



กรณีศึกษาวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

In addition, this project also studies the condition of continuous and discontinuous mode in Boost converter.

นายธีรพงษ์ ก่อเกิด รหัส 46363263

นายธีระพงศ์ ฮมภาราช รหัส 46363271

5081022 ๕.๒

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ.....๕/...../.....
เลขทะเบียน.....5000111
เลขเรียกหนังสือ.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ร.ร.
๘6310
๒549

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร


ปีการศึกษา 2549

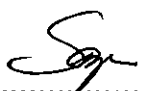


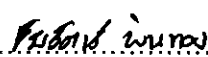
ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ กรณีศึกษาวงจรบุสต์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง
ผู้ดำเนินโครงการ นายธีรพงษ์ ก่อเกิด รหัส 46363263
นายธีระพงษ์ สมภาราช รหัส 46363271
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2549

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะกรรมการสอบ โครงการวิศวกรรม


.....ประธานกรรมการ
(ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล)


.....กรรมการ
(ดร.สมพร เรืองสินชัยวานิช)


.....กรรมการ
(ดร.ชัยรัตน์ พินทอง)

หัวข้อโครงการ	กรณีศึกษาวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง		
ผู้ดำเนินโครงการ	นายธีรพงษ์	ก่อเกิด	รหัส 46363263
	นายธีระพงษ์	ชมการาช	รหัส 46363271
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สมยศ	เกียรติวนิชวิไล	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2549		

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน โลกมีแนวโน้มในการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ส่งผลให้ปริมาณพลังงานสำรอง จากแหล่งต่างๆ ที่มีอยู่ลดน้อยลงอย่างต่อเนื่อง โครงการนี้จะเป็นการศึกษา สภาวะการทำงานของ วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในโหมดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง การทดสอบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์จะควบคุมโดยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้ภาษา PIC BASIC PRO ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการจ่ายสัญญาณพัลส์เข้าสู่วงจรที่ค่าความถี่ไซเคิลต่างๆ กัน

วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ จะทำงานได้ดีในโหมดต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ในโหมดไม่ต่อเนื่องวงจรจะทำงานได้ดีเช่นกันเป็นบางช่วง โครงการนี้จะศึกษา ขอบเขตการทำงานของวงจรในโหมดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง จากการทดลองจะเห็นว่าค่าความถี่ไซเคิลจะมีผลต่อ โหมดการทำงานของวงจร ซึ่งจะขึ้นอยู่กับทฤษฎี

Project Title In addition, this project also studies the condition of continuous and discontinuous mode in Boost converter.

Name Mr. Teerapong Kokerd ID. 46363263
Mr. Teerapong Homparach ID. 46363271

Project Advisor Dr. Somyot Kaitwanidvilai

Major Electrical Engineering.

Department Electrical and Computer Engineering.

Academic Year 2006

ABSTRACT

According to rapidly increase in a number of world populations, world energy demand has been drastically increased from time to time. This results in continuous reduction of energy reservation and resources.

This project studies the condition of continuous and discontinuous mode in Boost converter. In our experiment, the boost converter is controlled by microcontroller. PIC BASIC PRO language is applied for programming. The microcontroller sends out a pulse signal to the circuit to specify the duty cycle.

The adequate operation made of boost converter should be continuous mode. However, discontinuous mode be accurate in some condition. This project studies the boundary of discontinuous mode. Experimental results show that the duty cycle is effected to the mode according to the theoretically.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้จะดำเนินไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณ ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิไล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ คำแนะนำรวมทั้งคำติชมที่กระตุ้นให้คิดอยู่ตลอดเวลาและคำราที่ เป็นประโยชน์ต่อโครงการ ขอขอบคุณ พี่ๆ ปรินญาโททุกท่านที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ อัน เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินโครงการ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและ คอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกให้ยืมอุปกรณ์และห้อง ในการค้นคว้าหาข้อมูลและ จัดทำโครงการ ขอขอบคุณเพื่อนทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาและกำลังใจ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ รายงานโครงการนี้ประสบความสำเร็จ



นายธีรพงษ์ ก่อเกิด
นายธีระพงศ์ สมภาราช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3. ขอบข่ายของโครงการ	1
1.4. วิธีดำเนินการ	1
1.5. แผนการดำเนินงาน	2
1.6. ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.7. งบประมาณที่ใช้	2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทํางาน

2.1 ไค โอคกำลัง	3
2.2 มอสเฟตกำลัง	5
2.3 วงจรทระดับแรงดันหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	6
2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	16
2.5 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์	23

บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการออกแบบและการทดสอบวงจร โดยใช้โปรแกรม Pspice	25
3.2 ขั้นตอนการออกแบบและการทดสอบวงจร โดยการทดลองจริง	27

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์สัญญาณ

4.1 ผลการทดลองจากการจำลองวงจรโดยใช้โปรแกรม Pspice	32
4.2 ผลการทดลองโดยการทดสอบจริง	35
4.3 การวิเคราะห์ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง	45

บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและแนวทางการพัฒนา

5.1 การสรุปผลการทดสอบ	57
5.2 ปัญหาที่พบ	57
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป	57

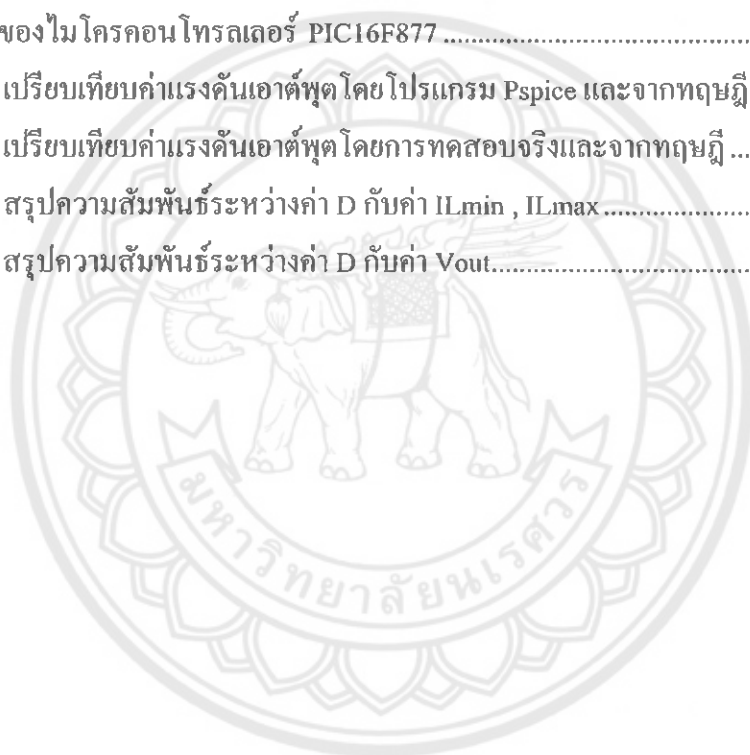
เอกสารอ้างอิง.....	58
--------------------	----

ภาคผนวก	59
---------------	----

ประวัติผู้เขียนโครงการ.....	60
-----------------------------	----

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	อัตราขยายแรงดันของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการปรับค่า D 10
2.2	เปรียบเทียบการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ระหว่างโหมดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่องกับโหมดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบไม่ต่อเนื่อง..... 16
2.3	แสดงชื่อขา ตำแหน่งขา ชนิดของขาและรายละเอียดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 19
4.1	เปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุต โดยโปรแกรม Pspice และจากทฤษฎี..... 34
4.2	เปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุต โดยการทดสอบจริงและจากทฤษฎี 44
4.3	สรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่า D กับค่า I_{Lmin} , I_{Lmax} 55
4.4	สรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่า D กับค่า V_{out} 55



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ไค โอคดกำลัง.....	3
2.2 ไค โอคดขณะหยุดนำกระแส	4
2.3 มอสเฟตกำลัง.....	5
2.4 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	6
2.5 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส	7
2.6 แรงดัน ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ	8
2.7 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส	8
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายแรงดันกับ D	10
2.9 กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ	13
2.10 การทำงานในโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ แบบไม่ต่อเนื่องของวงจรบูสต์ คอนเวอร์เตอร์.....	15
2.11 แสดงชีพที่สามารถทำการ โปรแกรมได้ครั้งเดียว	17
2.12 แสดงชีพที่สามารถเขียน โปรแกรมเข้าไปแล้วสามารถลบได้โดยแสงอัลตราไวโอเล็ต	17
2.13 แสดงชีพที่สามารถอ่านหรือเขียนด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า	17
2.14 แสดงชื่อและตำแหน่งขาของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	19
3.1 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Pspice	26
3.2 การสร้างวงจรขยายสัญญาณพัลส์	28
3.3 Circuit Diagram of Boost Converter	29
3.4 การต่อบอร์ด PIC 16F877 เข้ากับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์	29
3.5 รูปตัวอย่างแบบสัญญาณพัลส์ที่ค่าคิวตี้ ไชเกิล 20 เปอร์เซ็นต์.....	30
3.6 การวัดค่าแรงดันเอาต์พุต ค่าคิวตี้ ไชเกิลและค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ	31
4.1 การวัดค่าต่างๆในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์โดยโปรแกรม Pspice.....	32
4.2 กราฟแสดงค่าแรงดันเอาต์พุตจากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice ที่ค่าคิวตี้ ไชเกิล 0.1-0.9	33
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันเอาต์พุตกับค่าคิวตี้ ไชเกิล	34
4.4 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า D = 0.1.....	35
4.5 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า D = 0.2.....	36

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.3$	37
4.7 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.4$	38
4.8 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.5$	39
4.9 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.6$	40
4.10 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.7$	41
4.11 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.8$	42
4.12 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.9$	43
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันเอาต์พุตกับค่าคิวดีไซเคิล	44
4.14 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.1$	46
4.15 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.2$	47
4.16 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.3$	48
4.17 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.4$	49
4.18 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.5$	50
4.19 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.6$	51
4.20 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.7$	52
4.21 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.8$	53
4.22 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.9$	54
4.23 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันเอาต์พุตกับค่าคิวดีไซเคิล.....	56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

วงจรรูสต์คอนเวอร์เตอร์ เป็นหนึ่งในวงจรแปรผันกำลังไฟฟ้า กระแสตรงเป็นกระแสตรง หรือ ดีซี ทุ ดีซี คอนเวอร์เตอร์ หน้าที่ของวงจรรูสต์คอนเวอร์เตอร์คือ การส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไปยังโหลด โดยที่แรงดันไฟฟ้าด้านออกของวงจรรูสต์คอนเวอร์เตอร์ จะต้องมีค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า โดยอาศัยการทำงานแบบสวิตชิง คุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ, ตัวเก็บประจุเพาเวอร์มอสเฟต, ไดโอด รวมถึงการใช้ความถี่ที่เหมาะสมในการทำงาน

ในโครงการนี้ จะเป็นการศึกษาการทำงานของ วงจรรูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในโหมดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึง ช่วงการทำงานที่เหมาะสมของวงจร ที่มีความเสถียรภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรม และวิเคราะห์การทำงานของ วงจรรูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในโหมดต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่อง รวมถึงช่วงการทำงานที่เหมาะสมของวงจร ที่มีความเสถียรภาพและไม่มีความเสถียรภาพ

1.2.2 สามารถนำโครงการนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ต่อ ในเรื่องของการเปลี่ยนพลังงาน ในงานด้านอื่นๆ ได้

1.3 ขอบข่ายของโครงการ

1.3.1 ออกแบบและทดลองสร้าง วงจรรูสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านออกในสภาวะต่างๆ

1.3.2 ทำการทดลองที่ค่าตัวดีไซ์เลิตต่างๆ เพื่อหาช่วงที่วงจรมีความเสถียรภาพ

1.4 วิธีดำเนินการ

1.4.1 ศึกษาข้อมูล คุณลักษณะและองค์ประกอบของโครงการ

1.4.2 ออกแบบและทำการสร้างวงจรรูสต์คอนเวอร์เตอร์

1.4.3 ทดสอบการทำงานและเปรียบเทียบผลในสภาวะต่างๆ

1.4.4 วิเคราะห์ปัญหาและหาทางแก้ไขปัญหา

1.4.5 สรุปผลการทดลองแล้วจัดทำรูปเล่มโครงการ

1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ปี 2548		ปี 2549				
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและทำการ ออกแบบวงจรบอร์ดคอนเวอเตอร์	←	→					
2. สร้างวงจรและเขียน โปรแกรมควบคุมการทำงาน		←	→				
3. ทำการทดลองพร้อมบันทึกผล				←	→		
4. สรุปผลการทดลองพร้อมจัดทำ รูปเล่มโครงการ						←	→

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 เข้าใจถึงหลักการทำงานของ วงจรบอร์ดคอนเวอเตอร์
- 1.5.2 สามารถออกแบบ วงจรบอร์ดคอนเวอเตอร์ ที่มีความเสถียรภาพและนำไปใช้งานได้
ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.5.3 นำความรู้ที่ได้จากการทำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้กับ โครงการอื่นๆ ได้

1.7 งบประมาณที่ใช้

ค่าวัสดุอุปกรณ์ 2,000 บาท (สองพันบาทถ้วน)

บทที่ 2

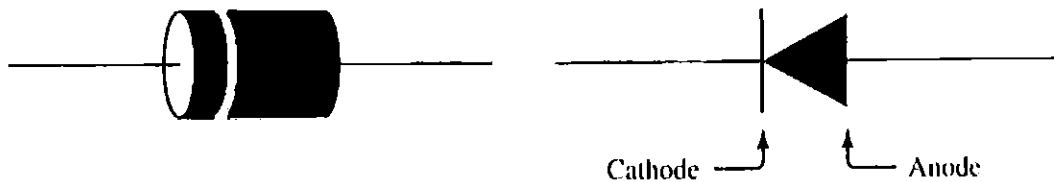
ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 ไดโอดกำลัง (Power Diode)

ไดโอดกำลังเป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ที่ง่ายที่สุด เป็นไดโอดที่ออกแบบให้บริเวณรอยต่อมีช่วงกว้างมากกว่าไดโอดทั่วไป เพื่อนำไปใช้กับงานที่มีกำลังและกระแสไฟฟ้าสูงๆ เมื่อไดโอดถูกไบอัสไปข้างหน้า (forward biased) ไดโอดจะนำกระแสโดยมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเล็กน้อยระดับหนึ่งโวลต์ และเมื่อไดโอดถูกไบอัสย้อนกลับ (reverse biased) จะมีกระแสไฟฟ้ารั่วขนาดน้อยมาก จนอาจถือว่าไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวไดโอดจนกระทั่งถึงจุดแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ย้อนกลับ (reverse breakdown voltage) ซึ่งในทางปฏิบัติจะต้องออกแบบให้ไดโอดกำลังไม่ทำงานจนถึงจุดแรงดันไฟฟ้าเบรกดาวน์ย้อนกลับเพื่อความปลอดภัย ไดโอดประกอบด้วยขั้ว 2 ขั้ว มีชื่อเรียกว่า แอโนด และ แคโทด โดยมีสัญลักษณ์แสดงในรูปที่ 2.1 (ข)



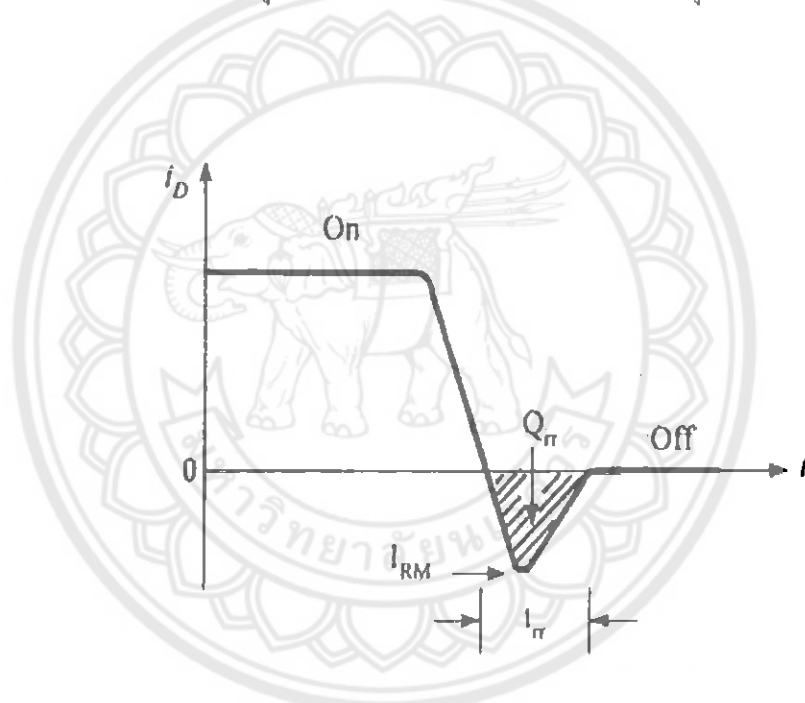
(ก)



(ข)

รูปที่ 2.1 (ก) รูปทั่วไปของไดโอดกำลัง (ข) รูปลักษณะ และ สัญลักษณ์ ของไดโอด

เมื่อไดโอดเริ่มนำกระแส อาจพิจารณาได้ว่าเป็นการสวิตช์ซึ่งในอุดมคติ เพราะว่าช่วงเวลานำกระแส (turn-on time) จะเร็วมาก เมื่อเทียบกับช่วงเวลาภาวะชั่วคราว (transient) ในวงจรกำลัง แต่ในช่วงเวลาเริ่มหยุดนำกระแส (turn-off time) จะมีกระแสไดโอดย้อนกลับในช่วงเวลาฟื้นตัวย้อนกลับ (reverse recovery time) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ก่อนที่จะกลับสู่ศูนย์ โดยกระแสฟื้นตัวย้อนกลับ (ค่าเป็นลบ) จะกวาดล้างประจุในไดโอดให้หมดไป และเพื่อป้องกันแรงดันไฟฟ้าย้อนกลับได้ กระแสฟื้นตัวย้อนกลับจะมีผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเกิน (overvoltage) ในวงจรที่มีความเป็นตัวเหนี่ยวนำ วงจรส่วนใหญ่ค่ากระแสฟื้นตัวย้อนกลับจะไม่ค่อยมีผลต่อคุณลักษณะด้านเข้าและด้านออกของตัวแปลงกำลัง ดังนั้นไดโอดจะถูกพิจารณาเสมือนเป็นอุดมคติ ในช่วงขณะไม่นำกระแส และถ้าหากจะแบ่งชนิดของไดโอดออกตามความต้องการในการประยุกต์ใช้งาน จะแบ่งออกได้เป็นสามกลุ่มด้วยกัน คือ



รูปที่ 2.2 ไดโอดขณะหยุดนำกระแส

1. แบบใช้งานทั่วไป (Standard Diodes) ไดโอดแบบใช้งานทั่วไป แบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ประเภท คือแบบ ดิสก์ (Disk Type) และแบบมีส่วนยื่นหรือแบบ สตั๊ด (Stud Type)
2. ไดโอดแบบฟื้นตัวเร็ว (Fast Recovery Diodes) ไดโอดแบบฟื้นตัวเร็ว มีช่วงเวลาในการฟื้นตัวย้อนกลับระหว่าง 0.1 ถึง 5 ms ใช้มากในการเปิด-ปิดสะพานไฟหรือในการสวิตช์ความถี่สูงของการแปลงผันกำลังไฟฟ้า
3. ไดโอดแบบชอททกกี (Schottky Diodes) เป็นไดโอดที่มีแรงดันในการเปิด (On-state Voltage) ต่ำและเวลาในการฟื้นตัวย้อนกลับต่ำมาก ส่วนใหญ่ใช้เวลาเป็น ns

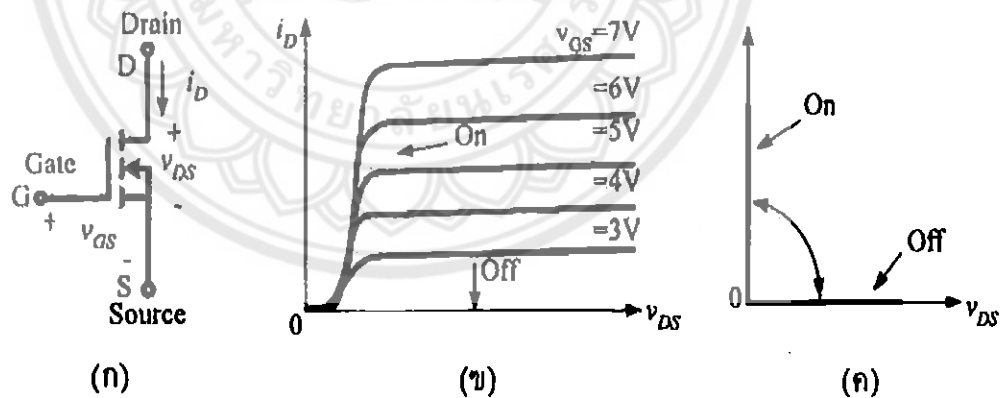
2.2 มอสเฟตกำลัง (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor)

