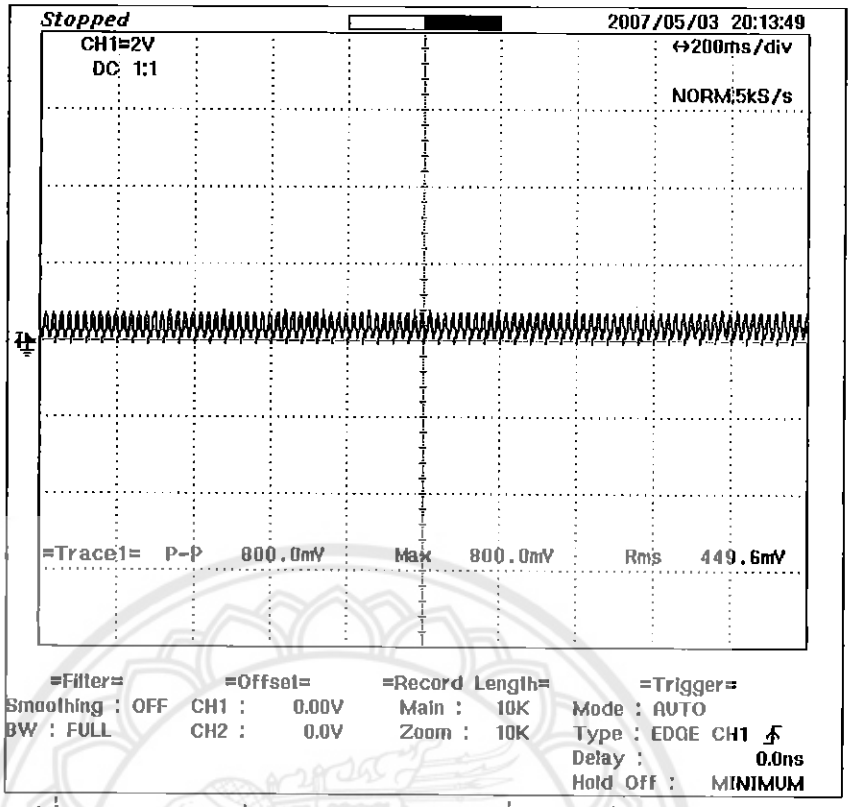


รูปที่ 4.35 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บ**ประจุขนาด** 100uF

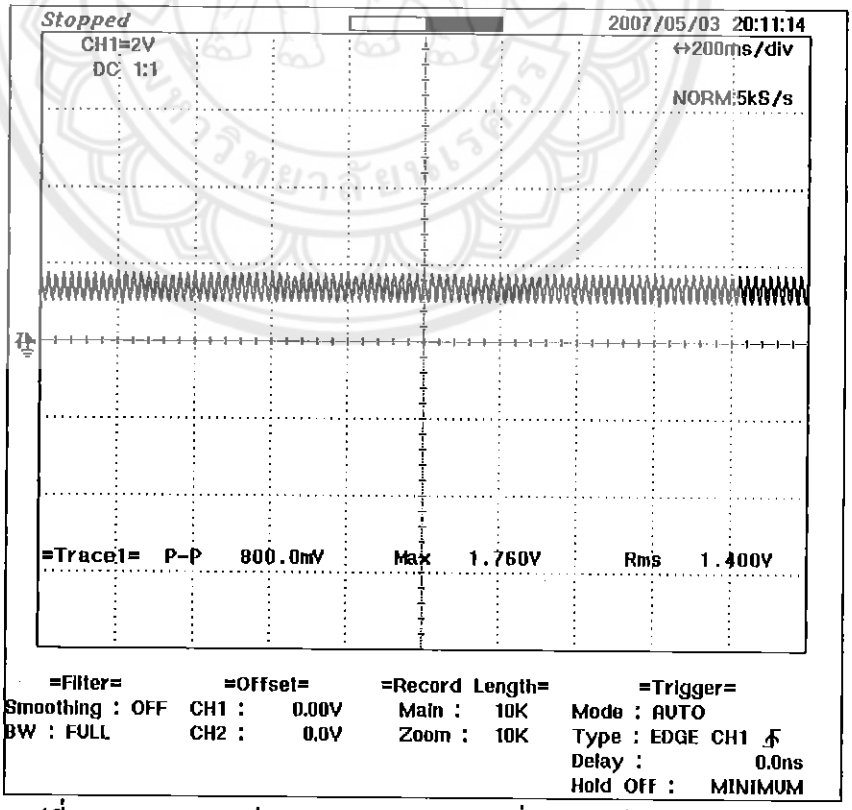
4.1.8 ผลการทดลองจริง โดยใช้โหลดความต้านทาน 100k โอห์ม

จากการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด **ดังรูปที่** 4.36**โดยใช้แหล่ง**จ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 100k โอห์ม แล้ว**เปลี่ยน**ขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF

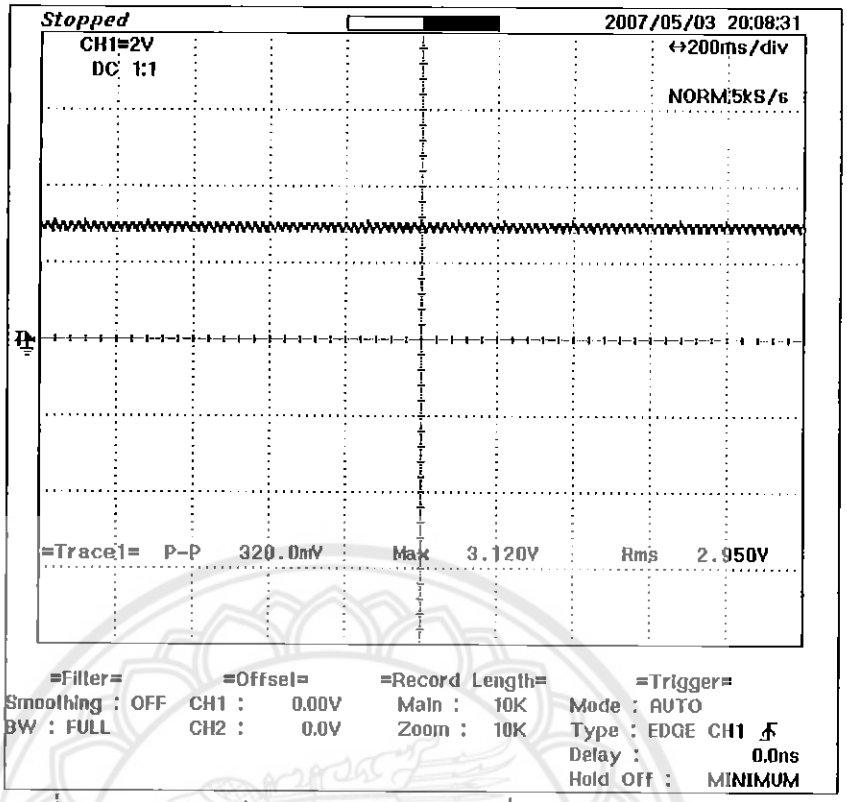
รูปที่ 4.36 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง สภาวะมีโหลด (100k โอห์ม)



