

การออกแบบและสร้างอินเวอร์เตอร์รูปคลื่นไซน์

ขนาด 1.0 เควีเอ 220 โวลต์ 50 แอมป์



นาย ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

004086

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2524

I 1642b915

DESIGN AND CONSTRUCTION  
OF A 1 KVA 220 V 50 HZ SINE WAVE INVERTER

Mr. Prasit Pittayapat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1981

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและสร้างอินเวอร์เตอร์รูปคลื่นไซน์  
ขนาด I.O เควีเอ 220 โวลต์ 50 แอมป์

โดย นาย ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

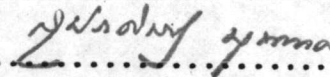
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพบุลย์ ไชยนิล

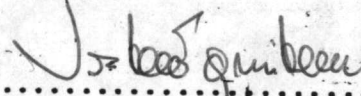
รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล เดชนครินทร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง

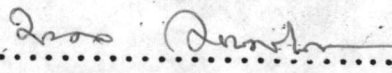
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

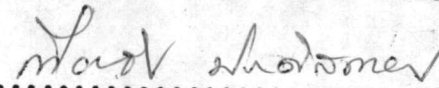
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุณนาค )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อุตหิไทยะ )

  
..... กรรมการ  
( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพบุลย์ ไชยนิล )

  
..... กรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. มงคล เดชนครินทร์ )

  
..... กรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ ดร. เทียนชัย ประดิษฐายน )

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การออกแบบและสร้างอินเวอร์เตอร์รูปคลื่นไซน์  
ขนาด 1.0 เควีเอ 220 โวลต์ 50 แอร์ตซ์

ชื่อนิสิต                    นายประสิทธิ์ พิทยพัฒน์

ภาควิชา                      วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา           ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพบุลย์ ไชยนิล  
รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล เคชนครินทร์

ปีการศึกษา                2524



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้แสดงการออกแบบและสร้างอินเวอร์เตอร์ ขนาด 1.0 เควีเอ 220 โวลต์ 50 แอร์ตซ์ แรงดันออกเป็นรูปคลื่นไซน์โดยใช้ไทรซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์หลัก แรงดันกระแสตรงเข้าใช้  $72 V_{dc}$  และวงจรกำลังซึ่งเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งใช้วงจรคลาส C แบบแมคเมอร์เรย์-เบตฟอร์ด ซึ่งประกอบด้วยไทรซิสเตอร์สองตัวทำงานสลับกันตัวละครึ่งรอบ ไทรซิสเตอร์ทั้งสองตัวนี้ถูกควบคุมโดย วงจรจุดชนวนที่ทำงานจาก IC ซึ่งสามารถผลิตสัญญาณจุดชนวนรูปคลื่นสี่เหลี่ยมสลับกันได้ แรงดันออกจะเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมก่อนซึ่งจะถูกกรองเอาฮาร์โมนิกสูงๆ ออกโดยตัวกรองแบบของออกทำให้เหลือเป็นรูปคลื่นไซน์



Thesis Title      Design and Construction of a 1 KVA 220 V 50 Hz  
Sine Wave Inverter

Name                Mr. Prasit Pittayapat

Department        Electrical Engineering

Thesis Advisor    Assistant Professor Paibul CHAIYANIL  
Associate Professor Dr. Mongkol DEJNAKARINTRA

#### ABSTRACT

This thesis presents a design and construction of a 1 KVA 220 V 50 Hz Sine-wave inverter using thyristors as principal components. The input voltage is  $72 V_{dc}$  and the power circuit is of Class C McMurray-Bedford type which consists of two thyristors working alternately for half cycle each. The two thyristors are controlled by a firing circuit which consists of a square wave generating IC. The output voltage of the inverter, which is a square wave is passed through an OTT filter so that higher harmonics are eliminated.



กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพรัช นิลเสนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ท่านแรกที่ได้ช่วยให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์หลายอย่างระหว่างที่ท่านยังรับราชการอยู่ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพบูลย์ ไชยนิล หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านได้ให้คำแนะนำ กระตุ้นให้ผู้ทำวิทยานิพนธ์เห็นถึงความสำคัญของวิทยานิพนธ์นี้และช่วยกรุณาอ่านบททวน แกไขวิทยานิพนธ์หลายอย่างจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ และ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล เตชนครินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ช่วยให้คำแนะนำและช่วยตรวจแก้ภาษาของวิทยานิพนธ์นี้ด้วยดีตลอดทั้งเล่ม

ขอขอบคุณ คุณจีระศักดิ์ ศิริชิตโยธิน แห่งบริษัท ลีอกชเลีย์ ที่กรุณาเป็นผู้ช่วยทำการทดลองตลอดเวลาโดยไม่เห็นแก่ความเหน็ดเหนื่อย

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัส พิทยพัฒน์ ภริยาผู้ทำวิทยานิพนธ์ที่ให้กำลังใจอยู่ตลอดระยะเวลาทำวิทยานิพนธ์นี้

สารบัญ



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๑
รายการรูปและกราฟ.....	๘
รายการตาราง.....	๗
สัญลักษณ์.....	๘

บทที่

1. บทนำ

1.1 คำนำ.....	1
1.1.1 อินเวอร์เตอร์แบบสวิตช์กล.....	1
1.1.2 อินเวอร์เตอร์แบบสวิตช์ทรานซิสเตอร์.....	1
1.1.3 อินเวอร์เตอร์แบบใช้ไทรซิสเตอร์.....	1
1.2 อินเวอร์เตอร์แบบใช้ไทรซิสเตอร์.....	1
1.3 จุดมุ่งหมายของวิทยานิพนธ์และประโยชน์ที่จะได้.....	2