มอสเฟตกำลัง (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor: MOSFET) ที่ใช้ในอิเล็กทรอนิกส์กำลัง กรณีมอสเฟตชนิดเอ็นแชนเนล (N-channel) ในรูปที่ 2.3 (ก) - (ค) โดยจะแสดงถึงสัญลักษณ์ของมอสเฟตกำลัง คุณลักษณะของกระแสและแรงดันไฟฟ้าขณะสภาวะอยู่ตัวและคุณลักษณะของกระแสและแรงดันไฟฟ้าในอุดมคติตามลำดับ

เมื่อต้องการให้มอสเฟตกำลังนำกระแสอย่างต่อเนื่อง จะต้องมีการป้อนแรงดันไฟฟ้าระหว่างขาเกตกับขาซอส อย่างต่อเนื่อง ช่วงเวลาการสวิตซ์ซิงของมอสเฟตกำลังจะมีค่าอยู่ระหว่างหลักสิบของนาโนวินาทีถึงหลักร้อยนาโนวินาทีซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดพิกัดของมอสเฟตกำลัง

ความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอส จะขึ้นอยู่กับพิกัดการทำงานของแรงดันไฟฟ้า หากทนแรงดันไฟฟ้าได้สูงก็ยิ่งทำให้ค่าความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอสมีค่ามากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อกำลังสูญเสียจากการนำกระแส (conduction losses)

ความต้านทานระหว่างขาเดรนกับขาซอสของมอสเฟตกำลัง จะมีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นบวก คือเมื่ออุณหภูมิมากขึ้นความต้านทานก็จะมากขึ้น มอสเฟตกำลังจะสามารถนำมาต่อขนานกันได้ง่ายหากต้องการใช้งานที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูงขึ้น ทั้งนี้มอสเฟตกำลังจะต้องมีคุณสมบัติต่างๆ เหมือนกันมากที่สุดจึงจะสามารถนำมาต่อขนานกันได้



รูปที่ 2.3 มอสเฟตกำลัง (ก) สัญลักษณ์ (ข) คุณลักษณะของกระแสและแรงดันไฟฟ้า
(ค) คุณลักษณะในอุดมคติ

ในปัจจุบันมอสเฟตกำลังมีค่าพิกัดการทำงานของแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่า 1000 โวลต์ แต่มีพิกัดกระแสไฟฟ้าได้ไม่เกิน 100 แอมแปร์ แต่จุดเด่นที่สุดของมอสเฟตกำลังคือการมีความถี่ของการสวิตซ์มีค่ามากถึงหลักหลายร้อยกิโลเฮิรตซ์

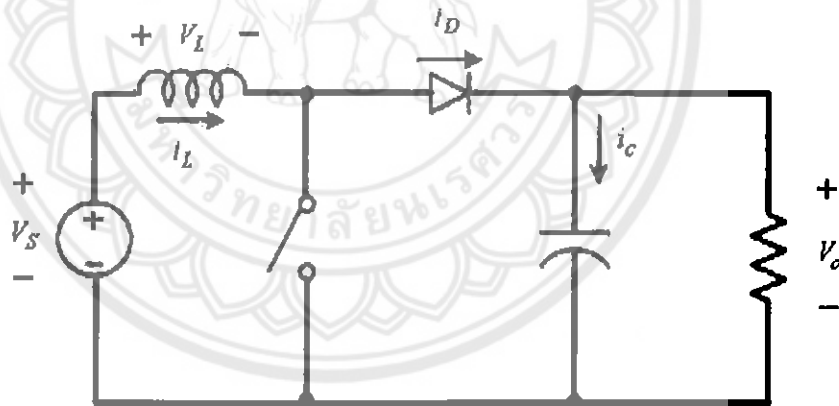
2.3 วงจรทบทระดับแรงดันไฟฟ้าหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

วงจรทบทระดับหรือวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ คือวงจรที่ทำการเพิ่มระดับแรงดันไฟฟ้าด้านออกให้สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า

2.3.1 เงื่อนไขการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ในช่วงสภาวะอยู่ตัว จะมีการกำหนดเงื่อนไขในการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์เพื่อให้่ายต่อการวิเคราะห์ดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ณ ตำแหน่งเดียวกันในคาบเวลา จะมีค่าเท่ากันและมีค่าเป็นบวกเสมอ
2. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกรวมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะเท่ากับศูนย์ หมายถึงผลรวมของผลคูณระหว่างแรงดันไฟฟ้ตกรวมตัวเหนี่ยวนำกับเวลาในแต่ละคาบจะเท่ากับศูนย์
3. ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่ทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกมีค่าคงที่
4. กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับกำลังไฟฟ้าด้านออก กรณีนี้ไม่คำนึงถึงการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของวงจร โดยกำหนดให้อุปกรณ์ทุกตัวเป็นอุดมคติ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของวงจรเป็นหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์



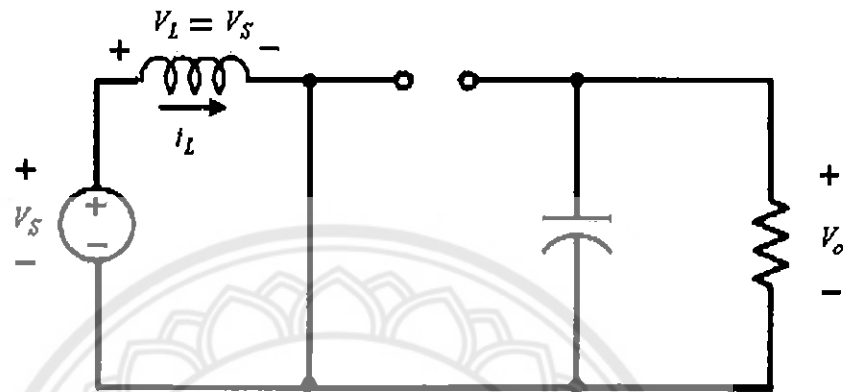
รูปที่ 2.4 วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

2.3.2 หลักการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

หลักการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกตามต้องการ จะเริ่มต้นจากข้อกำหนดที่ว่า แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกรวมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะเท่ากับศูนย์ และสามารถหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้โดยวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมด ทั้งนี้การทำงานต้องอยู่ในช่วงสภาวะอยู่ตัวดังนี้

2.3.2.1 ขณะสวิตช์นำกระแส

กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจะไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ โดยผ่านสวิตช์ ขณะเดียวกันไดโอดจะถูกไปอัสซ็อนกลับทำให้ไม่สามารถนำกระแสได้ดังแสดงในรูปที่ 2.5 จากกฎของเคอร์ชอฟฟ์จะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าดังนี้



รูปที่ 2.5 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์นำกระแส

$$-V_s + v_L = 0 \quad (2.1)$$

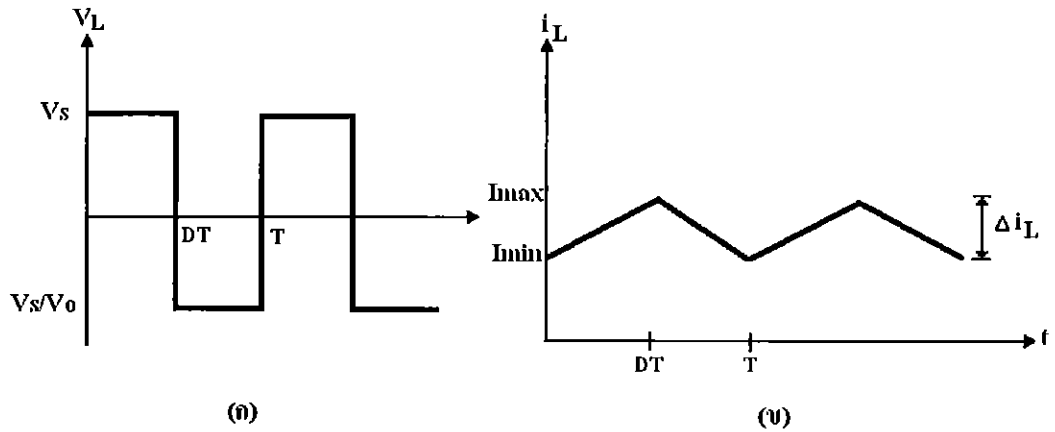
$$v_L = V_s = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.2)$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_s}{L}$$

ขณะที่สวิตช์นำกระแส $d_t = DT$ เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสคงที่ อาจจะถือว่าการเพิ่มของกระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น ทำให้สามารถคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำขณะสวิตช์นำกระแสได้เป็น

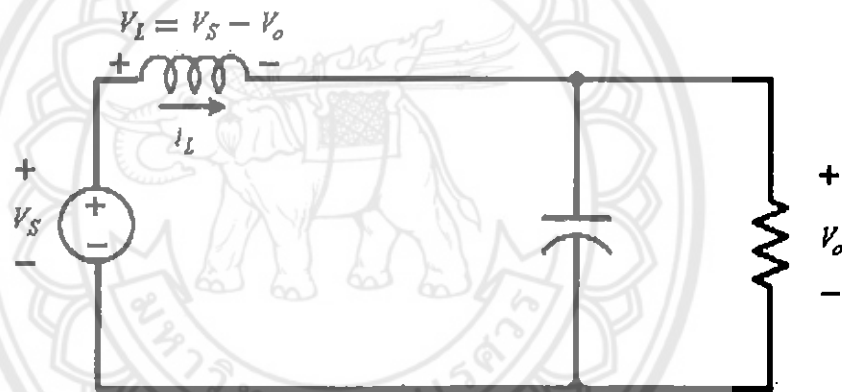
$$\frac{\Delta i_L}{\Delta t} = \frac{\Delta i_L}{DT} = \frac{V_s}{L} \quad (2.3)$$

$$\Delta i_{L,on} = \frac{V_s DT}{L} \quad (2.4)$$



รูปที่ 2.6 (ก) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ (ข) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ

2.3.2.2 ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส



รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส

เมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส กระแสไฟฟ้าในตัวเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดไม่ได้ ไดโอดจะถูกไบอัสไปข้างหน้าให้นำกระแส ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำอย่างต่อเนื่อง สมมติแรงดันไฟฟ้าที่ด้านออกมีค่าคงที่ จากกฎของเคอร์ชอฟจะได้สมการของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำดังนี้

$$-V_s + v_L + V_o = 0 \quad (2.5)$$

$$v_L = V_s - V_o$$

$$v_L = L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_S - V_O}{L} \quad (2.6)$$

ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส $dt = (1-D)T$ อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าคงที่ และจะถือว่าการลดลงของกระแสเป็นเชิงเส้นดังรูปที่ 2.6 (ข) ทำให้สามารถคำนวณได้จาก

$$\Delta i_{L,off} = \left(\frac{V_S - V_O}{L} \right) (1-D)T \quad (2.7)$$

ที่สภาวะอยู่ตัว การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสุทธิมีค่าเท่ากับ ศูนย์ จากสมการที่ (2.4) และสมการที่ (2.7) จะได้ว่า

$$\Delta i_{L,on} + \Delta i_{L,off} = 0 \quad (2.8)$$

$$\left(\frac{V_S}{L} \right) DT + \frac{(V_S - V_O)(1-D)T}{L} = 0 \quad (2.9)$$

$$V_S D + (V_S - V_O)(1-D) = 0$$

$$V_S D + V_S - V_S D - V_O + V_O D = 0$$

$$V_S - V_O(1-D) = 0$$

$$\frac{V_O}{V_S} = \frac{1}{1-D} \quad (2.10)$$

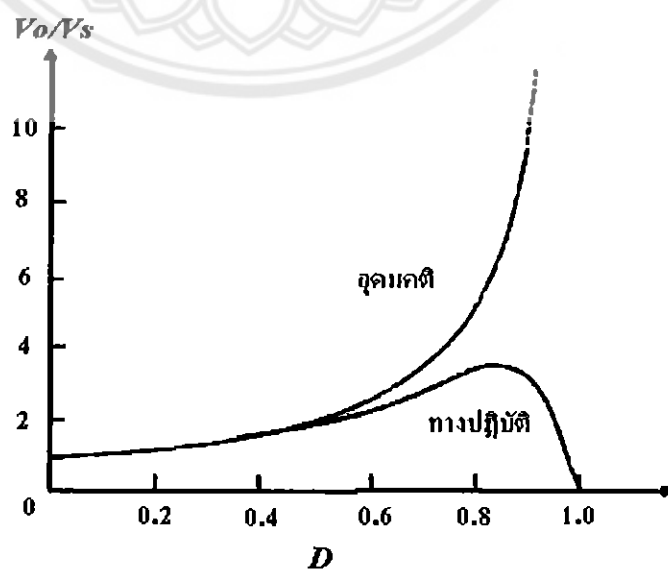
จากการหาความสัมพันธ์ ของอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าที่เรียกว่า “อัตราการขยายแรงดัน” ยังสามารถหาได้จากการใช้สมการแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดรอบตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบซึ่งจะมีค่าเท่ากับศูนย์ และได้ผลเช่นเดียวกับสมการ ที่ (2.10)

ทำให้สามารถคำนวณค่าอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้าด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าได้จากการปรับค่า D ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อัตราขยายแรงดันของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์เมื่อมีการปรับค่า D

Duty ratio (D)	อัตราขยายแรงดัน (Voltage gain) (V_o/V_s)
0.0	1.00
0.1	1.10
0.2	1.25
0.3	1.43
0.4	1.67
0.5	2.00
0.6	2.50
0.7	3.33
0.8	5
0.9	10
1.0	Infinity

จากกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.8 เมื่อค่า D เพิ่มขึ้นค่าอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นแบบไม่เป็นเชิงเส้น ในทางปฏิบัตินิยมปรับอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 4 เท่า ทั้งนี้เพื่อให้วงจรมีความเสถียรภาพ โดยอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าขั้นต่ำสุดคือหนึ่งหรือแรงดันไฟฟ้าด้านออกเท่ากับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าในทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติแรงดันไฟฟ้าด้านออกจะน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าเล็กน้อย เนื่องจากมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไดโอด และตัวอุปกรณ์สวิตช์



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายแรงดันกับ D

2.3.3 การหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุดของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์

สมมติการสูญเสียภายในวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์มีค่าเท่ากับศูนย์ กำลังไฟฟ้าที่ออกจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงจะเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่โหลดได้รับ เงื่อนไขนี้จะได้

$$P_S = P_O = \frac{V_O^2}{R} \quad (2.11)$$

$$P_S = V_S I_S = V_S I_L \quad (2.12)$$

$$V_S I_L = \frac{V_O^2}{R}$$

$$V_O = \frac{V_S}{1-D}$$

$$V_S I_L = \frac{\left(\frac{V_S}{1-D}\right)^2}{R}$$

$$I_L = \frac{V_S}{(1-D)^2 R}$$

(2.13)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุดและต่ำสุด หาได้จากค่าเฉลี่ยและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในช่วงเวลาที่สวิตช์นำกระแส ดังในสมการที่ (2.4)

$$\Delta i_{L,on} = \frac{V_S D T}{L}$$

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุดและต่ำสุดคือ

$$I_{L,max} = i_L + \frac{\Delta i_L}{2}$$

$$I_{L,max} = \frac{V_S}{(1-D)^2 R} + \frac{1}{2} \left(\frac{V_S D T}{L} \right)$$

(2.14)

$$I_{L,\min} = \frac{V_S}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_S D T}{L} \right) \quad (2.15)$$

สมมุติให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเป็นแบบต่อเนื่องและมีค่าเป็นบวก ดังนั้นจะหาค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุด ที่ทำให้วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ทำงานได้ในขอบเขตระหว่างโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ได้จากการกำหนดให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็นศูนย์ดังสมการที่ (2.16)

$$I_{L,\min} = \frac{V_S}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_S D T}{L} \right) = 0 \quad (2.16)$$

$$\frac{V_S}{(1-D)^2 R} = \frac{1}{2} \left(\frac{V_S D T}{L} \right)$$

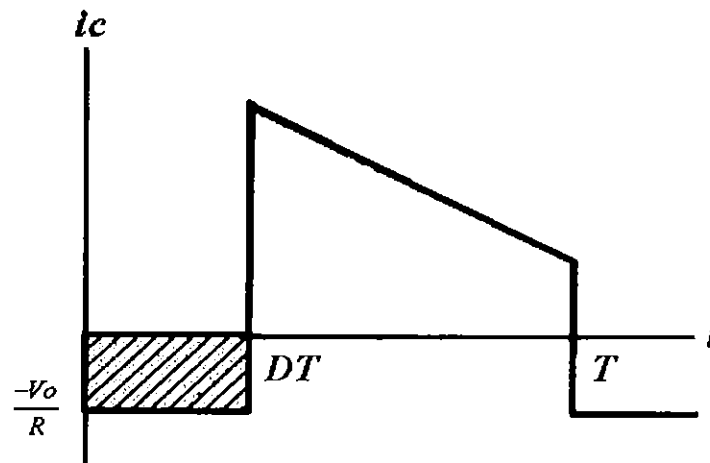
$$L_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (2.17)$$

ดังนั้น การปรับค่าความเหนี่ยวนำที่เล็กที่สุด สามารถทำได้โดยการปรับที่ค่า D หรือค่าความต้านทานโหลด R หรือค่าความถี่สวิตซ์ f

2.3.4 ค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก

การที่มีตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะสามารถรักษาให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกคงที่ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่มาๆ ได้เนื่องจากมีราคาแพงและใช้พื้นที่มาก จึงเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดเหมาะสม และค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออกอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

การคำนวณหาค่าระลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออกจากขอดถึงขอด สามารถหาได้จากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 กระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ

$$|\Delta Q| = C \Delta V_o = I_o \Delta t_{ON} \quad (2.18)$$

$$I_o = \frac{V_o}{R}$$

$$\Delta t_{ON} = DT$$

$$\Delta V_o = \frac{I_o \Delta t_{ON}}{C} = \frac{V_o DT}{RC}$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{DT}{RC} \quad (2.19)$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf} \quad (2.20)$$

เมื่อต้องการจะลดอัตราะลอกคลื่นของแรงดันไฟฟ้าด้านออก จะทำได้โดยการลดค่า D ให้เข้าใกล้ศูนย์ หรือการเพิ่มค่า โหลด หรือเพิ่มค่าของตัวเก็บประจุหรือเพิ่มค่าความถี่ในการสวิตซ์ให้สูงขึ้น

2.3.5 การทำงานในโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบไม่ต่อเนื่องของ วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์

วงจร บัสต์คอนเวอร์เตอร์ ที่ทำงานในโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ แบบไม่ต่อเนื่อง จะปรับค่าแรงดันไฟฟ้าด้านออก ได้เสถียรมากกว่าในโหมดกระแสไฟฟ้าต่อเนื่อง โดยมีหลักการ ความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าด้านออกต่อแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า หาได้จากแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของตัวเหนี่ยวนำตลอดคาบ มีค่าเป็นศูนย์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ไหลในไดโอด จะมีค่าเท่ากับ กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ไหล ดังแสดงใน รูปที่ 2.10

กระแสไฟฟ้าที่ไหลในไดโอด จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ ขณะทำงานในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

ในช่วงการทำงาน ขณะสวิตช์นำกระแส แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายกำลัง V_S และในช่วงการทำงาน ขณะสวิตช์ไม่นำกระแส แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ จะเท่ากับ แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายกำลัง ลบด้วย แรงดันไฟฟ้าด้านออก $V_S - V_O$ จะได้

$$(V_S)(DT) + (V_S - V_O)(D_1)T = 0 \quad (2.21)$$

$$\frac{V_O}{V_S} = \left(\frac{D + D_1}{D_1} \right) \quad (2.22)$$

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่ไหลในไดโอดจะมีค่า เท่ากับ

$$I_D = \frac{1}{T} \left(\frac{1}{2} I_{L,\max} D_1 T \right) = \frac{1}{2} I_{L,\max} D_1 \quad (2.23)$$