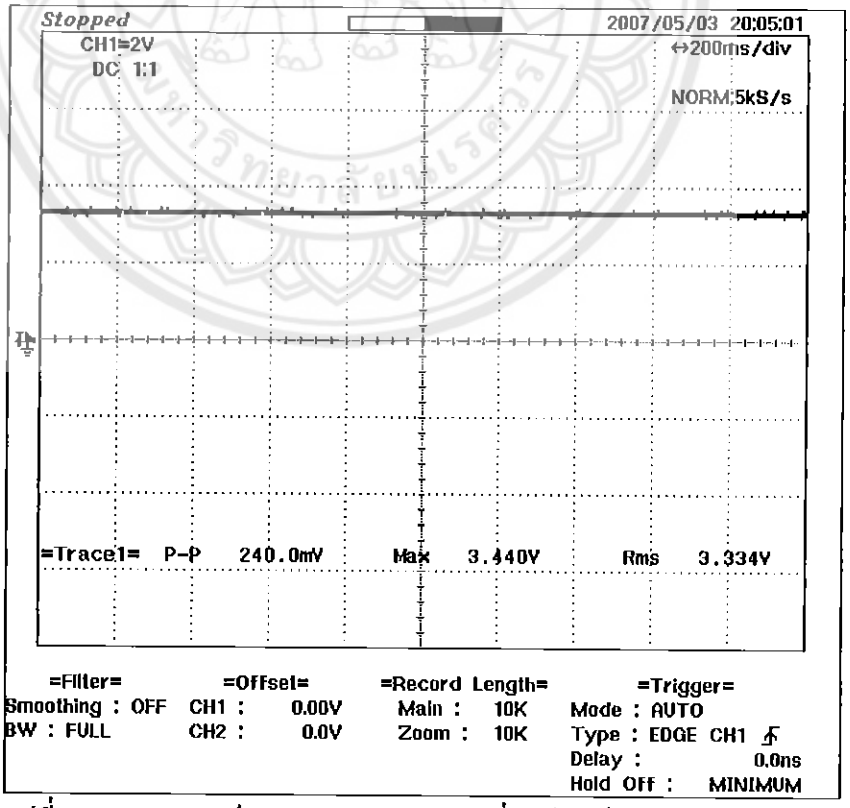
รูปที่ 4.37 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF



รูปที่ 4.38 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 1uF



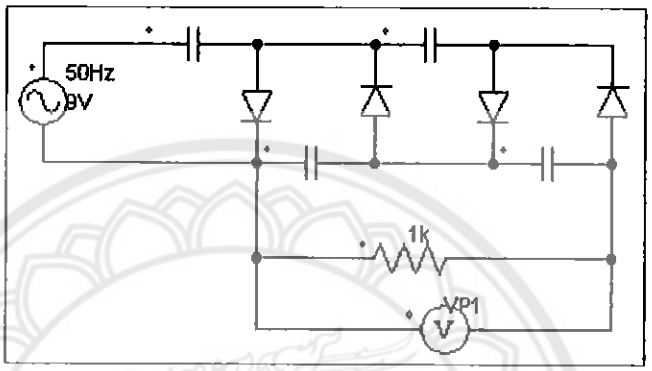
รูปที่ 4.39 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 10uF



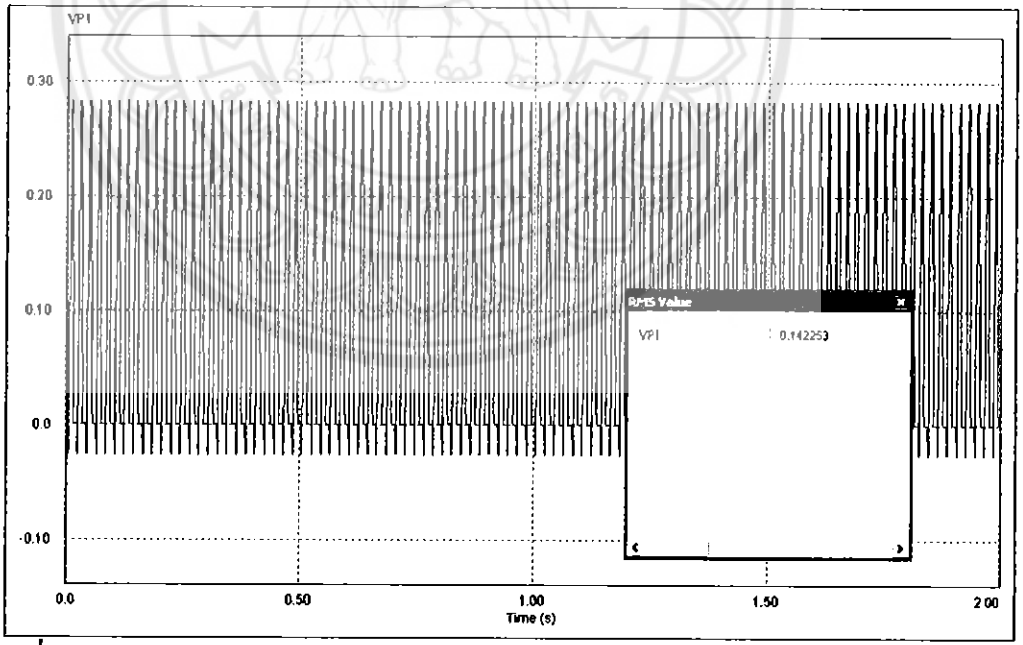
รูปที่ 4.40 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100uF