$I_{L,\max}$ จะมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเมื่อสวิตช์นำกระแส

$$I_{L,\max} = \Delta i_L = \frac{V_S DT}{L} \quad (2.24)$$

แทนค่า $I_{L,\max}$ ลงในสมการที่ (2.23) และกำหนดให้กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหล

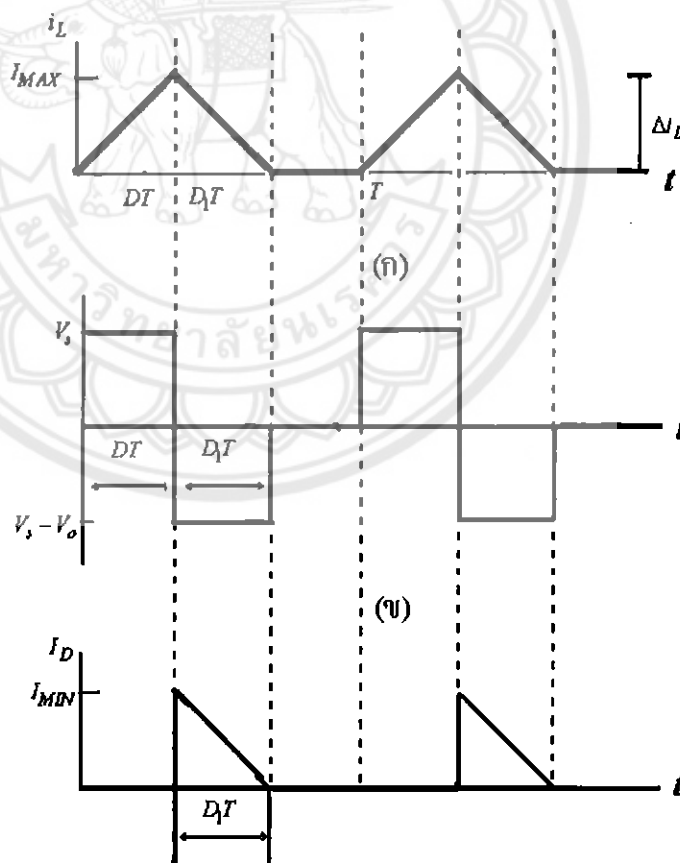
$$\frac{V_O}{R} = I_D = \frac{1}{2} \left(\frac{V_S DT}{L} \right) D_1 \quad (2.25)$$

$$D_1 = \left(\frac{V_O}{V_S} \right) \left(\frac{2L}{RDT} \right) \quad (2.26)$$

แทนค่า D_1 ในสมการที่ (2.22) และจัดให้อยู่ในรูปยกกำลังสองจะได้

$$\left(\frac{V_O}{V_S} \right)^2 - \left(\frac{V_O}{V_S} \right) - \frac{D^2 R}{2Lf} = 0 \quad (2.27)$$

$$\frac{V_O}{V_S} = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2D^2 R}{Lf}} \right) \quad (2.28)$$



รูปที่ 2.10 การทำงานในโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบไม่ต่อเนื่องของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

จะได้ “อัตราขยายแรงดันไฟฟ้า” ของวงจรมุสค์คอนเวอร์เตอร์ เมื่อทำงานในโหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบไม่ต่อเนื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อค่า D_1 คือ ค่าควิตซ์ไชเกิด ค่าความเหนี่ยวนำ ค่าความถี่สวิตช์ และโหลดความต้านทาน เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราขยายแรงดันของวงจรมุสค์คอนเวอร์เตอร์ จากการทำงานของโหมดกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องกับ โหมดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบไม่ต่อเนื่อง จะได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบการทำงานของวงจรมุสค์คอนเวอร์เตอร์ระหว่างโหมดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่องกับโหมดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบไม่ต่อเนื่อง

วงจรมุสค์คอนเวอร์เตอร์ อัตราขยายแรงดัน	วงจรมุสค์คอนเวอร์เตอร์โหมด กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัว เหนี่ยวนำแบบต่อเนื่อง	วงจรมุสค์คอนเวอร์เตอร์โหมด กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัว เหนี่ยวนำแบบไม่ต่อเนื่อง
อัตราขยายแรงดัน $\left(\frac{V_o}{V_s}\right)$	$\frac{1}{1-D}$	$\frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2D^2R}{Lf}}\right)$

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนารวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุต และเอาต์พุต บางส่วนเข้าไปในไอซีตัวเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม และวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิทัล เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้งานคือ MCS51, PIC และ AVR เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC สามารถแบ่งออกตามชนิดของ PROGRAM MEMORY ได้ 3 แบบ คือ

1. OTP เป็นชิพที่สามารถทำการ โปรแกรมได้แค่ครั้งเดียวเท่านั้นดังแสดงไว้ใน รูปที่ 2.11 หลังจากชิพได้ถูก โปรแกรมไปแล้วจะไม่สามารถโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้อีก ดังนั้น ชิพประเภทนี้จะนิยมใช้หลังจากได้พัฒนาโปรแกรมจนกระทั่งแก้ไขจุดบกพร่องต่างๆ ในโปรแกรมแล้ว จะมีตัวอักษร C แสดงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น -16C84 และ 16C74 เป็นต้น



40-LEAD PDIP
'P' OR 'PL'

รูปที่ 2.11 แสดงชิพที่สามารถทำการ โปรแกรมได้ครั้งเดียว

2. EPROM เป็นชิพที่สามารถเขียน โปรแกรมเข้าไปแล้วสามารถเขียนโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้ด้วยการลบ โปรแกรมเดิม โดยให้แสงอัลตราไวโอเลต ส่องผ่านเข้าไปยังชิพ ประมาณ 5-10 นาที ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 2.12 ดังนั้น ที่ด้านบนของชิพจะมีกรอบกระจก เพื่อให้แสงอัลตราไวโอเลต สามารถส่องผ่านเข้าไปในตัวชิพได้ แต่ก็มีจำนวนครั้งในการลบโปรแกรม เมื่อลบโปรแกรมด้วยแสงอัลตราไวโอเลตมากๆ จะเกิดอาการค่านทำให้ไม่สามารถโปรแกรมได้อีก จะมีตัวอักษร JW แสดงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือมีกรอบกระจกอยู่บนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์



40-LEAD CERDIP
'JW'

รูปที่ 2.12 แสดงชิพที่สามารถเขียน โปรแกรมเข้าไปแล้วสามารถลบได้โดยแสงอัลตราไวโอเลต

3. EEPROM / Flash เป็นชิพที่สามารถอ่านหรือเขียนด้วยสัญญาณทางไฟฟ้าดังแสดงไว้ใน รูปที่ 2.13 ใช้เวลาในการลบข้อมูลไม่กี่วินาที และสามารถลบและเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง มีตัวอักษร F แสดงบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น 16F84 และ 16F877 เป็นต้น



40-LEAD PDIP
'P' OR 'PL'

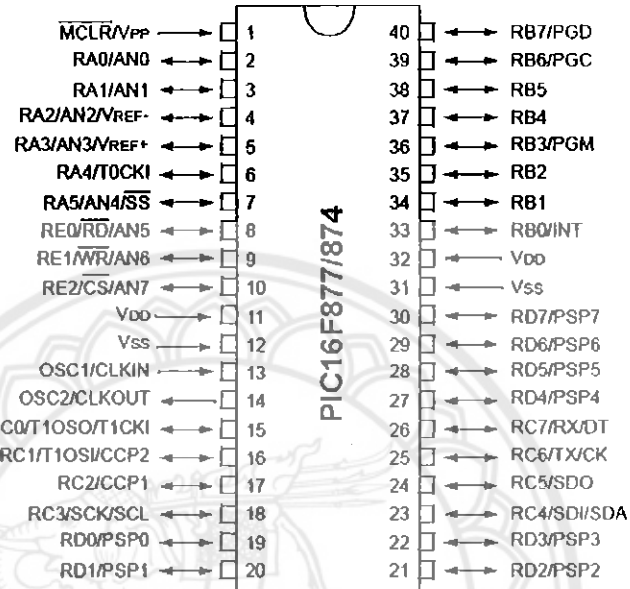
รูปที่ 2.13 แสดงชิพที่สามารถอ่านหรือเขียนด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

- ซีพียูเป็นแบบ RISC (Reduced Instruction-Set Computer) มีคำสั่งใช้งาน 35 คำสั่ง
- สามารถกระทำคำสั่งโดยใช้สัญญาณเพียงหนึ่งลูก ยกเว้นคำสั่งการกระโดด
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา ตั้งแต่ไฟตรงถึง 20 MHz
- หน่วยความจำโปรแกรม 8 กิโลเวิร์ด
- หน่วยความจำข้อมูลแรมหรืออีจีทีแรม 368 ไบต์
- ขนาดหน่วยความจำข้อมูลอีพีแรม 256 ไบต์
- มีสแต็ก 8 ระดับ
- มีวงจรเพาเวอร์ออนรีเซต (POR)
- มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ (PWRT) และออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทเมอร์ (OST)
- มีวงจรวอตช์ด็อก ไทเมอร์ (WDT) ที่มีวงจรออสซิลเลเตอร์ในตัว
- เลือกป้องกันข้อมูลทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลสามารถระคับการป้องกันได้
- มีโหมดประหยัดพลังงาน
- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน +5V ได้
- แก้ไขข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรมด้วยกระบวนการ ICD (In-circuit Debugger) ผ่านทางพอร์ตเพียง 2 ขา
- ซีพียูสามารถอ่านและเขียนหน่วยความจำโปรแกรมได้
- ไฟเลี้ยง +2 ถึง +5.5V
- กระแสซิงก์และซอร์สของพอร์ต 25 mA
- การใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีไม่ขับโหลดน้อยกว่า 2 mA ที่ไฟเลี้ยง +5V และสัญญาณนาฬิกา 4 MHz , 20 μ A ที่ไฟเลี้ยง +3V และสัญญาณนาฬิกา 32 kHz , น้อยกว่า 1 μ A ในโหมดประหยัดพลังงานหรือสแตนด์บาย
- มีวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล 10 บิต
- มีวงจรเชื่อมต่ออุปกรณ์อนุกรมทั้ง SPI และบัส I²C
- มีวงจรสื่อสารข้อมูลอนุกรม (USART) พร้อมการตรวจจับแอดเดรส 9 บิต
- มีวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยง (บราวเอาต์ดีเทกชัน : Brown-out detection) เพื่อการรีเซตซีพียู หรือเรียกว่า บราวเอาต์รีเซต (Brown-out reset : BOR)
- มีโมดูล CCP 2 ชุด โดยส่วนตรวจจับสัญญาณหรือแคปเจอร์ (Capture) มีขนาด 16 บิต ความละเอียดสูงสุด 12.5 นาโนวินาที ส่วนเปรียบเทียบสัญญาณ (Compare) มีขนาด 16 บิต ความละเอียดสูงสุด 200 นาโนวินาที วงจร PWM มีความละเอียดสูงสุด 10 บิต

- ไทเมอร์ 3 ตัว คือ ไทเมอร์ 0 ขนาด 8 บิต มีปริสเกลเลอร์ขนาด 8 บิตในตัว, ไทเมอร์ 1 ขนาด 16 บิต พร้อมปริสเกลเลอร์ และ ไทเมอร์ 2 ขนาด 8 บิต มีปริสเกลเลอร์, โพลสต์สเกลเลอร์ และรีจิสเตอร์คาบเวลา (period register) ขนาด 8 บิต

PDIP



รูปที่ 2.14 แสดงชื่อและตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ตารางที่ 2.3 แสดงชื่อขา ตำแหน่งขา ชนิดของขา และรายละเอียดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ชื่อขา	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	รายละเอียดการทำงาน
OSC1/CLKIN	13	อินพุต	- ขาต่อคริสตอล / รับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
OSC2/CLKOUT	14	เอาต์พุต	- ขาต่อคริสตอล / ในโหมด RC เป็นขาเอาต์พุตสัญญาณนาฬิกาความถี่ 1/4 ของสัญญาณที่ขา OSC1
MCLR/Vpp	1	อินพุต	- ขารับสัญญาณรีเซ็ตหลักทำงานที่ลอจิก "0" - ขารับแรงดัน โปรแกรม
RA0/AN0	2	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต์ RA0 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลช่อง 0

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) แสดงชื่อขา ตำแหน่งขา ชนิดของขา และรายละเอียดการทำงานของ
ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ชื่อขา	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	รายละเอียดการทำงาน
RA1/AN1	3	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RA1 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 1
RA2/AN2/V _{REF} -	4	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RA2 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 2 - อินพุตแรงดันอ้างอิงลบของวงจรแปลงสัญญาณ อะนาลอกเป็นดิจิตอล
RA3/AN3/V _{REF} +	5	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RA3 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 3 - อินพุตแรงดันอ้างอิงบวกของวงจรแปลงสัญญาณ อะนาลอกเป็นดิจิตอล
RA4/T0CKI	6	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RA4 - อินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทเมอร์ 0
RA5/AN4/SS	7	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RA5 - อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ช่อง 4 - ขาสัญญาณ Slave Select ใช้ในการสื่อสารข้อมูล อนุกรมแบบซิงโครนัส
RB0/INT	33	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RB0 - อินพุตรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก
RB1	34	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RB1
RB2	35	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RB2
RB3/PGM	36	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RB3 - อินพุตรับแรงดันโปรแกรมค่าถ้าเอ็นเอเบิลไว้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) แสดงชื่อขา ตำแหน่งขา ชนิดของขา และรายละเอียดการทำงานของ
ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ชื่อขา	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	รายละเอียดการทำงาน
RB4	37	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RB4
RB5	38	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RB5
RB6/PGC	39	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RB6 - ขาสัญญาณนาฬิกาของการดีบั๊กในวงจร
RB7/PGD	40	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RB7 - ขาสัญญาณนาฬิกาของการดีบั๊กในวงจร
RC0/T1OSO/ TICK1	15	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RB7 - เอาต์พุตวงจรออสซิลเลเตอร์ของไทมเมอร์ 1 - อินพุตสัญญาณนาฬิกาของไทมเมอร์ 1
RC1/T1OSI/ CCP2	16	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RC1 - อินพุตวงจรออสซิลเลเตอร์ของไทมเมอร์ 1 - อินพุตวงจรแคปเจอร์/เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบ/ เอาต์พุต PWM สำหรับ โมดูล CCP2
RC2/CPPI	17	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RC2 - อินพุตวงจรแคปเจอร์/เอาต์พุตวงจรเปรียบเทียบ/ เอาต์พุต PWM สำหรับ โมดูล CCP1
RC3/SCK/SCL	18	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RC3 - ขาสัญญาณนาฬิกาของวงจร SPI และระบบบัส I ² C
RC4/SDI/SDA	23	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RC4 - ขาข้อมูลอินพุตวงจร SPI - ขาข้อมูลอนุกรมของระบบบัส I ² C
RC5/SDO	24	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RC5 - ขาข้อมูลเอาต์พุตวงจร SPI
RC6/TX/CK	25	อินพุต/ เอาต์พุต	- ขาพอร์ต RC6 - ขาเอาต์พุตวงจร USART สำหรับเชื่อมต่อพอร์ต อนุกรม

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) แสดงชื่อขา ตำแหน่งขา ชนิดของขา และรายละเอียดการทำงานของ
ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ชื่อขา	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	รายละเอียดการทำงาน
RC7/RX/DT	26	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RC7 -ขาอินพุตวงจร USART สำหรับเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม
RD0/PSP0	19	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RD0 -ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 0
RD1/PSP1	20	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RD1 -ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 1
RD2/PSP2	21	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RD2 -ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 2
RD3/PSP3	22	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RD3 -ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 3
RD4/PSP4	27	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RD4 -ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 4
RD5/PSP5	28	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RD5 -ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 5
RD6/PSP6	29	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RD6 -ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 6
RD7/PSP7	30	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RD7 -ขาขยายพอร์ตแบบขนานบิต 7
RE0/RD/AN5	8	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RE0 -อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลช่อง 5 -ขาสัญญาณ RD ส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน
RE1/WR/AN6	9	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RE1 -อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลช่อง 6 -ขาสัญญาณ WR ส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) แสดงชื่อขา ตำแหน่งขา ชนิดของขา และรายละเอียดการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ชื่อขา	ตำแหน่งขา	ชนิดของขา	รายละเอียดการทำงาน
RE2/CS/AN7	10	อินพุต/ เอาต์พุต	-ขาพอร์ต RE2 -อินพุตวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ช่อง 7 -ขาสัญญาณ CS _n ส่วนขยายพอร์ตแบบขนาน
V _{DD}	11,32	อินพุต	-ขาต่อไฟเลี้ยง ใช้ได้ตั้งแต่ +2 ถึง +5.5V
V _{SS}	12,31	อินพุต	-ขาต่อกราวด์

2.5 การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

รูปแบบการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งได้ 3 แบบ คือ

- เขียนด้วยภาษา Assembly แบบ ไฟล์เดี่ยว หลังจากนั้นจะทำการคอมไพล์ด้วย Assembler ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น โดยไฟล์ที่ได้มา มีได้หลายชนิดแต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Hex file
- ใช้ภาษา Assembly แต่แบ่งเป็นหลายๆ ไฟล์ หลังจากนั้นจะทำการคอมไพล์ แต่ละไฟล์ ให้ออกมาเป็น Object files และทำการรวมกันด้วย Linker ในขณะที่ทำการ link ก็จะมี script file ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้นประกอบ หลังจากทำการ Link แล้ว ไฟล์ที่ได้จะอยู่ในรูป Hex file
- การเขียนด้วยภาษาสูง โดยทั่วไปภาษาที่ใช้เขียนจะเป็นภาษา C หรือภาษา Basic เป็นต้น ซึ่งอาจจะเขียนร่วมกับภาษา Assembly โดยไฟล์ที่เขียนจะถูกทำให้กลายเป็น Object files โดย Assembler สำหรับภาษา Assembly และคอมไพล์ โดยตัวคอมไพล์สำหรับภาษาสูง จากนั้นก็ทำการ Link เข้าด้วยกันด้วย Linker ซึ่งขณะทำการ Link ก็จะมีการรวมเอา Library ที่ถูกเรียกใช้ในโปรแกรมเข้าไปรวมด้วยกัน สุดท้ายจะอยู่ในรูป Hex file หลังจากได้ Hex file แล้วจะทำการอัดโปรแกรมเข้าสู่ชิพด้วยตัวโปรแกรมเมอร์ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบคือ มี Software บนคอมพิวเตอร์ สำหรับใช้ในการควบคุมการอ่าน เขียน หรือ ลบ โดยส่วนใหญ่จะเชื่อมต่อไปยัง Programmer ด้วยพอร์ตอนุกรม หรือพอร์ตขนาน เมื่ออัดโปรแกรมเข้าสู่ชิพแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ก็สามารถนำไปใช้งานตามที่ได้ออกแบบไว้

PicBasic Pro

ตัวแปลภาษา PicBasic Pro เป็นตัวคอมไพเลอร์ภาษาเบสิกที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ของทางบริษัท ไมโครชิพ โดยภาษา PicBasic Pro มีรูปแบบของภาษาที่ง่ายต่อการเรียนรู้ มีชุดคำสั่งต่างๆ สำเร็จรูป ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้ในส่วนของการสร้างฮาร์ดแวร์ภายในต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ มากนักก็สามารถเขียนได้ อีกทั้งตัวคำสั่งต่างๆ ของภาษาเบสิกยังมีชื่อเรียกที่สื่อให้เข้าใจได้ง่ายกว่าชื่อคำสั่งของภาษาแอสเซมบลี

ตัวอย่างชุดคำสั่ง PicBasic Pro

DISABLE INTERRUPT	เป็นคำสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ยกเลิกการตอบสนองการ
	อินเทอร์รัปต์
ENABLE INTERRUPT	เป็นคำสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ตอบสนองการอินเทอร์รัปต์
GOTO	เป็นคำสั่งให้โปรแกรมกระโดดไปทำคำสั่งตาม เลขที่ที่กำหนด
HIGH	เป็นคำสั่งกำหนดให้ขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC มีลอจิก "1" โดยจะกำหนดให้ขาพอร์ตนั้นๆ ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุตโดยอัตโนมัติ
LOW	เป็นคำสั่งกำหนดให้ขาพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC มีลอจิก "0" โดยจะกำหนดให้ขาพอร์ตนั้นๆ ทำหน้าที่เป็นเอาต์พุตโดยอัตโนมัติ
IF...THEN	เป็นคำสั่งตรวจสอบเงื่อนไข
INPUT	เป็นคำสั่งกำหนดให้ขาพอร์ตเป็นอินพุต
LOOKUP	เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเปิดตารางข้อมูล
OUTPUT	เป็นคำสั่งกำหนดให้ขาพอร์ตเป็นเอาต์พุต
ON INTERRUPT	เป็นคำสั่งเปิดการอินเทอร์รัปต์
OWIN	เป็นคำสั่งรับข้อมูลจากระบบบัส 1 สายของ Dallas Semiconductor
OWOUT	เป็นคำสั่งส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ระบบบัส 1 สายของ Dallas Semiconductor
PAUSE	เป็นคำสั่งหน่วงเวลาในหน่วยมิลลิวินาที

การออกแบบและวิธีการทดลอง ^{มส} _{รชทอ}
2567.

ในบทนี้จะเป็นการอธิบายถึงขั้นตอนการออกแบบและวิธีการทดลองวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ โดยใช้โปรแกรม Pspice และรวมไปถึงวิธีการทดสอบวงจร โดยการทดสอบจริง

3.1 ขั้นตอนการออกแบบและการทดสอบวงจรจากทฤษฎีโดยใช้โปรแกรม Pspice

โปรแกรม Pspice คือ โปรแกรมที่ใช้งานสำหรับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า โดยจะมีการจำลองแบบวงจรไฟฟ้าลงในโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์หาค่า กระแส แรงดัน พลังงานและค่าอื่นๆ เพื่อผลการทดลองที่ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น จึงต้องทำการ Simulation เพื่อมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบจริง

สำหรับโครงการชุดนี้ การจำลองวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์มีการกำหนดตัวพารามิเตอร์ดังนี้คือ

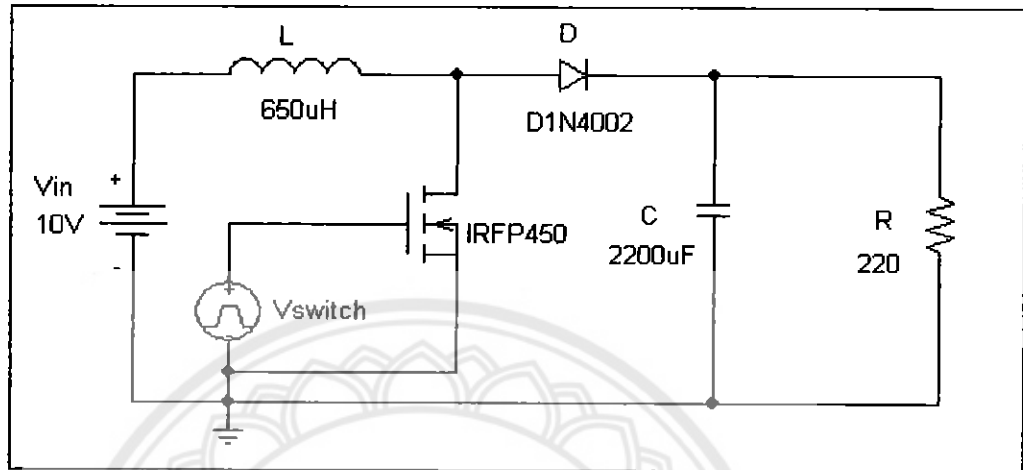
- | | |
|-----------------------------------|-----------------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง(Vin) | 10 โวลต์ |
| 2. ตัวเหนี่ยวนำ(L) | 650 ไมโครเฮนรี่ |
| 3. ตัวเก็บประจุ(C) | 2200 ไมโครฟารัด |
| 4. ตัวต้านทาน(R) | 220 โอห์ม |
| 5. แหล่งจ่ายสัญญาณพัลส์ที่ความถี่ | 25 กิโลเฮิร์ต |
| 6. มอสเฟตเบอร์ IRFP450 | |
| 7. ไดโอดเบอร์ D1N4002 | |

การออกแบบหาค่าตัวเหนี่ยวนำน้อยสุดที่วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์สามารถทำงานในโหมดกระแสต่อเนื่องได้สามารถหาได้จากสูตร

$$L_{\min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (3.1)$$

การหาค่า L_{\min} ต้องหาที่ดิวิตีไซเคิลทั้งหมดตั้งแต่ 0.1-0.9 เพื่อหาค่า L_{\min} ที่มีค่ามากที่สุดแทนค่าจากพารามิเตอร์ทั้งหมดคือ ค่า $R = 220$ โอห์ม, $f = 25$ กิโลเฮิร์ต และที่ดิวิตีไซเคิล $D = 0.3$ จะเป็นค่า L_{\min} มากที่สุดคือ 646 ไมโครเฮนรี่เพราะฉะนั้นสามารถใช้ค่าตัวเหนี่ยวนำ 650 ไมโครเฮนรี่ ที่ออกแบบไว้ในข้างต้นแล้วในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ได้

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การ Simulation วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ใน โปรแกรม Pspice ดังที่แสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Pspice

ซึ่งผลการทดลองที่ได้จากการ Simulation ในโปรแกรม Pspice จะแบ่งได้เป็น 2 กรณีคือ กรณีที่หนึ่ง ในโหมดกระแสต่อเนื่องจะสอดคล้องกับสมการดังนี้
ค่าแรงดันเอาต์พุต

$$V_o = \frac{1}{1-D} V_s \quad (3.2)$$

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุด

$$I_{L,max} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} + \frac{1}{2} \left(\frac{V_s D T}{L} \right) \quad (3.3)$$

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำต่ำสุด

$$I_{L,min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_s D T}{L} \right) \quad (3.4)$$

ค่าระลอกคลื่นของแรงดันเอาต์พุต

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf} \quad (3.5)$$

กรณีที่สอง ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่องจะสอดคล้องกับสมการดังนี้
ค่าแรงดันเอาต์พุต

$$V_o = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2D^2 R}{Lf}} \right) V_s \quad (3.6)$$

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำสูงสุด

$$I_{L,max} = \frac{V_s DT}{L} \quad (3.7)$$

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำต่ำสุด

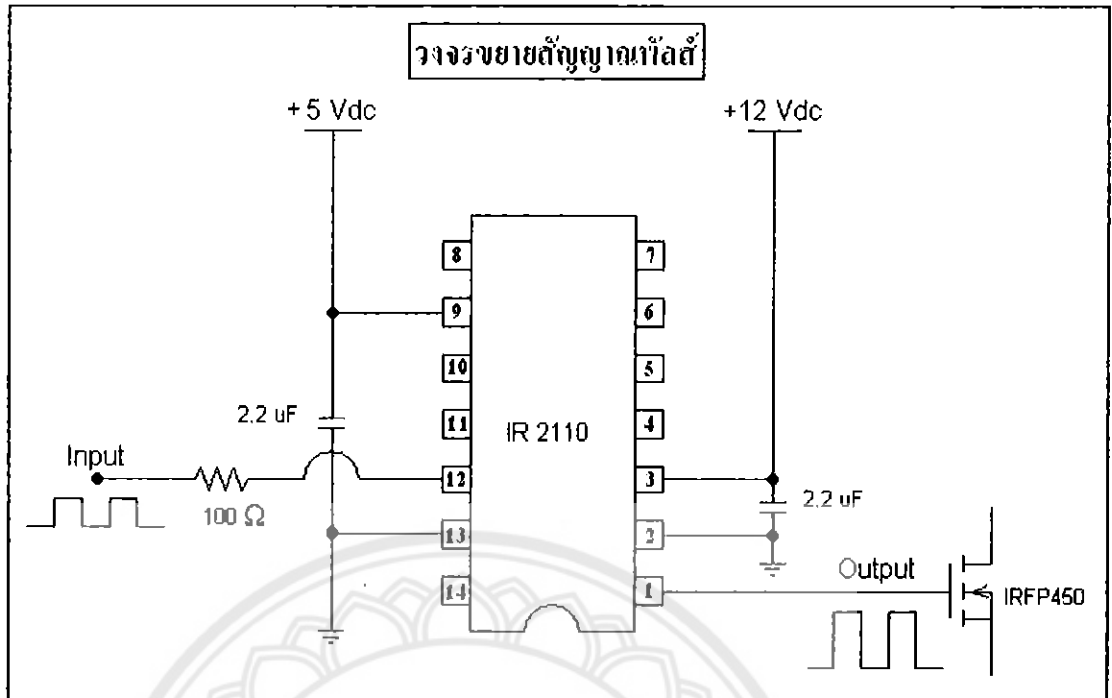
$$I_{L,min} = \frac{V_s}{(1-D)^2 R} - \frac{1}{2} \left(\frac{V_s DT}{L} \right) \quad (3.8)$$

ค่าระลอกคลื่นของแรงดันเอาต์พุต

$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf} \quad (3.9)$$

3.2 ขั้นตอนการออกแบบและการทดสอบวงจรโดยการทดลองจริง

- ศึกษาการทำงานของ “ บูสต์คอนเวอร์เตอร์ ”
- สร้างสัญญาณพัลส์ที่ความถี่ 25 กิโลเฮิร์ต จากบอร์ดสำเร็จรูป PIC 16F877 ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา PIC BASIC PRO (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก) เพื่อนำสัญญาณพัลส์ไปขับมอสเฟตในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์
- สร้างวงจรขยายสัญญาณพัลส์ โดยใช้ IC สำเร็จรูปเบอร์ IR 2110 เพื่อนำสัญญาณพัลส์ที่ได้จากบอร์ด PIC 16F877 ไปขยายสัญญาณขับมอสเฟต ซึ่งสัญญาณพัลส์ที่สร้างจากบอร์ด PIC 16F877 จะมีค่าแอมป์ริจูดประมาณ 5 V ซึ่งยังไม่สามารถไปขับมอสเฟตได้ ดังนั้นจำเป็นต้องมีวงจรสำหรับขยายสัญญาณพัลส์ โดยใช้ IR 2110 เป็นตัวขยายสัญญาณพัลส์จากบอร์ด PIC 16F877 โดยสัญญาณที่ถูกขยายแล้วจะมีแอมป์ริจูดประมาณ 8-15 V ซึ่งสามารถนำไปขับมอสเฟตในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ได้ดังที่แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การสร้างวงจรขยายสัญญาณพัลส์

❖ การออกแบบและทดสอบวงจรมอสต์คอนเวอร์เตอร์ โดยใช้อุปกรณ์ชนิดต่างๆดังนี้

- บอร์ดสำเร็จรูป PIC 16F877 1 ชุด
- ตัวเหนี่ยวนำขนาด 650 ไมโครเฮนรี่ 1 ตัว
- ตัวเก็บประจุขนาด 2200 ไมโครฟารัด 1 ตัว
- ตัวต้านทานขนาด 220 โอห์ม 1 ตัว
- มอสเฟตเบอร์ IRFP450 1 ตัว
- ไดโอดเบอร์ 1N4002 1 ตัว
- ตัวต้านทานปรับค่าได้ 1 ตัว

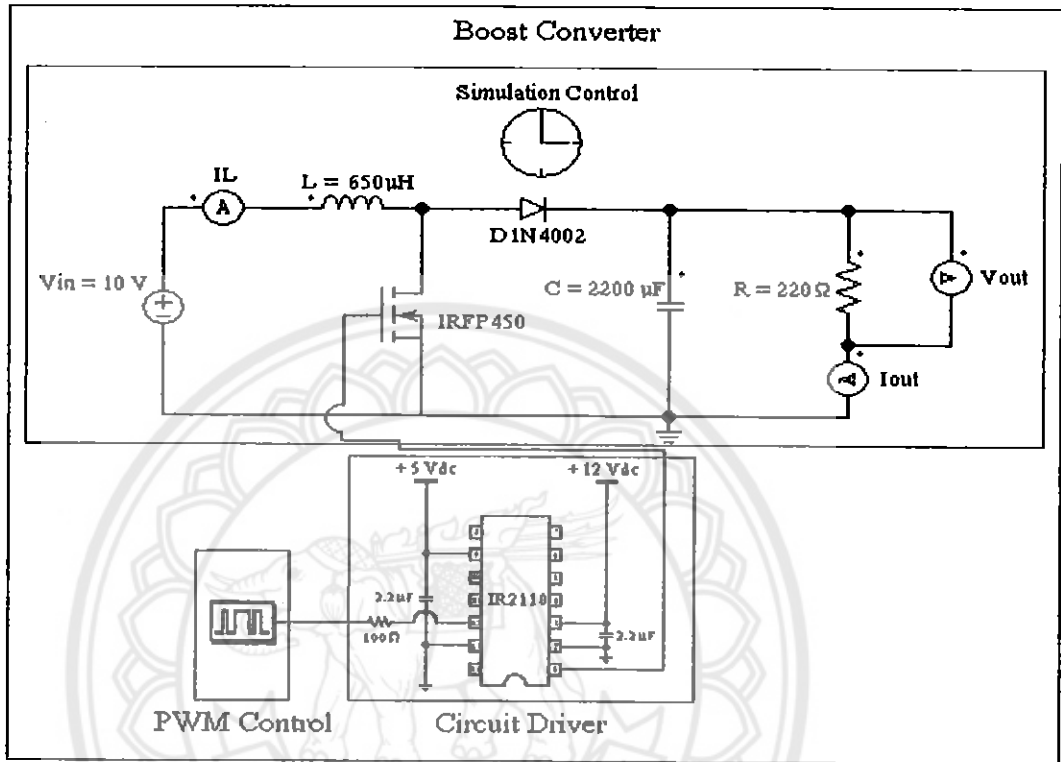
ลำดับขั้นตอนในการประกอบแต่ละวงจรเข้าด้วยกันและการทดสอบจริง

ขั้นตอนแรก นำชุดบอร์ด PIC 16F877 ที่สร้างสัญญาณพัลส์ไปต่อเข้ากับวง Driver เพื่อนำไปขยายสัญญาณให้ได้ขนาดของแอมป์ริจูดมากขึ้น จนสามารถจะขับมอสเฟตได้ ก่อนเข้าวงจรมอสต์คอนเวอร์เตอร์ต่อไป

ขั้นตอนที่สอง ต่อวงจรมอสต์คอนเวอร์เตอร์แล้วนำสัญญาณพัลส์ที่ขยายแล้วมาขับมอสเฟตในตัววงจรมอสต์คอนเวอร์เตอร์เพื่อทำให้ตัววงจรนั้นสามารถทำงานได้

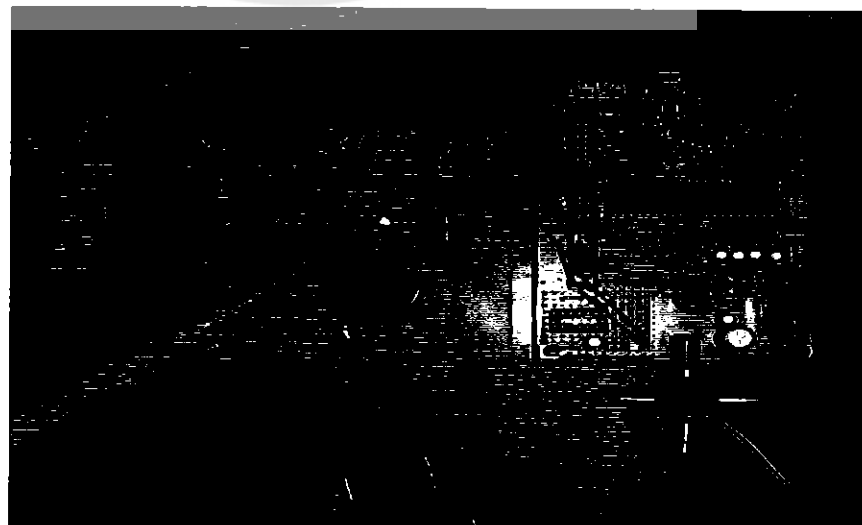
ขั้นตอนที่สาม ต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply) เข้ากับตัววงจรมอสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้แรงดันขนาด 10 โวลต์คงที่เข้าสู่ระบบ แรงดันดังกล่าวจะถูกกำหนดให้เป็นแรงดันอินพุต (Input Voltage)

ขั้นตอนที่สี่ ปรับค่าความถี่ไซเคิลโดยการปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ออกแบบไว้ในขั้นตอนแล้วเพื่อเป็นการควบคุมการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ให้ได้แรงดันเอาต์พุตออกมาตามต้องการ ดังที่แสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 Circuit Diagram of Boost Converter

จากรูปที่ 3.3 จะเป็น Diagram การต่อวงจรการทำงานทั้งหมดของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งมีการนำวงจรหลักๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน

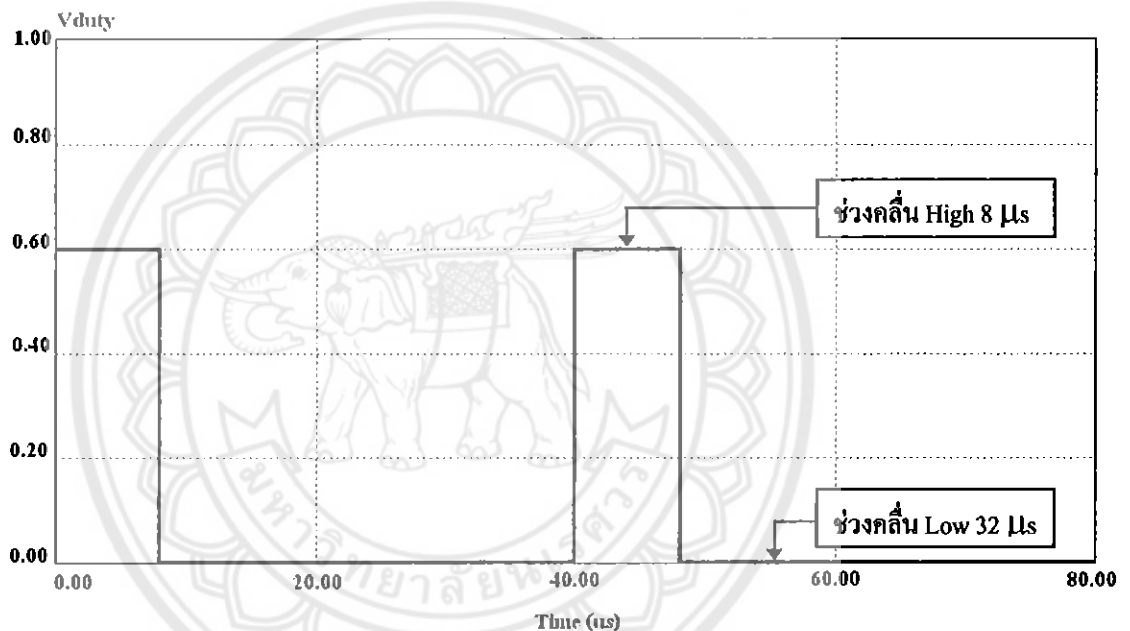


รูปที่ 3.4 การต่อบอร์ด PIC 16F877 เข้ากับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 3.4 จะเป็นรูปการต่อวงจรในการทำการทดลองจริง โดยการนำบอร์ด PIC 16F877 มาเชื่อมต่อการทำงานเข้ากับวงจรบูสค์คอนเวอร์เตอร์

การวัดค่าค่านิวตริ์ไซเคิลทำได้โดยการใช้ออสซิลโลสโคปทำการวัดค่าค่านิวตริ์ไซเคิลบริเวณที่กำหนดเป็นพอร์ตเอาต์พุต (กำหนดได้โดยใช้โปรแกรมภาษา PIC BASIC PRO) ดังรูปที่ 3.5

ในการหาค่านิวตริ์ไซเคิลจากสัญญาณพัลส์นั้นจะดูได้จากช่วงของคาบคลื่นโดยค่าดังกล่าวจะได้มาจากช่วงที่สัญญาณเป็น High ใน 1 คาบ ตัวอย่างเช่น สัญญาณ 1 คาบใช้เวลา 40 ไมโครวินาทีที่มีค่าค่านิวตริ์ไซเคิล 20 เปอร์เซ็นต์ สัญญาณพัลส์จะอยู่ในช่วง High ประมาณ 8 ไมโครวินาทีและจะอยู่ในช่วง Low ประมาณ 32 ไมโครวินาทีต่อสัญญาณ 1 คาบ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 รูปตัวอย่างแบบสัญญาณพัลส์ที่ค่าค่านิวตริ์ไซเคิล 20 เปอร์เซ็นต์