4.1.9 ผลการทดลองจากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม

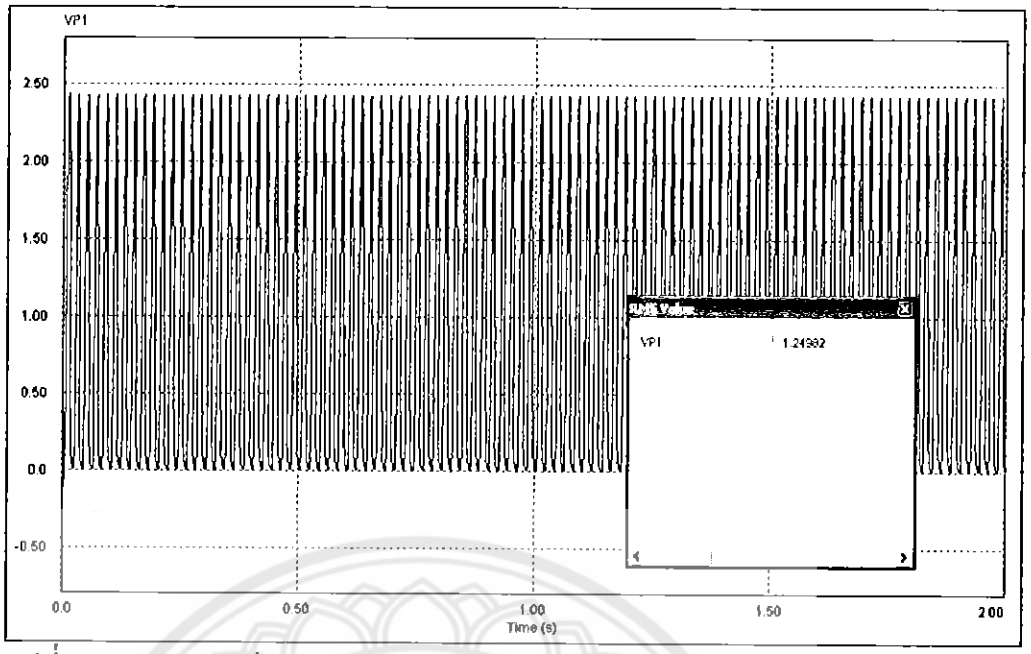
จากการสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม PSIM ต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 4.41 โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1k โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF



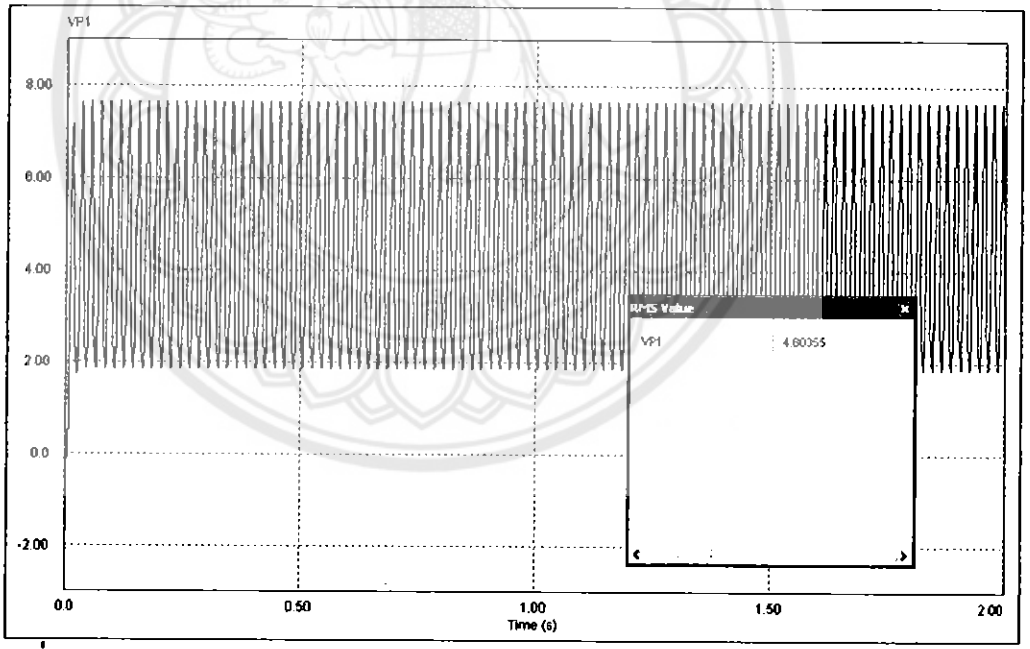
รูปที่ 4.41 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จากโปรแกรม PSIM สภาวะมีโหลด (1k โอห์ม)



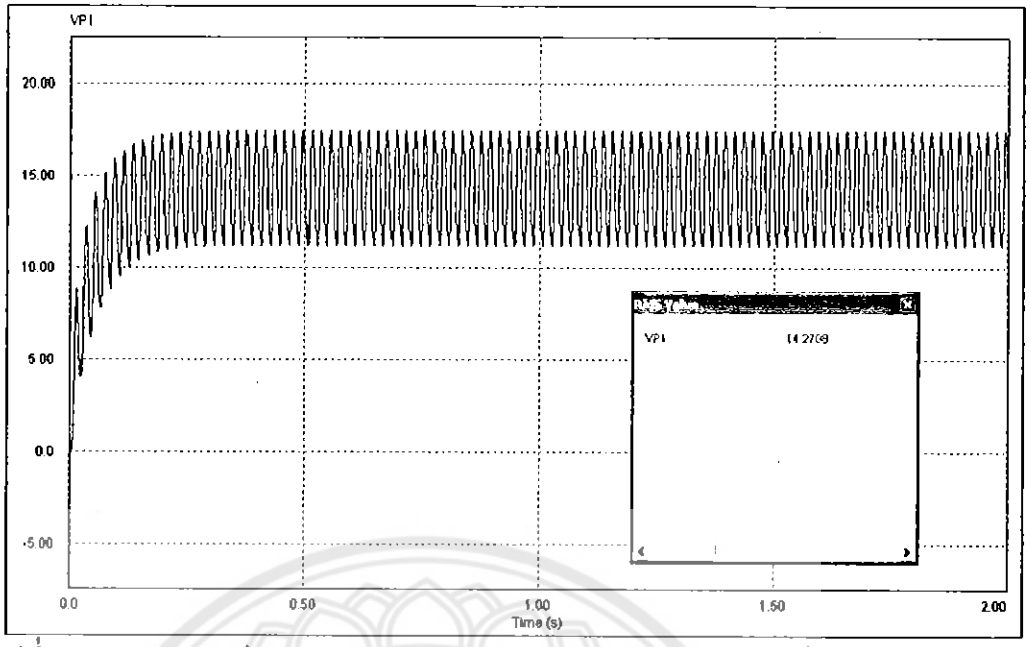
รูปที่ 4.42 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF



รูปที่ 4.43 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 1uF



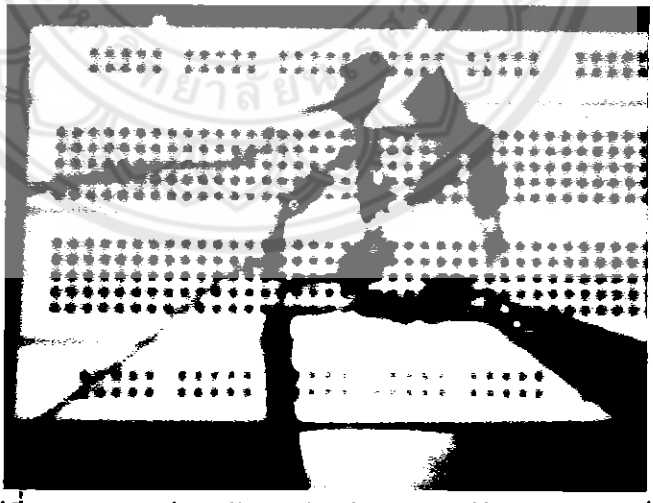
รูปที่ 4.44 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 10uF



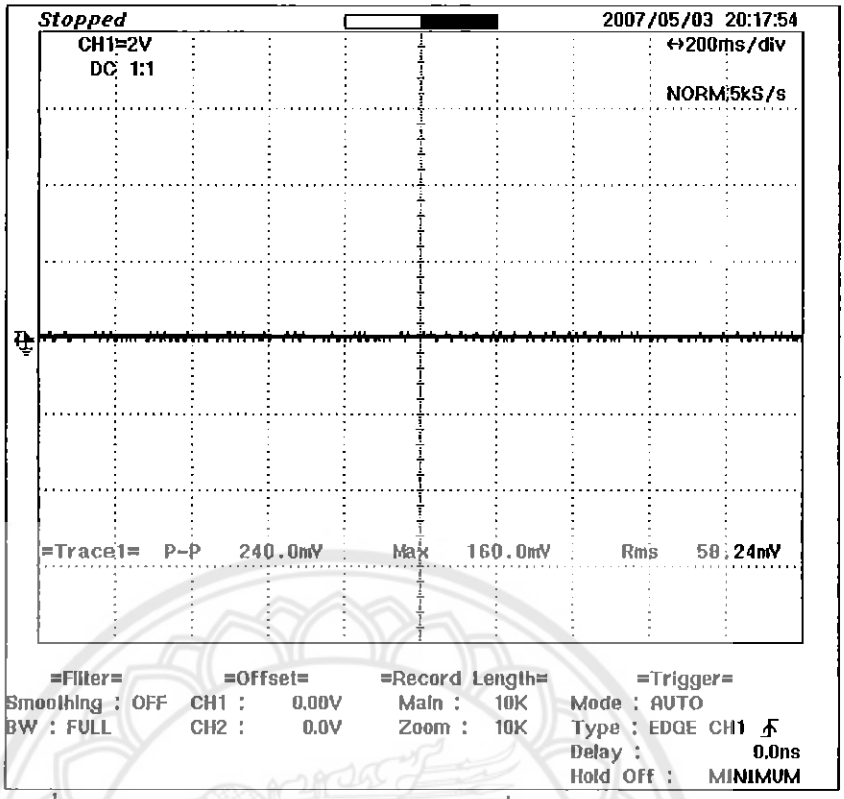
รูปที่ 4.45 แรงดันเอาท์พุท จากการทดสอบโดยโปรแกรม PSIM ของตัวเก็บประจุขนาด 100uF

4.1.10 ผลการทดลองจริง ต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม

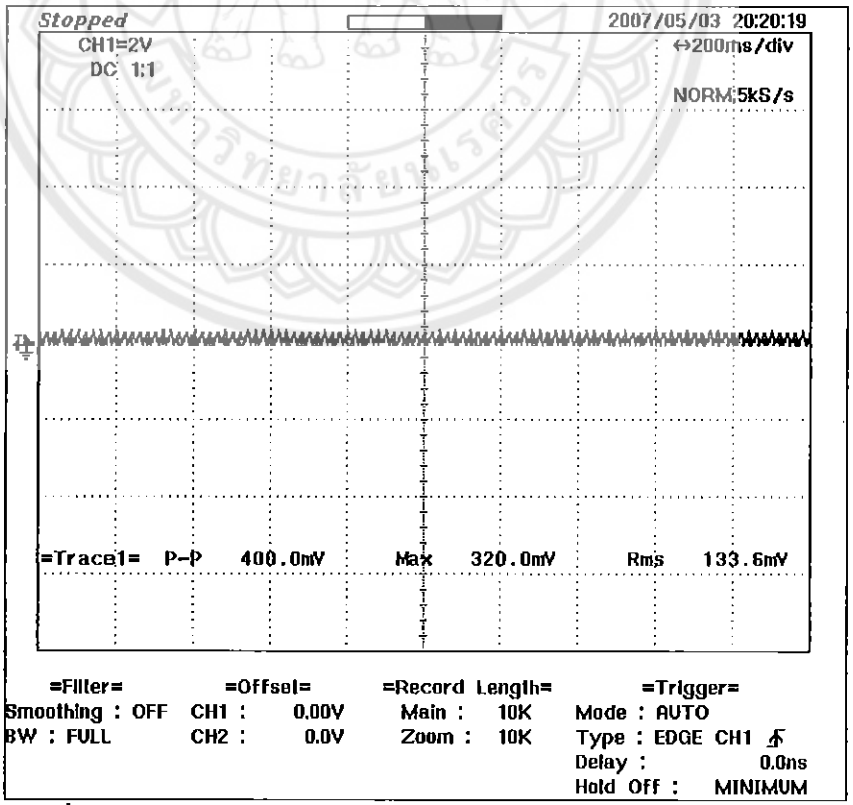
จากการต่อวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ในสภาวะมีโหลด ดังรูปที่ 4.46โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับ 9 โวลต์พีค , ความถี่ 50 เฮิร์ต , โหลดความต้านทาน 1k โอห์ม แล้วเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ เป็น 0.1uF , 1uF , 10uF และ 100uF