การวัดค่าแรงดันเอาต์พุตทำได้โดยการใช้ออสซิลโลสโคปทำการวัดแรงดันเอาต์พุตที่บริเวณโหลด (โหลดตัวต้านทาน) ดังรูปที่ 3.6

การวัดค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทำได้โดยการเปิดวงจรด้านบริเวณตัวเหนี่ยวนำ แล้วใช้ตัวต้านทานขนาด 1 โอห์ม ต่ออนุกรมเข้าไป แล้วทำการใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่อเข้าไปซึ่งค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานนั้นก็คือน่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำนั่นเองจากสูตร

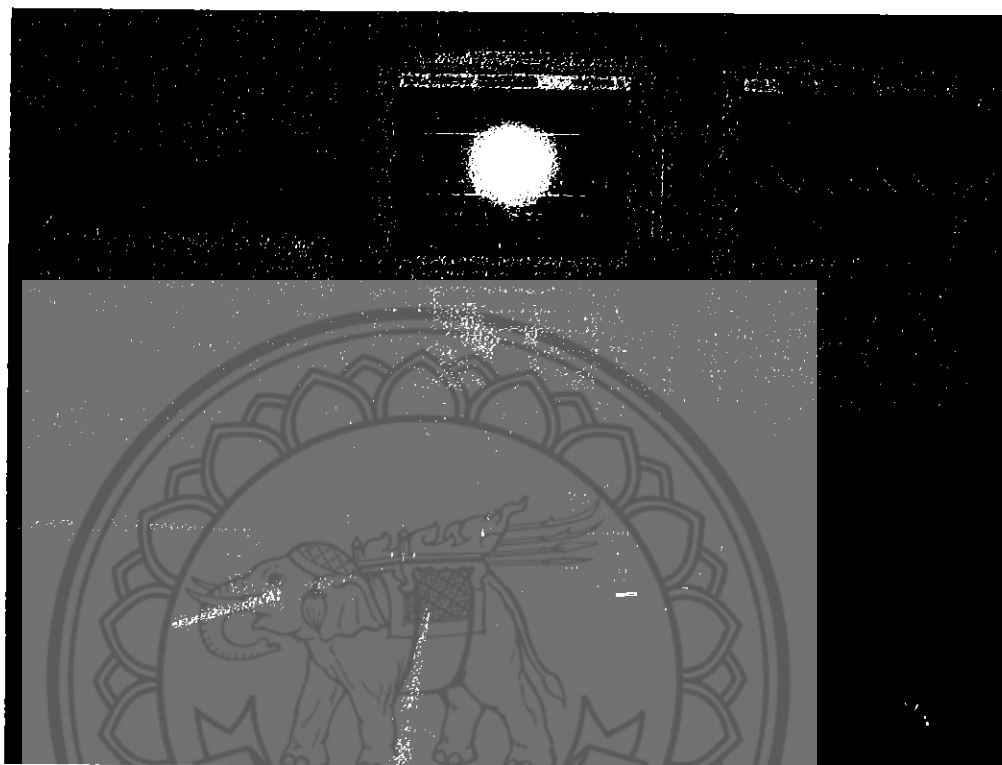
$$V = IR \quad (3.10)$$

$$V = I(1)$$

เพราะฉะนั้นได้

$$V = I$$

คังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.6 จะเป็นภาพรวมทั้งหมดของการต่อวงจรและการใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าต่าง ๆ ภายในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์



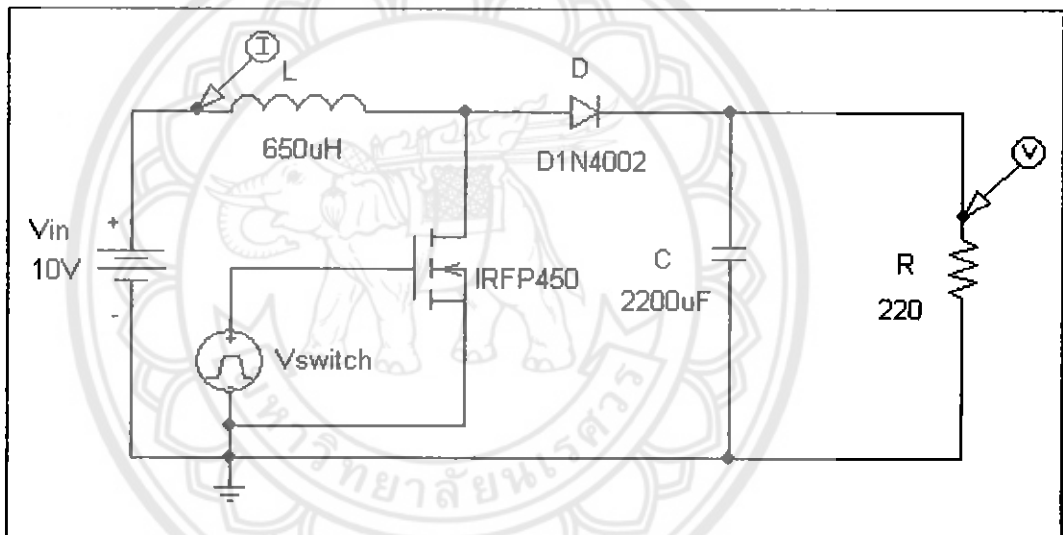
รูปที่ 3.6 การวัดค่าแรงดันเอาต์พุต ค่าควิตีไซเคิลและค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์สัญญาณ

ในบทนี้จะเป็นการนำผลการทดลองที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice กับผลการทดลองจากการทดสอบจริงมาเปรียบเทียบกับผลตามทฤษฎี ว่าผลที่ได้เป็นไปตามค่าในทฤษฎีหรือไม่ รวมทั้งการวิเคราะห์ถึงค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำทั้งในโหมดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ว่ามีผลต่อค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์หรือไม่

4.1 ผลการทดลองจากการจำลองวงจรโดยใช้โปรแกรม Pspice



รูปที่ 4.1 การวัดค่าต่างๆ ในวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์โดยโปรแกรม Pspice

จากรูปที่ 4.1 คือ การจำลองการวัดค่าแรงดันเอาต์พุตและค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ โดยกำหนด $V_{in} = 10\text{ V}$, $L = 650\text{ uH}$, $C = 2200\text{ uF}$, $R = 220\text{ }\Omega$ และทำการสวิดซิ่งที่ความถี่ 25 kHz ด้วยโปรแกรม Pspice เมื่อมีการนำสัญญาณพัลส์ที่ได้ไปขับมอสเฟตในวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์แล้ววงจรก็จะสามารถทำการบัสต์แรงดันได้ ที่ค่าคิวตี้ไซเคิลตั้งแต่ $0.1-0.9$ โดยมีการกำหนดค่า ที่ตัว V_{switch} ในโปรแกรม Pspice ดังนี้คือ

$$V1 = 0$$

$$V2 = 10$$

$$TD = 1\text{ ns}$$

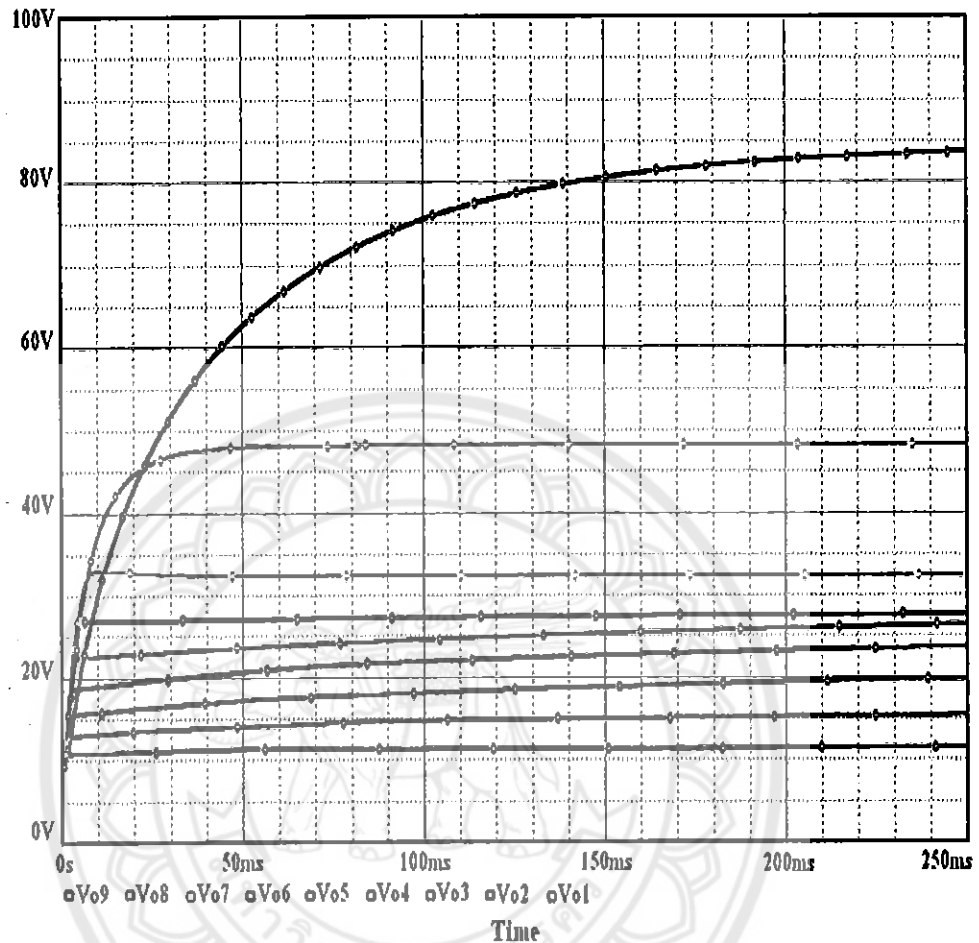
$$TR = 1\text{ ns}$$

$$TF = 1\text{ ns}$$

$$PW = D/f \quad (D \text{ คือ ค่าคิวตี้ไซเคิล})$$

$$PER = 1/f \quad (f \text{ คือ ค่าความถี่ที่ใช้ในการสวิดซิ่ง})$$

ซึ่งจะได้ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรบุสต์คอนเวอร์เตอร์จะแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าแรงดันเอาต์พุตจากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice ที่ค่าคิวดี้ไซเคิล 0.1-0.9

จากรูปที่ 4.2 จะแสดงให้เห็นค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม Pspice ตั้งแต่ช่วงค่าคิวดี้ไซเคิล 0.1-0.9 คือ เมื่อคิวดี้ไซเคิล 0.1 ค่าแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับ 11.67 V และเมื่อคิวดี้ไซเคิล 0.2 ค่าแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับ 15.82 V เมื่อคิวดี้ไซเคิล 0.3 ค่าแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับ 20.15 V เมื่อคิวดี้ไซเคิล 0.4 ค่าแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับ 24.34 V เมื่อคิวดี้ไซเคิล 0.5 ค่าแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับ 27.10 V เมื่อคิวดี้ไซเคิล 0.6 ค่าแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับ 27.44 V เมื่อคิวดี้ไซเคิล 0.7 ค่าแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับ 32.37 V เมื่อคิวดี้ไซเคิล 0.8 ค่าแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับ 48.11 V และเมื่อคิวดี้ไซเคิล 0.9 ค่าแรงดันเอาต์พุตจะเท่ากับ 84.28 V

โดยจะเห็นได้ว่าค่าแรงดันเอาต์พุตที่ออกมาจะอยู่ในรูปผลตอบสนองชั่วขณะ (Transient) ซึ่งมีค่าแตกต่างกันออกไปตามการเปลี่ยนแปลงของค่าคิวดี้ไซเคิลและมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นตามหลักการคำนวณที่ทฤษฎีได้กล่าวไว้ในข้างต้น ค่าแรงดันที่แท้จริงจะหาได้จากช่วงที่แรงดันเริ่มคงที่แล้ว

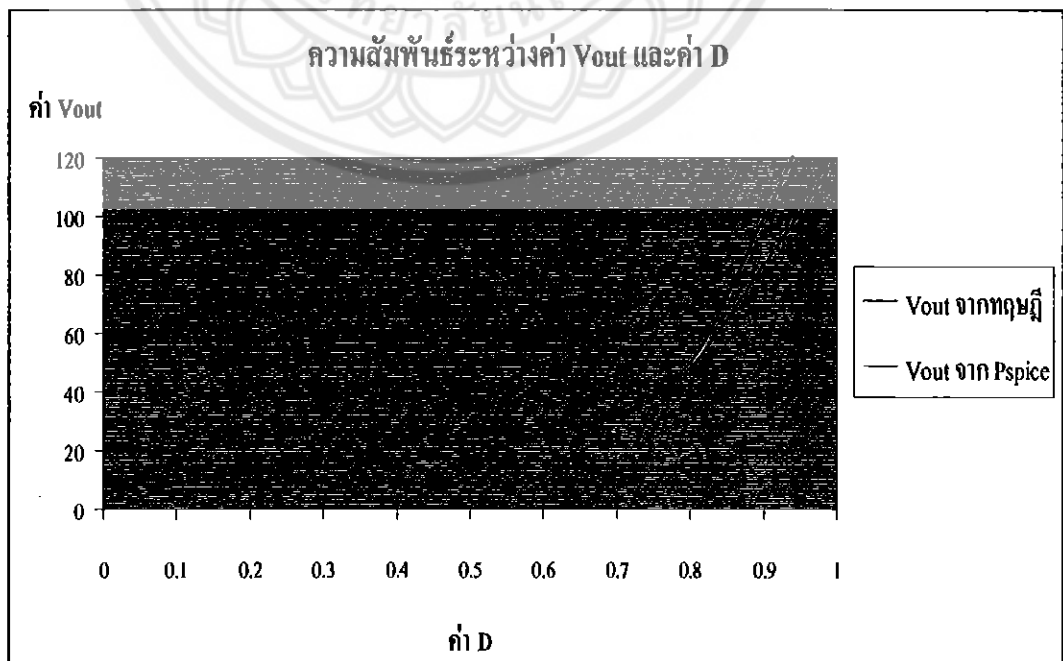
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุต โดยโปรแกรม Pspice และจากทฤษฎี

ค่าตัวชี้โชนเกิด (D)	ค่าแรงดันเอาต์พุต โดยโปรแกรม Pspice (V)	ค่าแรงดันเอาต์พุตจากทฤษฎี (V)
0.1	11.67	11.11
0.2	15.82	12.50
0.3	20.15	14.28
0.4	24.34	16.67
0.5	27.10	20.00
0.6	27.44	25.00
0.7	32.37	33.33
0.8	48.11	50.00
0.9	84.28	100.00

จากตารางที่ 4.1 คือการเปรียบเทียบผลการทดลองจากโปรแกรม Pspice และจากทฤษฎี ซึ่งค่าแรงดันเอาต์พุตตามทฤษฎีที่สอดคล้องกับสมการดังนี้

$$V_O = \frac{1}{1-D} V_S \quad (4.1)$$

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแรงดันทั้ง 2 ค่าแล้วจะมีค่าใกล้เคียงกัน



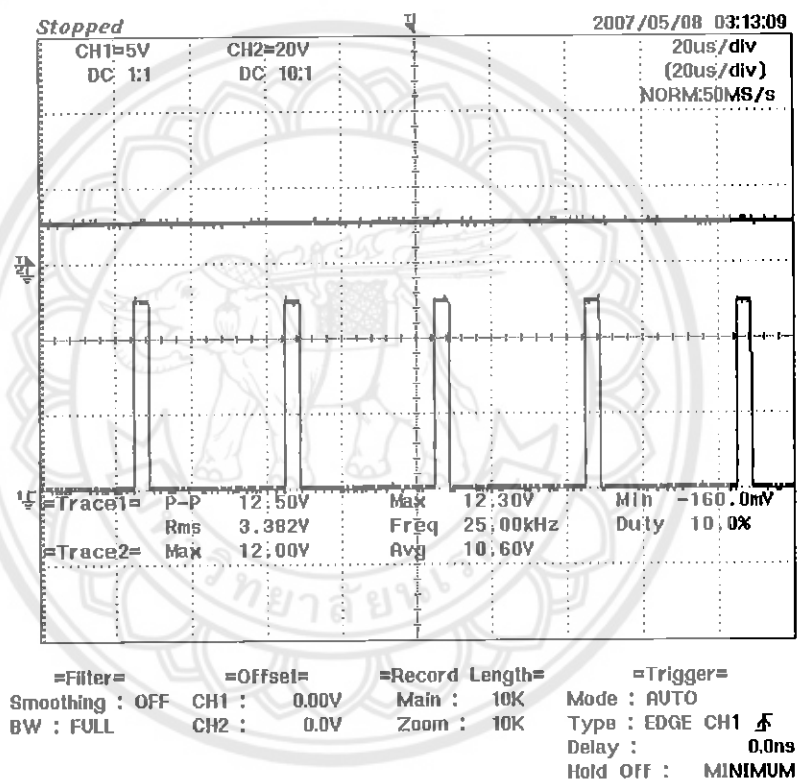
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันเอาต์พุตกับค่าตัวชี้โชนเกิด

4.2 ผลการทดลองโดยการทดสอบจริง

ในการทดสอบจริงเราจะทำการทดสอบกับโหลดประเภทตัวต้านทานซึ่งมีการออกแบบไว้ในข้างต้นแล้ว ในโครงการนี้ทดสอบที่ตัวต้านทานเท่ากับ 220 โอห์ม ที่ค่าความถี่ 25 กิโลเฮิร์ตส์เพื่อความสะดวกต่อการมองเห็นค่าเอาต์พุตต่างๆ เราได้ทำการปรับออสซิลโลสโคป โดยจะกำหนดให้

Trace1 คือ ค่าเอาต์พุตของสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะนำไปขับมอสเฟต

Trace2 คือ ค่าสัญญาณของแรงดันเอาต์พุตในวงจรมอเตอร์คอนเวอร์เตอร์



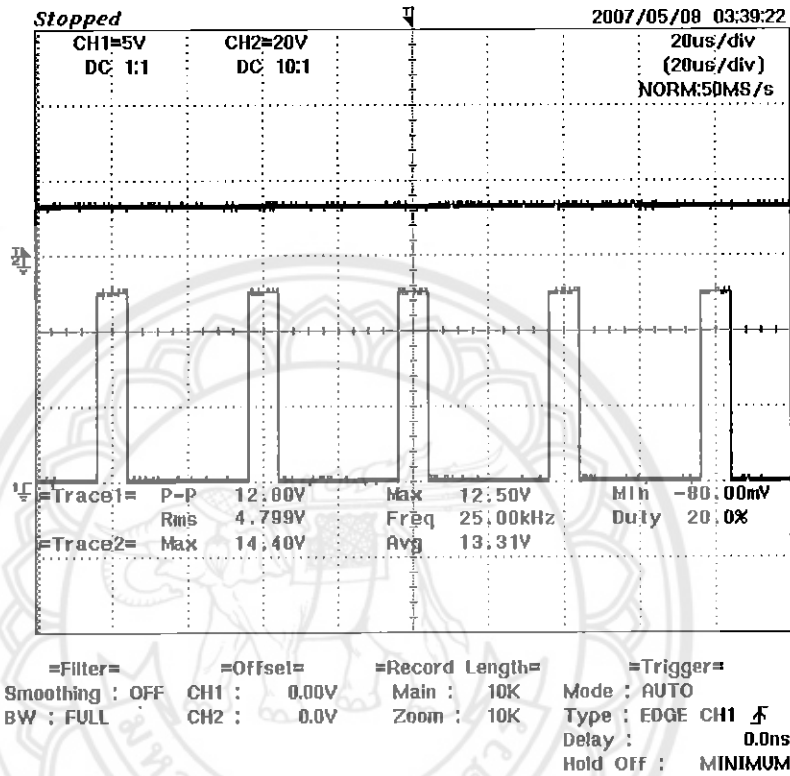
รูปที่ 4.4 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.1$

จากรูปที่ 4.4 Trace1 คือ ค่าสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการปรับค่าความถี่ที่ 0.1 จะมีค่าแรงดันประมาณ 12.30 V ที่ค่าความถี่ 25 kHz ลักษณะสัญญาณพัลส์จะมีลักษณะอยู่ในช่วงสวิตช์ ON ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในช่วงสวิตช์ OFF ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์และเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์นี้เข้าสู่ตัวมอสเฟตในวงจรมอเตอร์คอนเวอร์เตอร์จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ Trace2 เท่ากับ 10.60 V ตามรูปที่ 4.4

กำหนดให้

Trace1 คือ ค่าเอาต์พุตของสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะนำไปขับมอสเฟต

Trace2 คือ ค่าสัญญาณของแรงดันเอาต์พุตในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์



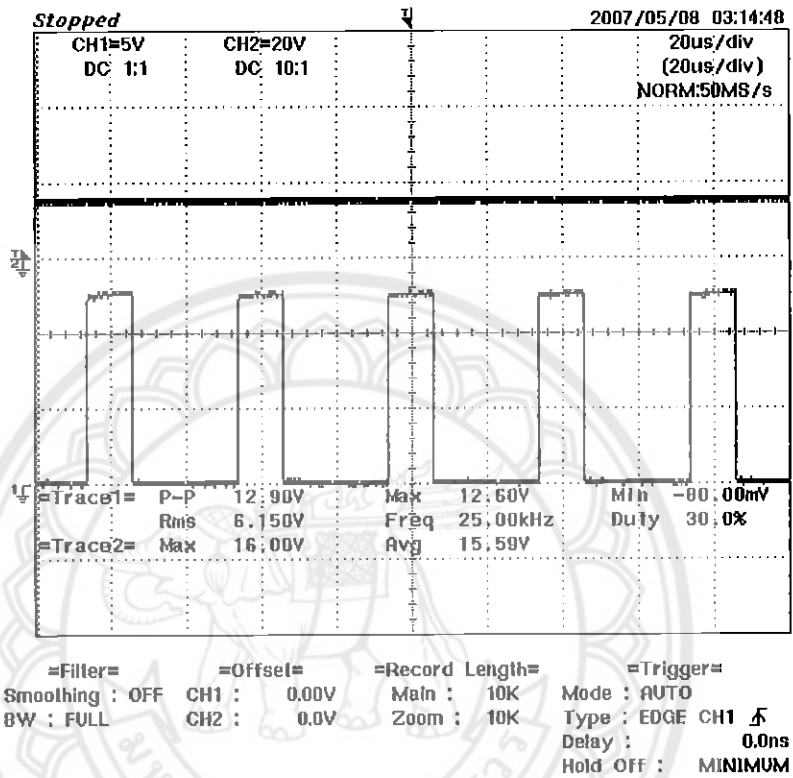
รูปที่ 4.5 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.2$

จากรูปที่ 4.5 Trace1 คือ ค่าสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการปรับค่าความถี่ไซเคิลที่ 0.2 จะมีค่าแรงดันประมาณ 12.50 V ที่ค่าความถี่ 25 kHz ลักษณะสัญญาณพัลส์จะมีลักษณะอยู่ในช่วงสวิตช์ ON ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในช่วงสวิตช์ OFF ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์และเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์นี้เข้าสู่ตัวมอสเฟตในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ Trace2 เท่ากับ 13.31 V ตามรูปที่ 4.5

กำหนดให้

Trace1 คือ ค่าเอาต์พุตของสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะนำไปขับมอสเฟต

Trace2 คือ ค่าสัญญาณของแรงดันเอาต์พุตในวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์



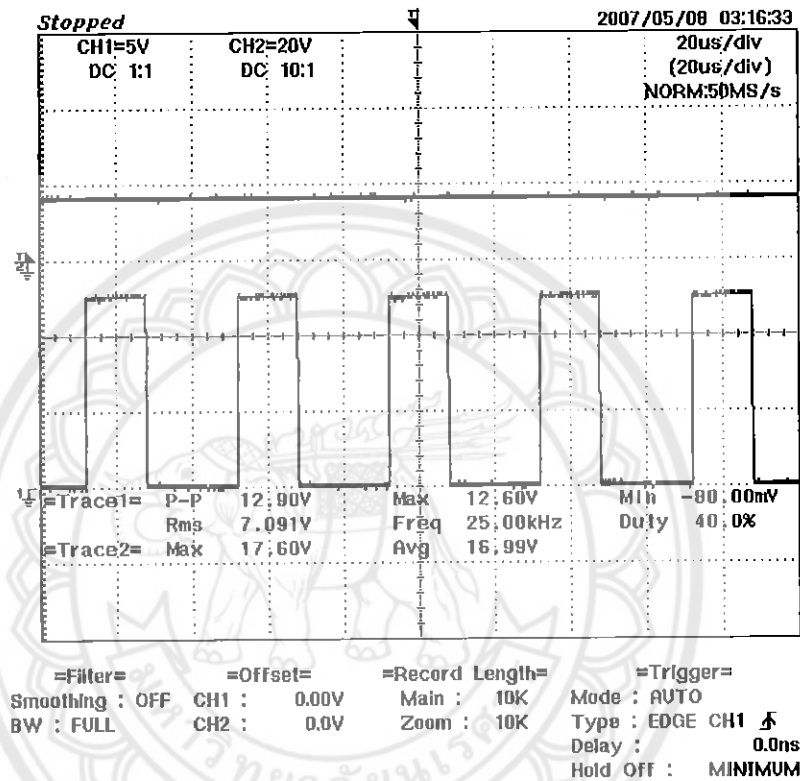
รูปที่ 4.6 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.3$

จากรูปที่ 4.6 Trace1 คือ ค่าสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการปรับค่าความถี่ที่ 0.3 จะมีค่าแรงดันประมาณ 12.60 V ที่ค่าความถี่ 25 kHz ลักษณะสัญญาณพัลส์จะมีลักษณะอยู่ในช่วงสวิตช์ ON ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในช่วงสวิตช์ OFF ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์และเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์นี้เข้าสู่ตัวมอสเฟตในวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ Trace2 เท่ากับ 15.59 V ตามรูปที่ 4.6

กำหนดให้

Trace1 คือ ค่าเอาต์พุตของสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะนำไปขับมอสเฟต

Trace2 คือ ค่าสัญญาณของแรงดันเอาต์พุตในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์



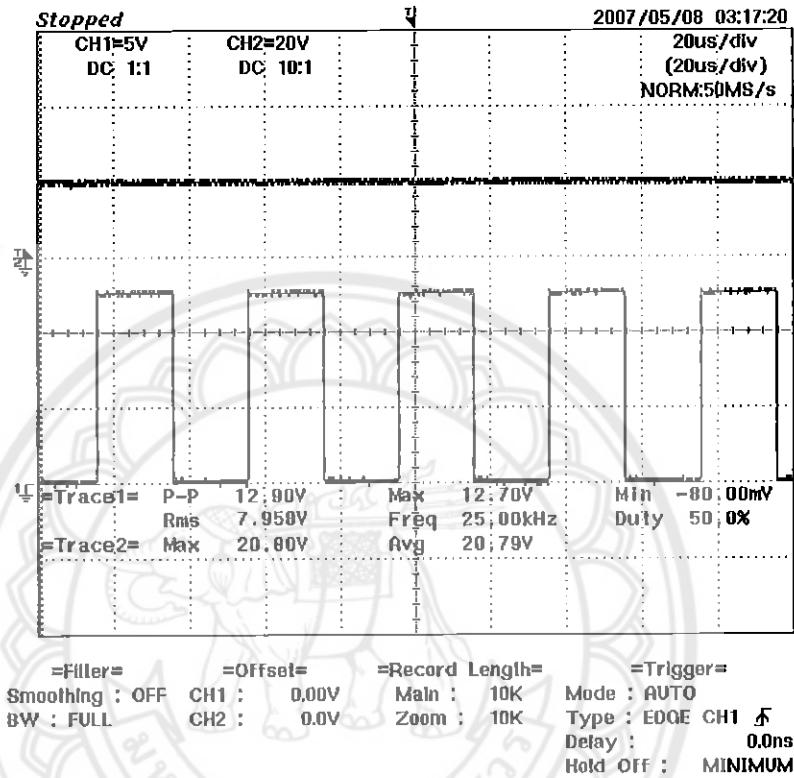
รูปที่ 4.7 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า D = 0.4

จากรูปที่ 4.7 Trace1 คือ ค่าสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการปรับค่าดีวีซีเคิลที่ 0.4 จะมีค่าแรงดันประมาณ 12.60 V ที่ค่าความถี่ 25 kHz ลักษณะสัญญาณพัลส์จะมีลักษณะอยู่ในช่วงสวิตช์ ON ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในช่วงสวิตช์ OFF ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์และเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์นี้เข้าสู่ตัวมอสเฟตในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ Trace2 เท่ากับ 16.99 V ตามรูปที่ 4.7

กำหนดให้

Trace1 คือ ค่าเอาต์พุตของสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะนำไปขับมอสเฟต

Trace2 คือ ค่าสัญญาณของแรงดันเอาต์พุตในวงจรบรูสต์คอนเวอร์เตอร์



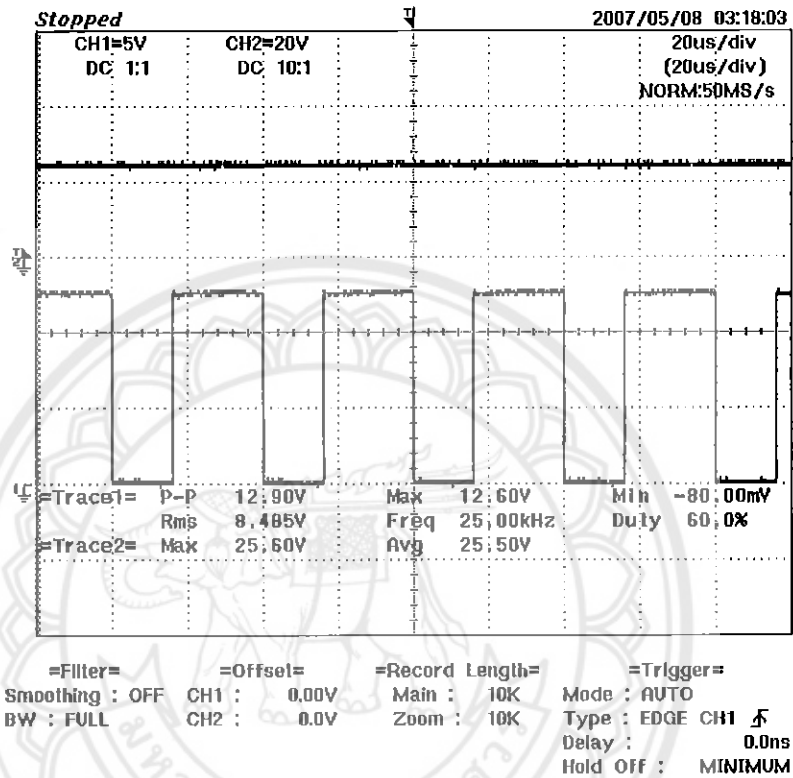
รูปที่ 4.8 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.5$

จากรูปที่ 4.8 Trace1 คือ ค่าสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการปรับค่าความถี่ที่ 0.5 จะมีค่าแรงดันประมาณ 12.70 V ที่ค่าความถี่ 25 kHz ลักษณะสัญญาณพัลส์จะมีลักษณะอยู่ในช่วงสวิทช์ ON ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในช่วงสวิทช์ OFF ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์และเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์นี้เข้าสู่ตัวมอสเฟตในวงจรบรูสต์คอนเวอร์เตอร์จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ Trace2 เท่ากับ 20.79 V ตามรูปที่ 4.8

กำหนดให้

Trace1 คือ ค่าเอาต์พุตของสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะนำไปขับมอสเฟต

Trace2 คือ ค่าสัญญาณของแรงดันเอาต์พุตในวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์



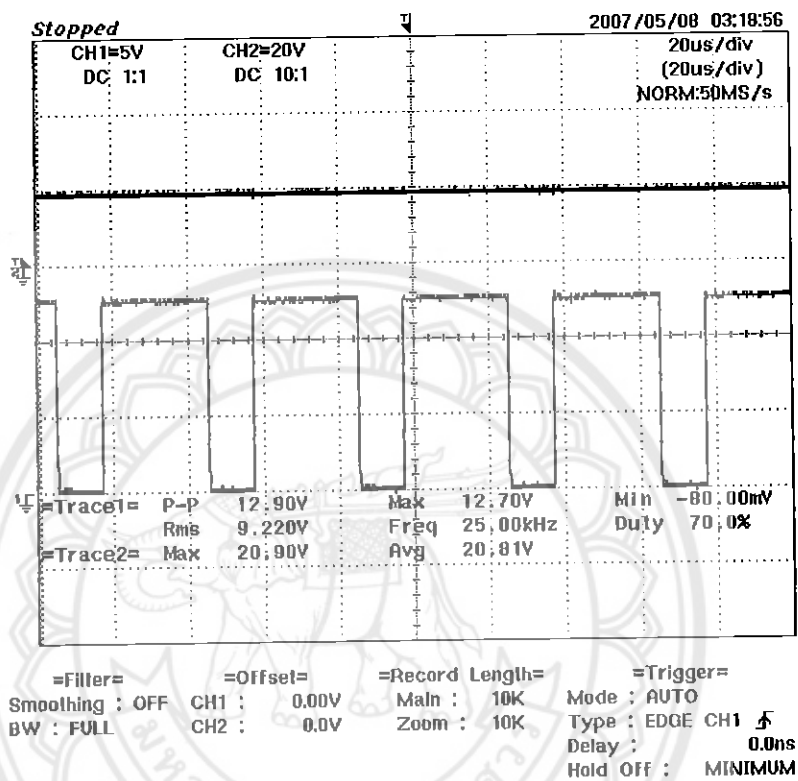
รูปที่ 4.9 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.6$

จากรูปที่ 4.9 Trace1 คือ ค่าสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการปรับค่าดีวี่ไซเคิลที่ 0.6 จะมีค่าแรงดันประมาณ 12.60 V ที่ค่าความถี่ 25 kHz ลักษณะสัญญาณพัลส์จะมีลักษณะอยู่ในช่วงสวิทช์ ON ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในช่วงสวิทช์ OFF ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์และเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์นี้เข้าสู่ตัวมอสเฟตในวงจรบัสต์คอนเวอร์เตอร์จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ Trace2 เท่ากับ 25.50 V ตามรูปที่ 4.9

กำหนดให้

Trace1 คือ ค่าเอาต์พุตของสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะนำไปขับมอสเฟต

Trace2 คือ ค่าสัญญาณของแรงดันเอาต์พุตในวงจรบรูสต์คอนเวอร์เตอร์



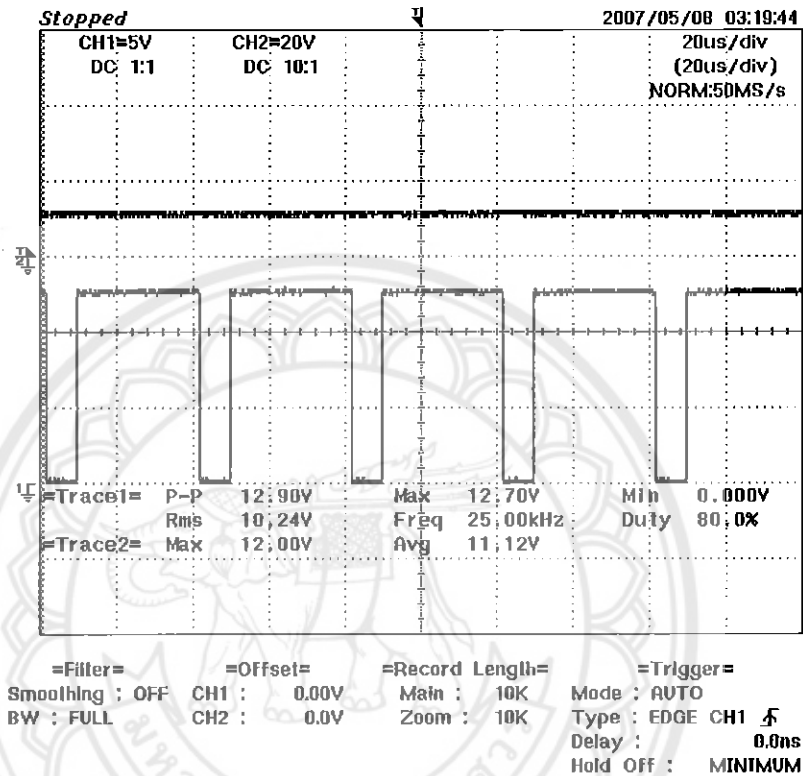
รูปที่ 4.10 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.7$

จากรูปที่ 4.10 Trace1 คือ ค่าสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการปรับค่าความถี่ไซเคิลที่ 0.7 จะมีค่าแรงดันประมาณ 12.70 V ที่ค่าความถี่ 25 kHz ลักษณะสัญญาณพัลส์จะมีลักษณะอยู่ในช่วงสวิตช์ ON ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในช่วงสวิตช์ OFF ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์และเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์นี้เข้าสู่ตัวมอสเฟตในวงจรบรูสต์คอนเวอร์เตอร์จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ Trace2 เท่ากับ 20.81 V ตามรูปที่ 4.10

กำหนดให้

Trace1 คือ ค่าเอาต์พุตของสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะนำไปขับมอเตอร์

Trace2 คือ ค่าสัญญาณของแรงดันเอาต์พุตในวงจรมอเตอร์คอนเวอร์เตอร์



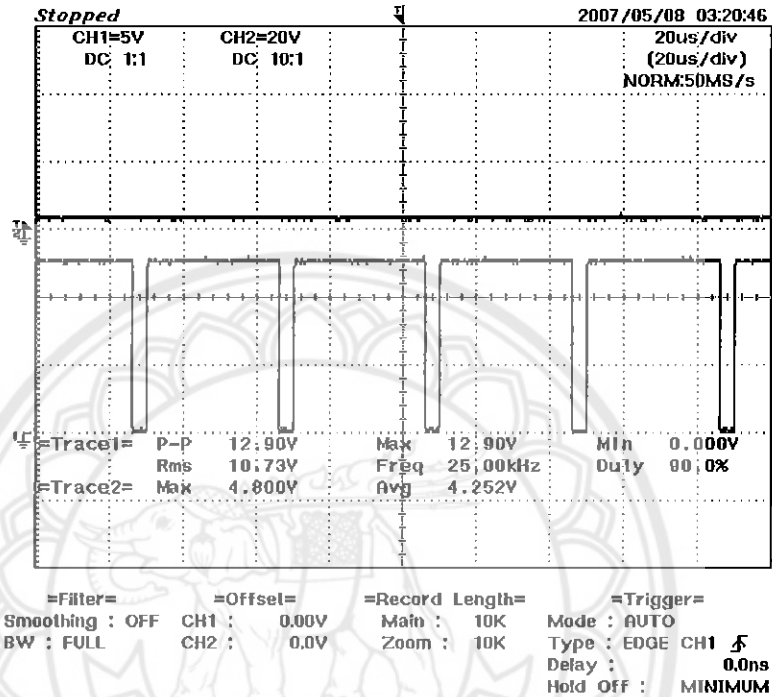
รูปที่ 4.11 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า D = 0.8

จากรูปที่ 4.11 Trace1 คือ ค่าสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการปรับค่าความถี่ไซเคิลที่ 0.8 จะมีค่าแรงดันประมาณ 12.70 V ที่ค่าความถี่ 25 kHz ลักษณะสัญญาณพัลส์จะมีลักษณะอยู่ในช่วงสวิทช์ ON ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในช่วงสวิทช์ OFF ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์และเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์นี้เข้าสู่ตัวมอเตอร์ในวงจรมอเตอร์คอนเวอร์เตอร์จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ Trace2 เท่ากับ 11.12 V ตามรูปที่ 4.11

กำหนดให้

Trace1 คือ ค่าเอาต์พุตของสัญญาณพัลส์ก่อนที่จะนำไปขับมอเตอร์

Trace2 คือ ค่าสัญญาณของแรงดันเอาต์พุตในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์