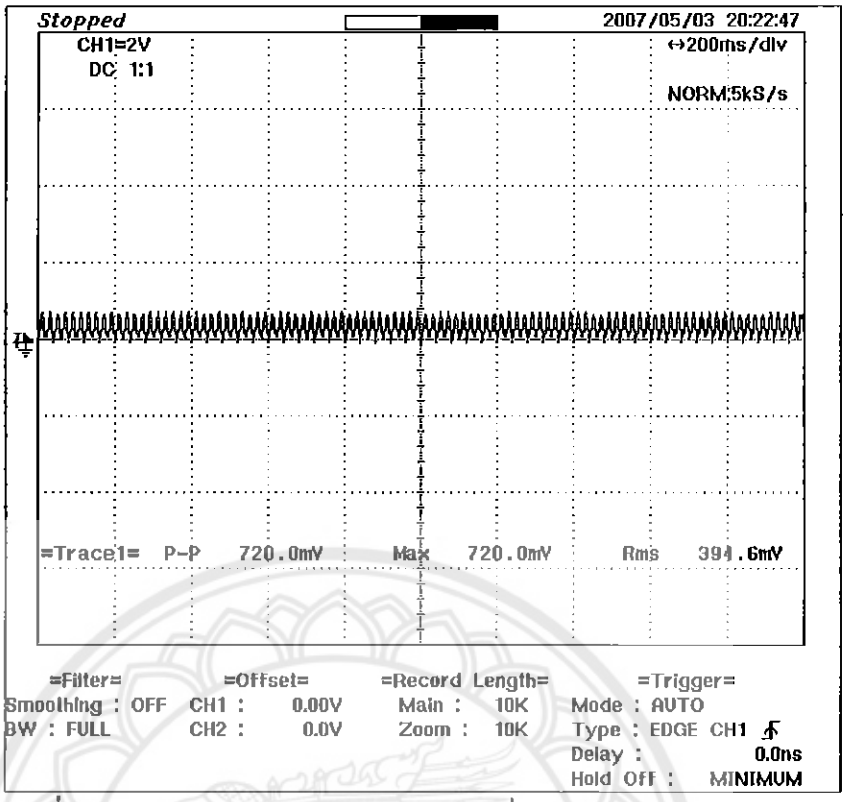
รูปที่ 4.46 วงจรทวีแรงดัน 4 เท่า จริง สภาวะมีโหลด (1k โอห์ม)



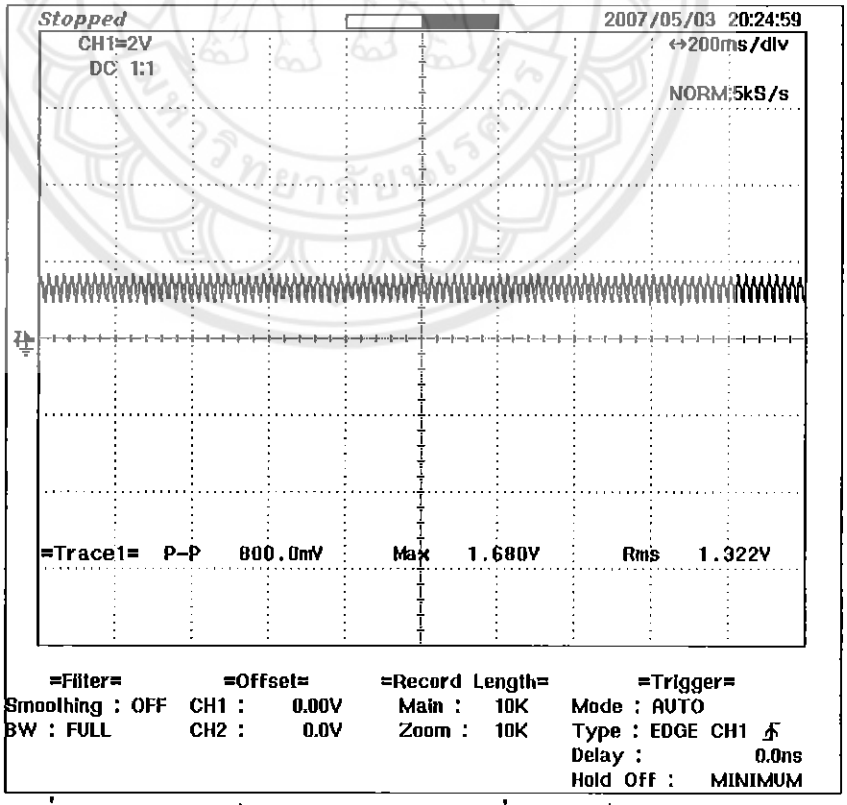
รูปที่ 4.47 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 0.1uF



รูปที่ 4.48 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 1uF

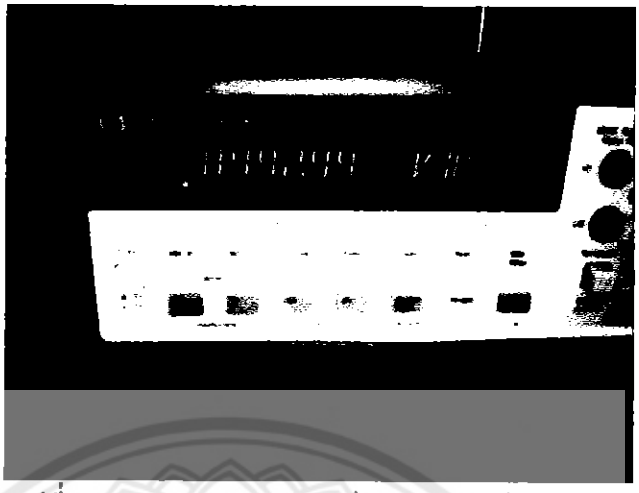


รูปที่ 4.49 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 10uF

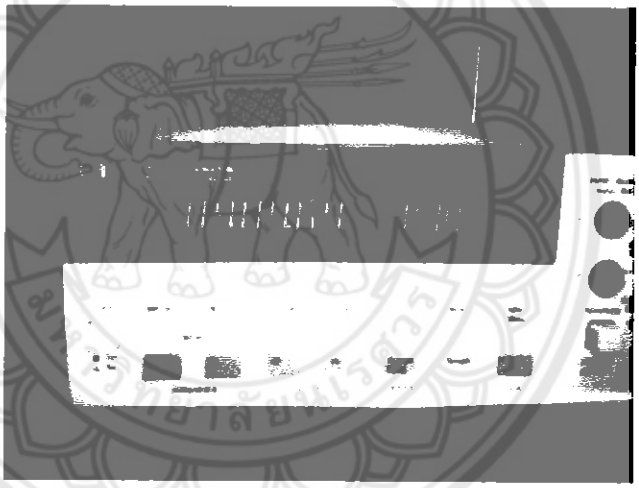


รูปที่ 4.50 แสดงเอาท์พุทแรงดันกระแสตรงเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100uF