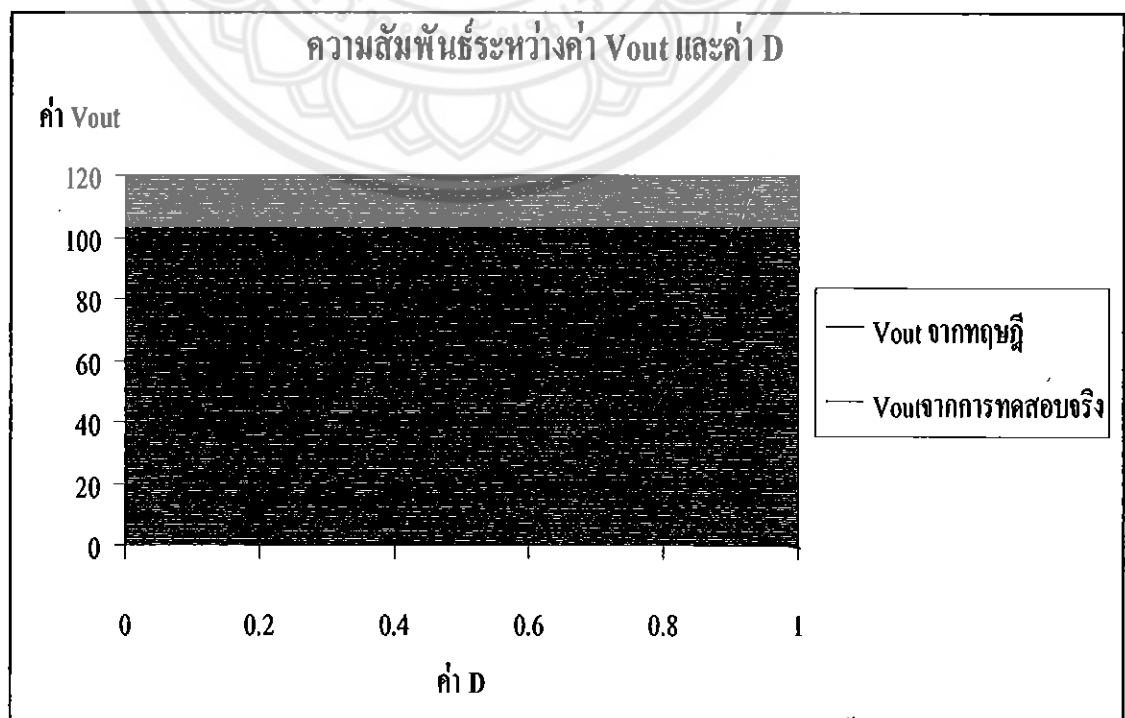
รูปที่ 4.12 แสดงค่าสัญญาณพัลส์และแรงดันเอาต์พุต ที่ค่า $D = 0.9$

จากรูปที่ 4.12 Trace1 คือ ค่าสัญญาณพัลส์ที่ได้จากการปรับค่าดีวี่ไซเคิลที่ 0.9 จะมีค่าแรงดันประมาณ 12.90 V ที่ค่าความถี่ 25 kHz ลักษณะสัญญาณพัลส์จะมีลักษณะอยู่ในช่วงสวิทช์ ON ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในช่วงสวิทช์ OFF ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์และเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์นี้เข้าสู่ตัวมอเตอร์ในวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ Trace2 เท่ากับ 4.252 V ตามรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุต โดยการทดสอบจริงและจากทฤษฎี

ค่าคิวตี้ไซเคิล (D)	ค่าแรงดันเอาต์พุต โดยการทดสอบจริง (V)	ค่าแรงดันเอาต์พุตจากทฤษฎี (V)
0.1	10.60	11.11
0.2	13.31	12.50
0.3	15.59	14.28
0.4	16.99	16.67
0.5	20.79	20.00
0.6	25.50	25.00
0.7	20.81	33.33
0.8	11.12	50.00
0.9	4.252	100.00

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ค่าของแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากการทดลองจริงจะมีค่าใกล้เคียงกับแรงดันเอาต์พุตจากทฤษฎีอยู่ช่วงหนึ่งคือ ช่วงคิวตี้ไซเคิล 0.1-0.6 แต่หลังจากนั้นจะไม่เป็นไปตามทฤษฎีคือ ช่วงคิวตี้ไซเคิล 0.7-0.9 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ทั้งนี้ค่าที่คลาดเคลื่อนบางค่าอาจเกิดจาก ค่าไม่เที่ยงตรงของอุปกรณ์บางตัว



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันเอาต์พุตกับค่าคิวตี้ไซเคิล

จากรูปที่ 4.15 ที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันเอาต์พุตกับค่าความถี่ไซเคิล โดยการทดสอบจริงสามารถวิเคราะห์ได้ 2 กรณี คือ

กรณีที่หนึ่ง

ตั้งแต่ช่วงค่าความถี่ไซเคิล 0.1-0.6 ลักษณะของกราฟแรงดันเอาต์พุตจะมีลักษณะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเหมือนตามหลักทฤษฎี จนถึงจุดสูงสุดจุดหนึ่งแล้วจึงค่อยตกลง

กรณีที่สอง

ตั้งแต่ช่วงค่าความถี่ไซเคิล 0.6-1.0 ลักษณะของกราฟแรงดันเอาต์พุตจะมีลักษณะลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งไม่เป็นไปตามหลักทฤษฎี อันเนื่องมาจากกระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำไม่ต่อเนื่องทำให้ค่าแรงดันเอาต์พุตลดลง ซึ่งจะอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 4.3 ต่อไป

4.3 การวิเคราะห์ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

ศึกษาการวิเคราะห์หาค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำเพื่อ หาขอบเขตโหมคการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ว่าทำงานอยู่ในช่วงไหน ซึ่งจะมีผลกระทบต่อค่าแรงดันเอาต์พุต ซึ่งสามารถแบ่งศึกษาเป็น 2 โหมคด้วยกัน คือ

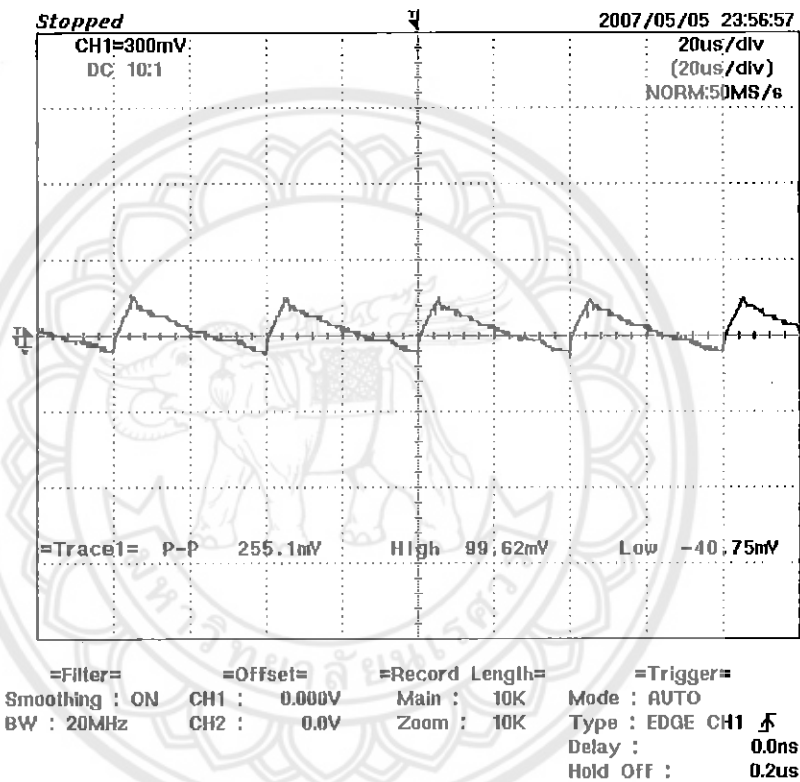
1. โหมคกระแสต่อเนื่อง

ขอบเขตการทำงานในโหมคนี้จะต้องมีค่ากระแสที่น้อยสุดที่สามารถทำงานได้คือ มากกว่าศูนย์หรือมีค่าเป็นศูนย์เท่านั้น เราสามารถดูได้จากค่ากระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยสุด (I_{Lmin}) สามารถดูได้จากสมการที่ (3.4) การทำงานในโหมคนี้จะเป็น โหมคที่ค่าแรงดันเอาต์พุตนั้นมีความเสถียรภาพ ควบคุมได้ง่าย ซึ่งเป็น โหมคที่เป็นประโยชน์ต่อวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

2. โหมคกระแสไม่ต่อเนื่อง

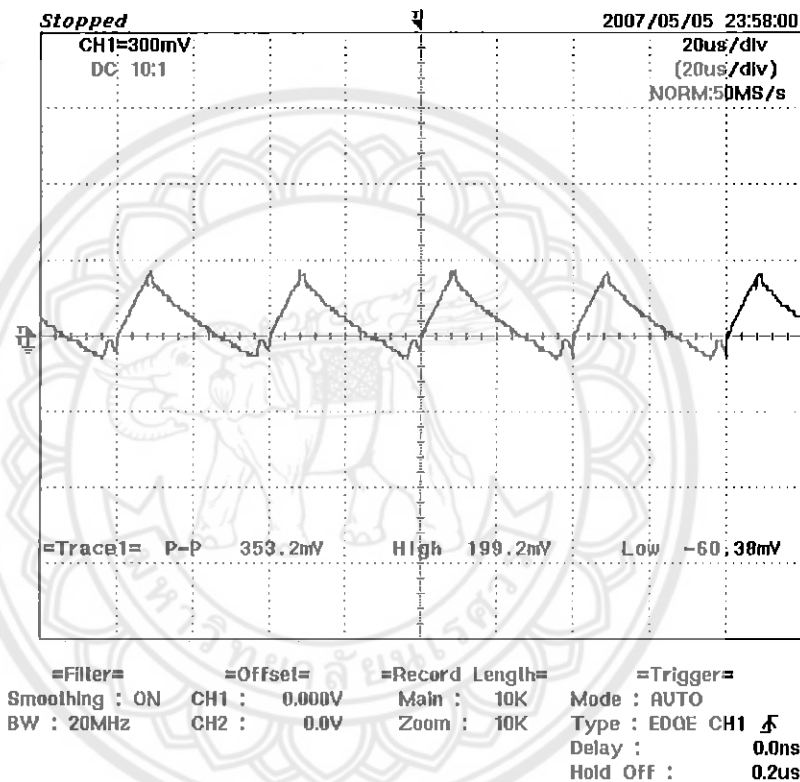
ค่ากระแสในโหมคนี้จะดูที่กระแสไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยสุด (I_{Lmin}) เหมือนในโหมคกระแสต่อเนื่อง สามารถดูได้จากสมการที่ (3.8) แต่ค่ากระแสที่ได้ต้องมีค่าเป็นลบ จึงถือว่าอยู่ในโหมคกระแสไม่ต่อเนื่อง การทำงานในโหมคนี้จะเป็น โหมคที่ค่าแรงดันเอาต์พุตนั้นไม่มีความเสถียรภาพ ควบคุมได้ยาก ซึ่งเป็น โหมคที่เป็นไม่มีประโยชน์ต่อวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 4.16 แสดงรูปสัญญาณค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริง ขณะที่วงจรมอเตอร์คอนเวอร์เตอร์ทำงานที่ค่าความถี่ 25 kHz และปรับค่าดิฟฟิไซเคิลไปที่ 0.1 จะได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดคือ -40.75 mA และได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมากที่สุดคือ 99.62 mA ลักษณะของกระแสที่ได้นี้จะจัดอยู่ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง ซึ่งสังเกตได้จากค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดติดลบอยู่ หรือสังเกตง่ายๆ ดูที่การแกว่งของสัญญาณ จะมีลักษณะการแกว่งจากช่วงลบไปช่วงบวก



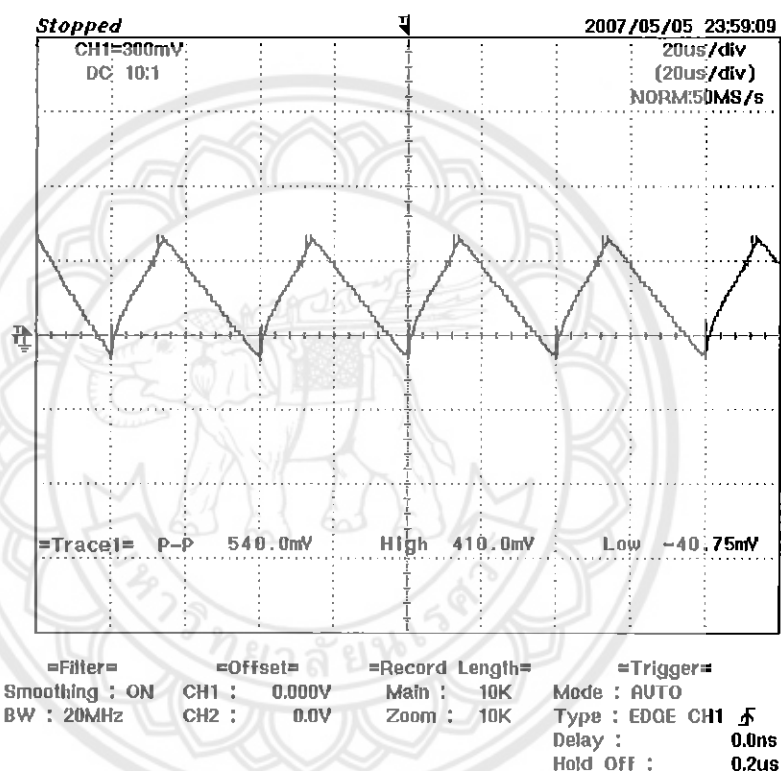
รูปที่ 4.16 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.1$

จากรูปที่ 4.17 แสดงรูปสัญญาณค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริง ขณะที่วงจรมอเตอร์คอนเวอร์เตอร์ทำงานที่ค่าความถี่ 25 kHz และปรับค่าดีวีไอซ์เคลไปที่ 0.2 จะได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดคือ -60.38 mA และได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมากที่สุดคือ 199.2 mA ลักษณะของกระแสที่ได้นี้จะจัดอยู่ในโหมบกระแสไม่ต่อเนื่อง ซึ่งสังเกตได้จากค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดติดลบอยู่หรือสังเกตง่ายๆ ดูที่การแกว่งของสัญญาณ จะมีลักษณะการแกว่งจากช่วงลบไปช่วงบวก



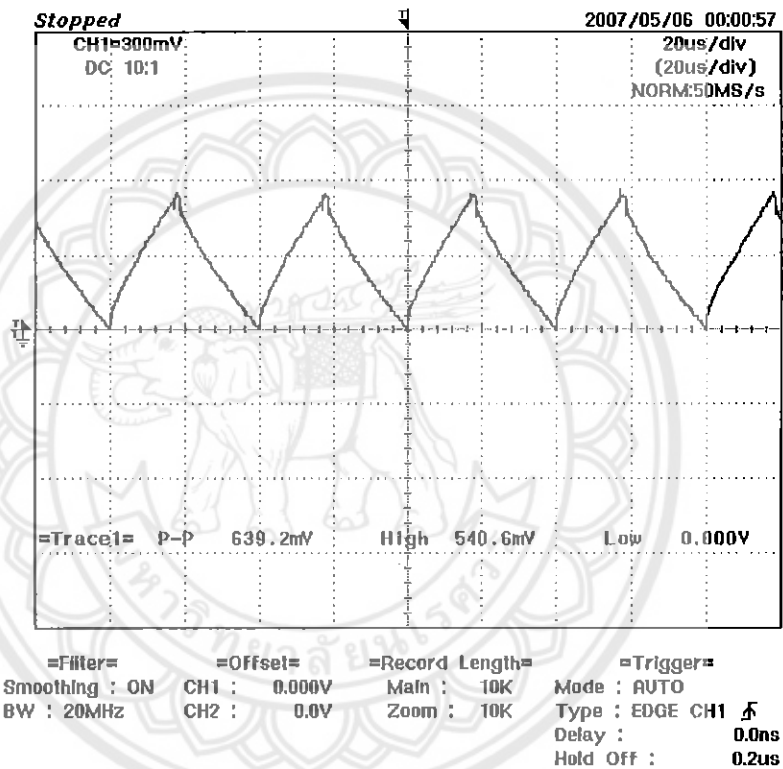
รูปที่ 4.17 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.2$

จากรูปที่ 4.18 แสดงรูปสัญญาณค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริง ขณะที่วงจรมอเตอร์ทำงานที่ค่าความถี่ 25 kHz และปรับค่าดิวตี้ไซเคิลไปที่ 0.3 จะได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดคือ -40.75 mA และได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมากที่สุดคือ 410.0 mA ลักษณะของกระแสที่ได้นี้จะจัดอยู่ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง ซึ่งสังเกตได้จากค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดติดลบอยู่หรือสังเกตง่ายๆ ดูที่การแกว่งของสัญญาณ จะมีลักษณะการแกว่งจากช่วงลบไปช่วงบวก



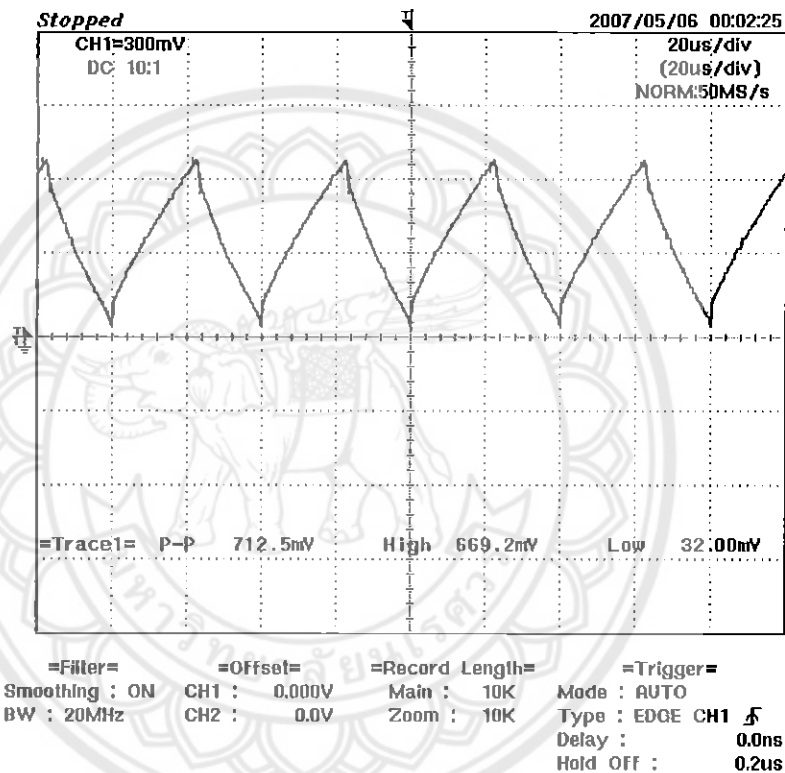
รูปที่ 4.18 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.3$

จากรูปที่ 4.19 แสดงรูปสัญญาณค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริง ขณะที่วงจรมอเตอร์คอนเวอร์เตอร์ทำงานที่ค่าความถี่ 25 kHz และปรับค่าดิวตี้ไซเคิลไปที่ 0.4 จะได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดคือ 0.000 mA และได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมากที่สุดคือ 540.6 mA ลักษณะของกระแสที่ได้นี้จะจัดอยู่ในโหมดกระแสต่อเนื่อง ซึ่งสังเกตได้จากค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดมีค่าเป็นบวกหรือสังเกตง่ายๆ ดูที่การแกว่งของสัญญาณ จะมีลักษณะการแกว่งอยู่ในช่วงบวกตลอด



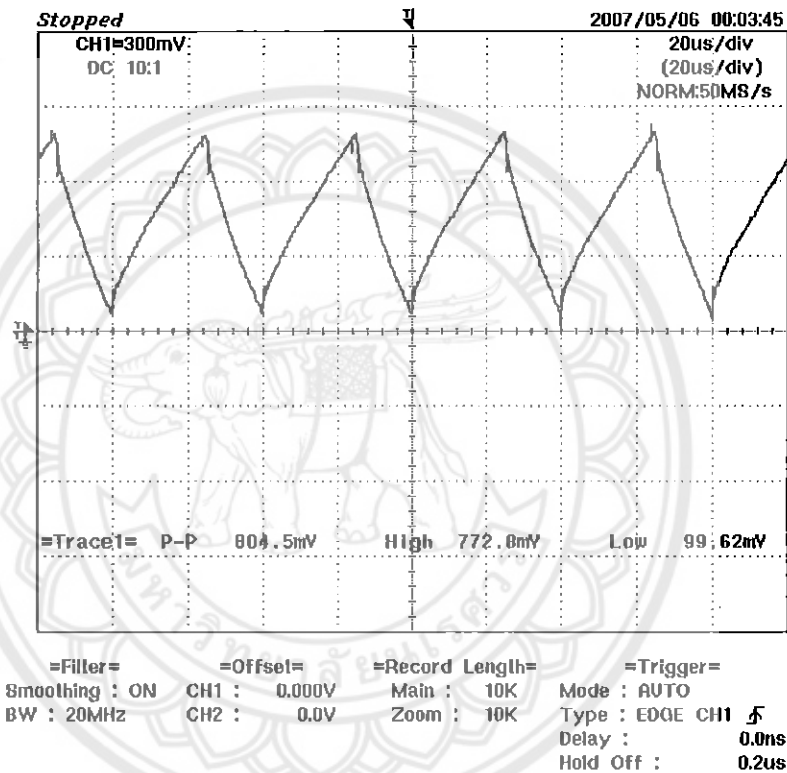
รูปที่ 4.19 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ D = 0.4