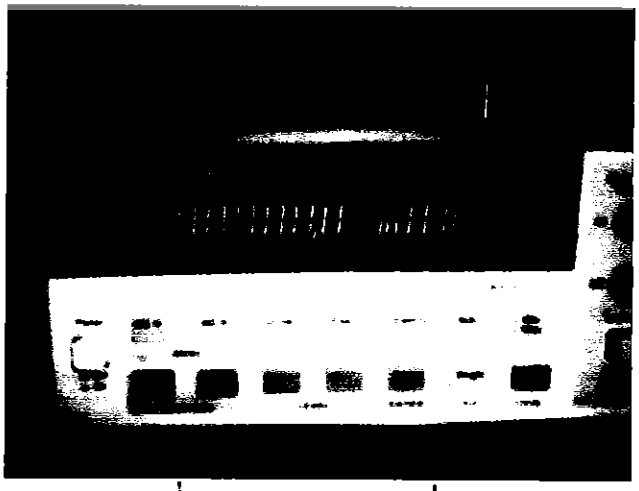
4.2 ผลการทดลองการสร้างแบบจำลองแรงดันกระแสตรง เอาท์พุท 1000 โวลต์



รูปที่ 4.51 แสดงค่าแรงดันเอาท์พุทในสภาวะไม่มีโหลด



รูปที่ 4.52 แสดงค่าแรงดันเอาท์พุทในสภาวะมีโหลด (โหลด 1M โอห์ม)



รูปที่ 4.53 แสดงค่ากระแสที่วัดได้

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จะเป็นการคำนวณหาค่าแรงดันระลอก (Voltage Ripple) , แรงดันตก(Voltage Drop) และแรงดันเอาท์พุท ของผลการทดลองที่ 4.1 โดยจะใช้ค่ากระแสที่จ่ายให้โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม

หาค่าแรงดันระลอก (Voltage Ripple)

จากสูตร $$\delta V = \frac{I}{2fC}\left(\frac{n(n+1)}{4}\right)$$

เมื่อ $C = 0.1\text{uF}$, $n = 2$, $f = 50\text{ Hz}$, $I = 14.04\times10^{-6}A$

$$\delta V = \frac{14.04\times10^{-6}}{50\times0.1\times10^{-6}}\times\frac{2(2+1)}{4} = 4.21V$$

เมื่อ $C = 1\text{uF}$, $n = 2$, $f = 50\text{ Hz}$, $I = 29.54\times10^{-6}A$

$$\delta V = \frac{29.54\times10^{-6}}{50\times1\times10^{-6}}\times\frac{2(2+1)}{4} = 0.88V$$

เมื่อ $C = 10\text{uF}$, $n = 2$, $f = 50\text{ Hz}$, $I = 33.42\times10^{-6}A$

$$\delta V = \frac{33.42\times10^{-6}}{50\times10\times10^{-6}}\times\frac{2(2+1)}{4} = 0.10V$$

เมื่อ $C = 100\text{uF}$, $n = 2$, $f = 50\text{ Hz}$, $I = 33.76\times10^{-6}A$

$$\delta V = \frac{33.76\times10^{-6}}{50\times100\times10^{-6}}\times\frac{2(2+1)}{4} = 10.13\times10^{-3}V$$

หาค่าแรงดันตก (Voltage Drop)

จากสูตร $$\Delta V_0 = \frac{I}{fC}\left(\frac{2(n^3)}{3}-\frac{n}{6}\right)$$

เมื่อ $C = 0.1\text{uF}$, $f = 50\text{ Hz}$, $I = 14.04\times10^{-6}A$

$$\Delta V_0 = \frac{14.04\times10^{-6}}{50\times0.1\times10^{-6}}\left(\frac{2(2^3)}{3}-\frac{2}{6}\right) = 14.04V$$

เมื่อ $C = 1\text{uF}$, $f = 50\text{ Hz}$, $I = 29.54\times10^{-6}A$

$$\Delta V_0 = \frac{29.54\times10^{-6}}{50\times1\times10^{-6}}\left(\frac{2(2^3)}{3}-\frac{2}{6}\right) = 2.95V$$

เมื่อ $C = 10uF, f = 50\ Hz, I = 33.42\times10^{-6}A$

$$\Delta V_0 = \frac{33.42\times10^{-6}}{50\times10\times10^{-6}}(\frac{2(2^3)}{3}-\frac{2}{6}) = 0.33V$$

เมื่อ $C = 100uF, f = 50\ Hz, I = 33.76\times10^{-6}A$

$$\Delta V_0 = \frac{33.76\times10^{-6}}{50\times100\times10^{-6}}(\frac{2(2^3)}{3}-\frac{2}{6}) = 33.76\times10^{-3}V$$

หาแรงดันเอาท์พุทในสภาวะมีโหลด

จากสูตร $V_{o\max} = 2nV_{\max} - \Delta V_o$

เมื่อ $C = 0.1uF$

$$V_{o\max} = 2\times2\times9-14.04$$
$$V_{o\max} = 21.96V$$

เมื่อ $C = 1uF$

$$V_{o\max} = 2\times2\times9-2.95$$
$$V_{o\max} = 33.05V$$

เมื่อ $C = 10uF$

$$V_{o\max} = 2\times2\times9-0.33$$
$$V_{o\max} = 35.67V$$

เมื่อ $C = 100uF$

$$V_{o\max} = 2\times2\times9-33.76\times10^{-3}$$
$$V_{o\max} = 35.97V$$

จากการคำนวณหาค่าแรงดันระลอก (Voltage Ripple) แล้วสามารถสรุปได้ว่า ตัวเก็บประจุขนาดความจุ 100uF มีค่าแรงดันระลอก น้อยที่สุด รองมา คือ ตัวเก็บประจุขนาด 10uF ,1uF และ 0.1uF ตามลำดับ (จากการเปรียบเทียบความจุทั้ง 4 ขนาด)

และจากการคำนวณหาค่าแรงดันตก (Voltage Drop) สามารถสรุปได้ว่า ตัวเก็บประจุขนาดความจุ 100uF มีค่าแรงดันตก น้อยสุดตามด้วย ตัวเก็บประจุขนาดความจุ 10uF ,1uF และ 0.1uF ตามลำดับ ซึ่งก็ส่งผลให้ แรงดันเอาท์พุท ของวงจรทวีแรงดันที่ต่อด้วยตัวเก็บประจุขนาดความจุ 100uF มีค่าสูงสุดตามไปด้วย

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่สภาวะไม่มีโหลด

ขนาดความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	ค่าคำนวณจากทฤษฎี(โวลต์)	ค่าแรงดันที่วัดได้จากโปรแกรม PSIM (โวลต์)	ค่าแรงดันที่วัดได้จากการทดลองจริง (โวลต์)
0.1uF	36.00	34.27	30.73
1uF	36.00	35.29	34.53
10uF	36.00	35.36	34.64
100uF	36.00	35.39	35.10

จากการเปรียบเทียบค่าในตารางที่ 4.1 จากสูตรแรงดันเอาท์พุทในสภาวะไม่มีโหลด ที่ว่าเมื่อไม่มีโหลดแรงดันเอาท์พุทจะเท่ากับ $= 2nV_{max}$ ซึ่งค่าแรงดันเอาท์พุทที่ได้ก็สอดกับค่าตามทฤษฎี และพบว่าที่จริงแล้วค่าแรงดันในสภาวะไม่มีโหลด นั้นยังขึ้นกับขนาดความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุด้วย

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองจากการต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม

ขนาดความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	ค่าคำนวณจากทฤษฎี (โวลต์)	ค่าแรงดันที่วัดได้จากโปรแกรม PSIM (โวลต์)	ค่าแรงดันที่วัดได้จากการทดลองจริง (โวลต์)
0.1uF	21.96	14.25	14.29
1uF	33.05	30.76	29.64
10uF	35.67	35.02	33.47
100uF	35.97	35.34	33.82

จากการเปรียบเทียบค่าในตารางที่ 4.2 ซึ่งค่าแรงดันเอาท์พุทที่ได้ก็สอดกับค่าตามทฤษฎี ค่าจากการคำนวณและค่าแรงดันเอาท์พุทจากการทดลองจริงมีค่าต่างกันเล็กน้อย เพราะในความเป็นจริงยังมีค่าแรงดันตกที่ไดโอดและตัวเก็บประจุอีก

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองจากการต่อโหลดความต้านทาน 100k โอห์ม

ขนาดความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	ค่าแรงดันที่วัดได้จากโปรแกรม PSIM (โวลต์)	ค่าแรงดันที่วัดได้จากการทดลองจริง(โวลต์)
0.1uF	4.79	4.50
1uF	14.47	14.00
10uF	30.86	29.50
100uF	35.08	33.34

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองจากการต่อโหลดความต้านทาน 1k โอห์ม

ขนาดความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	ค่าแรงดันที่วัดได้จากโปรแกรม PSIM (โวลต์)	ค่าแรงดันที่วัดได้จากการทดลองจริง(โวลต์)
0.1uF	0.14	0.58
1uF	1.25	1.14
10uF	4.80	3.95
100uF	14.27	13.22

จากตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าเมื่อเปลี่ยนขนาดของโหลดความต้านทานแล้ว จะมีผลต่อแรงดันเอาท์พุทด้วย เพราะกระแสที่จ่ายให้โหลดมีค่าน้อย

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองที่สภาวะไม่มีโหลด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ขนาดความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	ค่าคำนวณจากทฤษฎี (โวลต์)	ค่าแรงดันที่วัดได้จากโปรแกรม PSIM (โวลต์)	ค่าแรงดันที่วัดได้จากการทดลองจริง (โวลต์)
0.1uF	100%	95.19%	85.36%
1uF	100%	98.03%	95.92%
10uF	100%	98.22%	96.22%
100uF	100%	98.30%	97.50%

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองจากการต่อโหลดความต้านทาน 1M โอห์ม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

ขนาดความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	ค่าคำนวณจากทฤษฎี (โวลต์)	ค่าแรงดันที่วัดได้จากโปรแกรม PSIM (โวลต์)	ค่าแรงดันที่วัดได้จากการทดลองจริง(โวลต์)
0.1uF	100%	64.89%	65.07%
1uF	100%	93.07%	89.68%
10uF	100%	98.18%	93.83%
100uF	100%	98.25%	94.02%

และจะวิเคราะห์ผลการทดลองที่ 4.2 โดยคำนวณหาค่าแรงดันระลอก (Voltage Ripple), และ แรงดันเอาท์พุท เมื่อใช้โหลดความต้านทาน 1M โอห์ม

หาแรงดันระลอก (Voltage Ripple)

จากสูตร $$\delta V = \frac{I}{2fC}\left(\frac{n(n+1)}{4}\right)$$

เมื่อ $C = 100\text{uF}$, $n = 3$, $f = 50\text{ Hz}$, $I = 988\times10^{-6}\,A$

$$\delta V = \frac{988\times10^{-6}}{50\times100\times10^{-6}}\times\frac{3(3+1)}{4} = 0.30V$$

หาค่าแรงดันตก (Voltage Drop)

จากสูตร $$\Delta V_0 = \frac{I}{fC}\left(\frac{2(n^3)}{3}-\frac{n}{6}\right)$$

เมื่อ $C = 100\text{uF}$, $f = 50\text{ Hz}$, $I = 988\times10^{-6}\,A$

$$\Delta V_0 = \frac{988\times10^{-6}}{50\times100\times10^{-6}}\left(\frac{2(3^3)}{3}-\frac{3}{6}\right) = 3.46V$$

หาแรงดันเอาท์พุทสภาวะไม่มีโหลด จากสูตร $V_{no} = 2nV_{\max}$ ซึ่ง เท่ากับ 1000V

หาแรงดันเอาท์พุทสภาวะมีโหลด

จากสูตร $$V_{o\max} = 2nV_{\max} - \Delta V_o$$

เมื่อ $n = 3$, $V_{\max} = 166.67V$

$$V_{o\max} = 2\times3\times166.67 - 3.46$$

$$V_{o\max} = 996.54V$$

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ที่สภาวะไม่มีโหลด = 99.30%

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง ที่สภาวะมีโหลด = 98.80%

บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่สภาวะไม่มีโหลด พบว่าแรงดันเอาท์พุทที่ได้ออกมา นอกจากจะแปรผันตามจำนวนขั้นและค่าโวลต์พีคแล้ว ยังขึ้นอยู่กันค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุอีกด้วย