จากรูปที่ 4.20 แสดงรูปสัญญาณค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริง ขณะที่วงจรมอเตอร์คอนเวอร์เตอร์ทำงานที่ค่าความถี่ 25 kHz และปรับค่าดิวตี้ไซเคิลไปที่ 0.5 จะได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดคือ 32.00 mA และได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมากที่สุดคือ 669.2 mA ลักษณะของกระแสที่ได้นี้จะจัดอยู่ในโหมบกระแสต่อเนื่อง ซึ่งสังเกตได้จากค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดมีค่าเป็นบวกหรือสังเกตง่ายๆ ดูที่การแกว่งของสัญญาณ จะมีลักษณะการแกว่งอยู่ในช่วงบวกตลอด



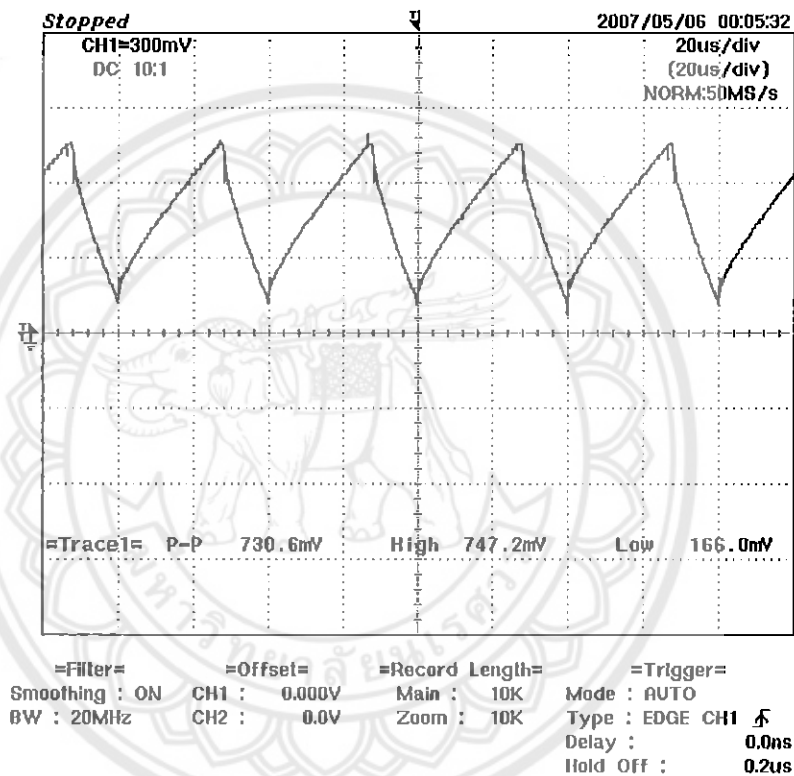
รูปที่ 4.20 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.5$

จากรูปที่ 4.21 แสดงรูปสัญญาณค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริง ขณะที่วงจรมอเตอร์คอนเวอร์เตอร์ทำงานที่ค่าความถี่ 25 kHz และปรับค่าดิวิตีไซเคิลไปที่ 0.6 จะได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดคือ 99.62 mA และได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมากที่สุดคือ 772.8 mA ลักษณะของกระแสที่ได้นี้จะจัดอยู่ในโหมดกระแสต่อเนื่อง ซึ่งสังเกตได้จากค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดมีค่าเป็นบวกหรือสังเกตง่ายๆ ดูที่การแกว่งของสัญญาณ จะมีลักษณะการแกว่งอยู่ในช่วงบวกตลอด



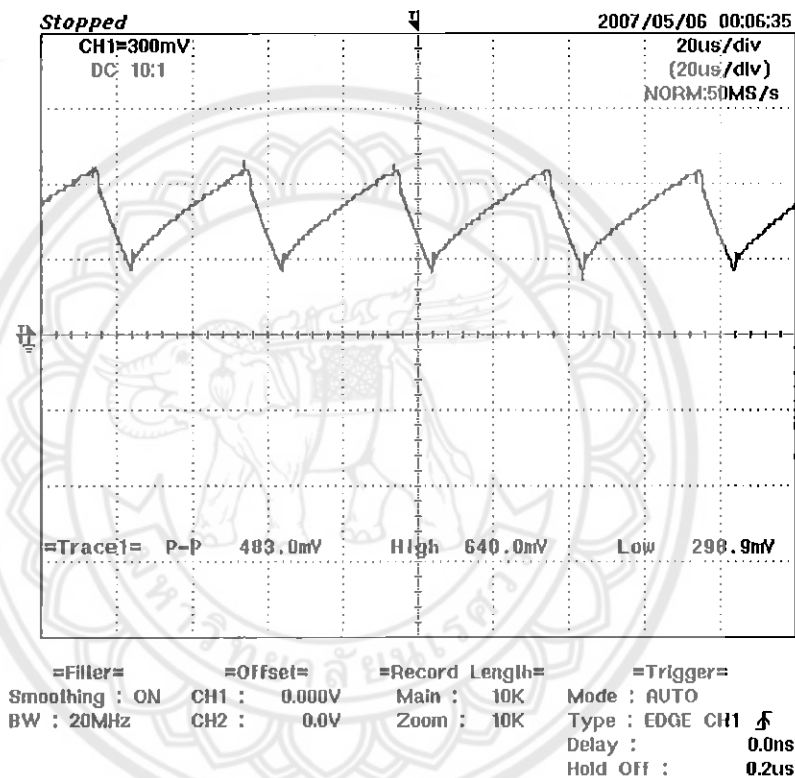
รูปที่ 4.21 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.6$

จากรูปที่ 4.22 แสดงรูปสัญญาณค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริง ขณะที่วงจรมอเตอร์คอนเวอร์เตอร์ทำงานที่ค่าความถี่ 25 kHz และปรับค่าดิวิต์ไซเคิลไปที่ 0.7 จะได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดคือ 166.0mA และได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมากที่สุดคือ 747.2 mA ลักษณะของกระแสที่ได้นี้จะจัดอยู่ในโหมมกระแสต่อเนื่อง ซึ่งสังเกตได้จากค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดมีค่าเป็นบวกหรือสังเกตง่ายๆ คือการแกว่งของสัญญาณ จะมีลักษณะการแกว่งอยู่ในช่วงบวกตลอด



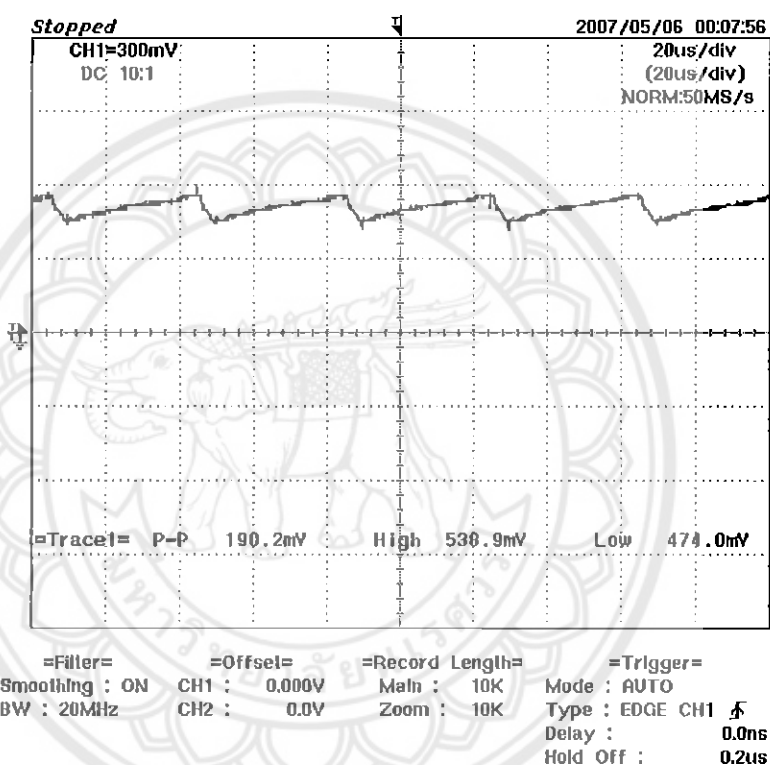
รูปที่ 4.22 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.7$

จากรูปที่ 4.23 แสดงรูปสัญญาณค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริง ขณะที่วงจรมอเตอร์ทำงานที่ค่าความถี่ 25 kHz และปรับค่าดิวิตีไซเคิลไปที่ 0.8 จะได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดคือ 298.9mA และได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมากที่สุดคือ 640.0 mA ลักษณะของกระแสที่ได้นี้จะจัดอยู่ในโหมดกระแสต่อเนื่อง ซึ่งสังเกตได้จากค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดมีค่าเป็นบวกหรือสังเกตง่ายๆ ดูที่การแกว่งของสัญญาณ จะมีลักษณะการแกว่งอยู่ในช่วงบวกตลอด



รูปที่ 4.23 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.8$

จากรูปที่ 4.24 แสดงรูปสัญญาณค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริง ขณะที่วงจรมอเตอร์ทำงานที่ค่าความถี่ 25 kHz และปรับค่าดีวีไอซ์เกิลไปที่ 0.9 จะได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดคือ 474.0 mA และได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำมากที่สุดคือ 538.9 mA ลักษณะของกระแสที่ได้นี้จะจัดอยู่ในโหมดกระแสต่อเนื่อง ซึ่งสังเกตได้จากค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำน้อยที่สุดมีค่าเป็นบวกหรือสังเกตง่ายๆ ดูที่การแกว่งของสัญญาณ จะมีลักษณะการแกว่งอยู่ในช่วงบวกตลอด



รูปที่ 4.24 ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจากการทดสอบจริงที่ $D = 0.9$

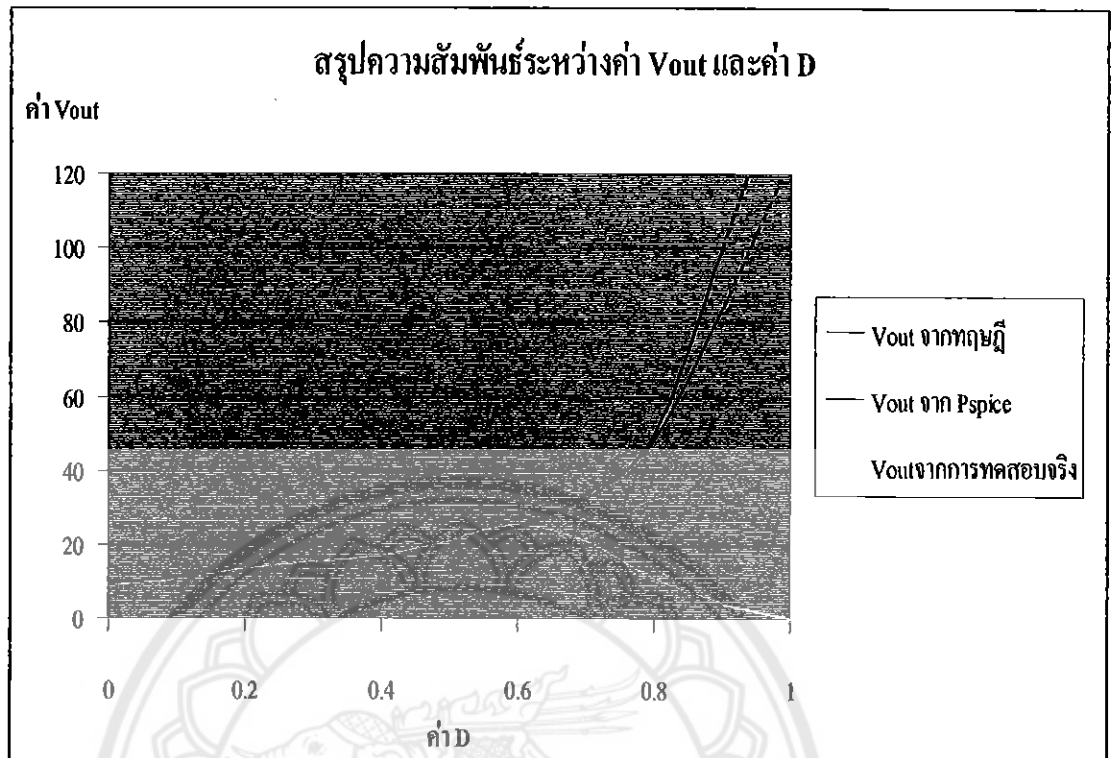
ตารางที่ 4.3 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่า D กับค่า ILmin , ILmax

ค่า D	ILmin จากทฤษฎี (A)	ILmax จากทฤษฎี (A)	ILmin จากการ ทดสอบ(A)	ILmax จากการ ทดสอบ(A)
0.1	0.0253	0.0868	-0.0407	0.9962
0.2	0.0094	0.1325	-0.0603	0.1992
0.3	0.0004	0.1850	-0.0407	0.4100
0.4	0.0031	0.2493	0.000	0.5406
0.5	0.0279	0.3356	0.0320	0.6692
0.6	0.0994	0.4687	0.0996	0.7728
0.7	0.2896	0.7204	0.1660	0.7472
0.8	0.8902	1.3825	0.2989	0.6400
0.9	4.2685	4.8223	0.4740	0.5389

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าค่า ILmin ที่ได้จากทฤษฎีมีค่าใกล้เคียงกับค่า ILmin ที่ได้จากการทดสอบจริงในช่วงคิวดั้ไซเคิลตั้งแต่ 0.1-0.6 แต่หลังจากนั้นตั้งแต่ช่วงคิวดั้ไซเคิล 0.7-0.9 จะมีค่า ILmin ที่ได้จากทฤษฎีแตกต่างจากค่า ILmin ที่ได้จากการทดสอบจริง ซึ่งสอดคล้องกับค่า Vout จากการทดสอบจริงซึ่งมีค่าแตกต่างจากค่า Vout ของทฤษฎีตั้งแต่ช่วงคิวดั้ไซเคิล 0.7-0.9 เหมือนกัน ซึ่งสามารถสังเกตได้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่า D กับค่า Vout

ค่า D	Vout ทฤษฎี (V)	ค่าแรงดันเอาต์พุต โดย โปรแกรม Pspice (V)	Vout ทดสอบจริง (V)
0.1	11.11	11.67	10.60
0.2	12.50	15.82	13.31
0.3	14.28	20.15	15.59
0.4	16.67	24.34	16.99
0.5	20.00	27.10	20.79
0.6	25.00	27.44	25.50
0.7	33.33	32.37	20.81
0.8	50.00	48.11	11.12
0.9	100.00	84.28	4.25



รูปที่ 4.25 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันเอาต์พุตกับค่าคิวซีไซเคิล

จากรูปที่ 4.25 จะเห็นว่าค่าแรงดันเอาต์พุตจากทฤษฎีและค่าแรงดันเอาต์พุตจาก Pspice มีค่าใกล้เคียงกันตลอดทั้งช่วงคิวซีไซเคิล 0.1-0.9 แต่ค่าแรงดันเอาต์พุตจากการทดสอบจริงมีค่าแตกต่างจากทฤษฎีและจาก Pspice คือ จะมีค่าแรงดันเอาต์พุตใกล้เคียงกันเฉพาะในช่วงคิวซีไซเคิลตั้งแต่ 0.1-0.6 และจะมีค่าลดลงในช่วงคิวซีไซเคิลตั้งแต่ 0.7-0.9

บทที่ 5

สรุปผลการทดสอบและแนวทางการพัฒนา

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลที่ได้จากการทำโครงการนี้ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะแนวทางการนำโครงการนี้ไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้ในอนาคต

5.1 การสรุปผลการทดสอบ

ในโครงการนี้เป็นการออกแบบและทดสอบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ (Boost Converter) เพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุตด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวส่งจ่ายค่าสัญญาณให้กับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ที่ตำแหน่งค่าควิต์ไซเคิลต่างๆและศึกษาค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งในโครงการนี้จะเปรียบเทียบค่าที่ได้จากทฤษฎีกับค่าที่ได้จากการทดสอบจริง

จากผลการทดลองพบว่าค่าที่ได้จากการทดสอบจริง มีค่าไม่เป็นไปตามหลักทฤษฎี ซึ่งจะมีค่าอัตราการขยายแรงดันเพิ่มขึ้นในช่วงควิต์ไซเคิล 0.1-0.6 และมีค่าอัตราการขยายแรงดันลดลงในช่วงควิต์ไซเคิล 0.7-0.9 และค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำจะมีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎีตั้งแต่ช่วงควิต์ไซเคิล 0.1-0.7 และแตกต่างกันในช่วงควิต์ไซเคิล 0.7-0.9 จึงทำให้วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ไม่สามารถบูสต์แรงดันให้ตรงตามหลักทฤษฎีได้ ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการทดลองอาจเกิดได้จาก ความไม่พร้อมของอุปกรณ์บางตัวและความผิดพลาดของตัวผู้ทำการทดลองเอง

5.2 ปัญหาที่พบ

5.2.1 ปัญหาเรื่องการมีสัญญาณรบกวนต่างๆ เข้ามาเล็กน้อยในการขยายสัญญาณพัลส์และการวัดค่าแรงดันเอาต์พุต

5.2.2 ปัญหาเรื่องค่าอุปกรณ์บางตัวไม่ค่อยมีขนาดตามความต้องการและทำการวัดค่าคลาดเคลื่อนเช่น ตัวเหนี่ยวนำ

5.2.3 ปัญหาในเรื่องค่ากระแสในวงจรยังมีค่าน้อยเกินไป

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อไป

5.3.1 ต้องมีการติดตั้งวงจรควบคุมเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ค่าอัตราการขยายแรงดันมีความเสถียรภาพมากขึ้น

5.3.2 สามารถนำไปพัฒนาประยุกต์ใช้งานกับระบบแผงโซลาร์เซลล์ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] รศ.ดร. วีระเชษฐ์ ชันเงิน และ วุฒิพล ธาราธิรเศรษฐ์, อิเล็กทรอนิกส์กำลัง, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ, ห้างหุ้นส่วนจำกัด จี.เจ. พรินติ้ง, 2547
- [2] ทวี วงสิงห์ และ พงศ์วิทย์ พรหมสุวรรณ และ อนเนก สังข์ป้อม “คิซิทูคิซิบูสต์คอนเวอร์เตอร์” ปรินญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยนเรศวร 2547
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Boost_converter
- [4] http://www.ipes.ethz.ch/ipes/dcdc/c_Boost.html



ภาคผนวก

การเขียนโปรแกรมภาษา PIC BASIC PRO ที่ควบคุมค่าตัวชี้ไจเกิดในวงจรบรูสต์คอนเวอร์เตอร์

```
INCLUDE "bs2defs.bas"
```

```
DEFINE OSC 4
```

```
DEFINE ADC_BITS 10
```

```
DEFINE ADC_CLOCK 3
```

```
DEFINE ADC_SAMPLE&SUS 500
```

```
V_IN VAR WORD
```

```
ADCON1 = 00000000
```

```
ADCON1.7 = 1
```

```
TRISA = %11111111
```

```
PAUSE 1000
```

```
LOOP: ADCIN 0,V_IN
```

```
hpwm 2,V_IN,25000
```

```
GOTO LOOP
```

```
END
```

ประวัติผู้เขียนโครงการ



ชื่อ นายธีรพงษ์ ก่อเกิด

ภูมิลำเนา 337/141 ถ.จรควิถีดออง หมู่ 6 ต.ไม้งาม อ.เมือง จ.ตาก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนตากพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email : Six_auto@hotmail.com



ชื่อ นายธีระพงศ์ สมภารราช

ภูมิลำเนา 21/1 หมู่ 5 ต.แม่ตอด อ.เดิน จ.ลำปาง

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเดินวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email : nabanrai@hotmail.com