จากการทดลองที่สภาวะมีโหลด พบว่าตัวเก็บประจุขนาดความจุ 100uF มีค่าแรงดันระลอก (Voltage Ripple) น้อยที่สุด รองมา คือ ตัวเก็บประจุขนาด 10uF ,1uF และ 0.1uF ตามลำดับ (จากการเปรียบเทียบความจุทั้ง 4 ขนาด) และจากการหาค่าแรงดันตก (Voltage Drop) สามารถสรุปได้ว่า ตัวเก็บประจุขนาด ความจุ 100uF มีค่าแรงดันตกน้อยสุด ตามด้วย ตัวเก็บประจุขนาดความจุ 10uF , 1uF และ 0.1uF ตามลำดับ ซึ่งก็ส่งผลให้ แรงดันเอาท์พุท ของวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton ที่ต่อด้วยตัวเก็บประจุขนาดความจุ100uF มีค่าสูงสุดตามไปด้วย ดังนั้นจึงได้เลือกใช้ตัวเก็บประจุความจุไฟฟ้า 100uF ในการสร้างแบบจำลองแรงดันกระแสตรง เอาท์พุท 1000 โวลต์

5.2 ประเมินผล

จากการดำเนินงานโครงงานเมื่อเทียบกับวัตถุประสงค์ได้ผลดังนี้

5.2.1 เข้าใจหลักการทำงานของวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton

5.2.2 สร้างแบบจำลองของวงจรทวีแรงดัน แบบ Cockcroft Walton แรงดันกระแสตรง เอาท์พุทประมาณ 1000 โวลต์

5.2.3 เป็นอุปกรณ์ประกอบการศึกษา เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจและเห็นภาพมากยิ่งขึ้น

5.3 ปัญหา ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไข

5.3.1 ปัญหาจากการหาซื้ออุปกรณ์เพื่อนำมาทดลองไม่ได้ตามที่ต้องการ

5.3.2 ปัญหาเกิดจากการต่อวงจรผิดพลาด ทำให้อุปกรณ์ได้รับความเสียหาย จึงต้องทำการซื้ออุปกรณ์มาใหม่ ทำให้งานที่ออกมาช้ากว่ากำหนด ดังนั้นควรจะศึกษาวงจรที่จะต่อให้เข้าใจก่อน

5.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

ผลที่ได้จากการทดลองในโครงงานนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาและเป็นแนวทางในการออกแบบวงจรทวีแรงดัน ที่ให้ค่าแรงดันเอาท์พุทกระแสตรงที่มีค่ามากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

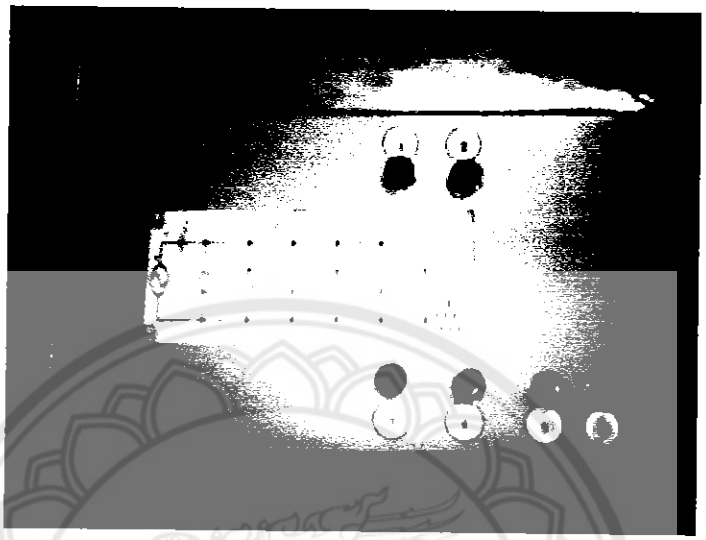
[1] W.szengl. "**HIGH VOLTAGE ENGINEERING**". New Yok : Pergamon Press . Maxwell House ,Inc. 1984.

[2] รศ.ดร.วีระเชษฐ์ ขันเงิน,วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์. **"อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronics)".**กรุงเทพ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พริ้นติ้ง.2547.

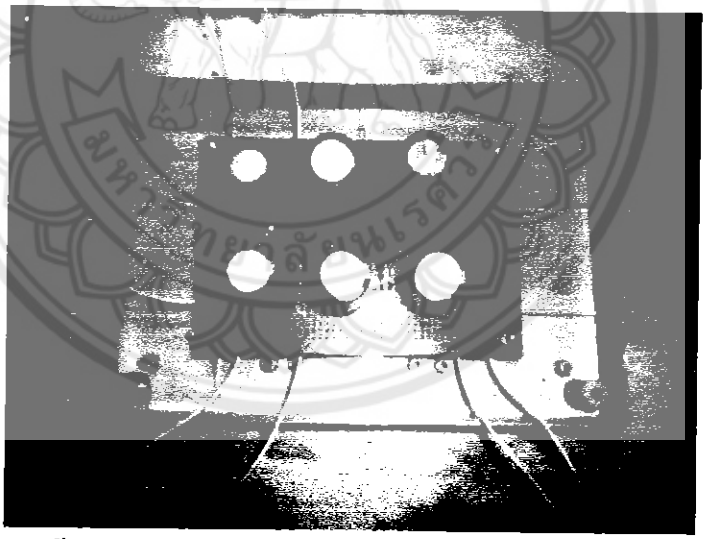
[3] www.electronics.se-ed.com/contents/138s092/138s092_p04.asp

[4] www.ku.ac.th/schoolnet/snet7/diode.htm

ภาคผนวก



รูปแบบจำลองแรงดันกระแสตรงเอาท์พุท 1000 โวลต์



รูปข้างในแบบจำลองแรงดันกระแสตรงเอาท์พุท 1000 โวลต์

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ นายเพิ่มพงศ์ เวียงลอ

ภูมิลำเนา 130 หมู่ 8 ต.งิ้ว อ.เทิง จ. เชียงราย 57160

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนปล้องวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

E-mail: Permpong_engi@hotmail.com

ชื่อ นายเกียรติศักดิ์ มุงจะรส

ภูมิลำเนา 39 หมู่ 9 ต.งิ้ว อ.เทิง จ. เชียงราย 57160

ประวัติการศึกษา

- จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนปล้องวิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

E-mail: Kiattisakd_m@hotmail.com