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
1.4 ขั้นตอนการทำงาน.....	3
1.4.1 บทที่ 2.....	3
1.4.2 บทที่ 3.....	3
1.4.3 บทที่ 4.....	3
1.4.4 บทที่ 5.....	3
1.4.5 บทที่ 6.....	3
1.4.6 ผลทดสอบ.....	3
 2. การแบ่งประเภทของทรานซิสเตอร์อินเวอร์เตอร์	
2.2 คำนำ.....	4
2.2.1 ขอบเปอร์.....	4
2.2.2 อินเวอร์เตอร์ชนิดที่โหลคมจุดต่อกลาง.....	4
2.2.3 อินเวอร์เตอร์ชนิดที่แหล่งจ่ายไฟมีจุดต่อกลาง....	4
2.2.4 อินเวอร์เตอร์ชนิดบริดจ์ 1 เฟส.....	4



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.5 อินเวอร์เตอร์ชนิด 3 เฟส ครึ่งคลื่น.....	5
2.2.6 อินเวอร์เตอร์ชนิดบริดจ์ 3 เฟส.....	5
2.3 การแบ่งประเภทตามวิธีการคอมมิวเตต.....	6
2.3.1 คลาส A.....	6
2.3.2 คลาส B.....	6
2.3.3 คลาส C.....	7
2.3.4 คลาส D.....	7
2.3.5 คลาส E.....	7
2.3.6 คลาส F.....	7
2.4 คลาส A คอมมิวเตตตัวเองโดยการเรโซแนนซ์ ของโหลด.....	8
2.5 คลาส B คอมมิวเตตตัวเองโดยใช้วงจรถูก LC.....	9
2.6 คลาส C ต่อตัวเก็บประจุที่มีประจุเต็ม โดยทริสเตอร์ ที่รับโหลดอีกตัวหนึ่ง.....	10

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 คลาส D ต่อตัวเก็บประจุที่มีประจุเต็มโดย ใช้สวิตช์จุดขนวนช่วย.....	11
2.8 คลาส E ใช้แหล่งจ่ายพัลส์สำหรับคอมมิวเตต จากภายนอก.....	12
2.9 คลาส F คอมมิวเตตโดยอาศัยแรงดันจาก สายกระแสดับด้านนอก.....	14
3. การวิเคราะห์อินเวอร์เตอร์คลาส C	
3.1 คำนำ.....	15
3.2 การวิเคราะห์วงจร.....	16
3.2.1 วงจรไฟฟ้าและสมมุติฐาน.....	16
3.2.2 การทำงานของอินเวอร์เตอร์เมื่อโหลดมี ตัวประกอบกำลังแบบล้าหลัง.....	17
3.2.3 การทำงานของอินเวอร์เตอร์เมื่อโหลดมี ตัวประกอบกำลังแบบนำหน้า.....	21

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การวิเคราะห์คอมมิวเตติงอิมพัลส์.....	23
3.3.1 ช่วง B เมื่อโพลกมีตัวประกอบกำลังแบบ ล้าหลัง.....	23
3.3.2 คอมมิวเตติงอิมพัลส์ในภาวะไรโพลด.....	26
3.3.3 ช่วง C เมื่อโพลกมีตัวประกอบกำลังแบบ นำหน้า.....	27
3.3.4 การเลือกค่าความจุและความเหนียวหน้า สำหรับการคอมมิวเตต.....	28
3.3.5 การเลือกค่าเศษส่วนสำหรับจุดแยก.....	32
3.3.6 รูปลักษณะหลายแบบของอินเวอร์เตอร์คลาส C...	33
4. การออกแบบและทำอินเวอร์เตอร์	
4.1 คำนำ.....	34
4.2 การออกแบบวงจรกำลัง.....	35

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.1 กำลังไฟฟ้าเข้า.....	36
4.2.2 กระแสเฉลี่ยของไทรสเตอร์.....	36
4.2.3 แรงดันคีนหน้าสูงสุด.....	36
4.2.4 ค่าคอมมิวเตดิง L และ C.....	36
4.2.5 หาค่า $dv/dt$ และ $di/dt$ .....	37
4.2.6 การเลือกใช้ไทรสเตอร์และไดโอด.....	37
4.2.7 หม้อแปลงไฟฟ้า.....	37
4.2.8 วงจรถับเมอร์.....	37
4.3 การออกแบบวงจรจุดชนวน.....	38
4.3.1 วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม 400 Hz.....	38
4.3.2 วงจรนับหาร 8.....	40
4.3.3 วงจรควบคุมการทำงานของวงจรถับหาร 8 และ วงจรถับ.....	41



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การออกแบบวงจรตัวกรอง.....	43
4.4.1 ความต้านทานโหลด.....	44
4.4.2 ความเหนี่ยวนำโหลด.....	44
4.4.3 อิมพีแดนซ์โหลด.....	44
4.4.4 อิมพีแดนซ์ตัวกรอง.....	44
4.4.5 ความเร็วเชิงมุม.....	44
4.4.6 ค่าของส่วนประกอบตัวกรอง.....	44
4.4.7 อิมพีแดนซ์อิมพีแดนซ์ของตัวกรอง.....	45
4.4.8 การทำวงจรถ่ายกรอง.....	45
4.5 รูปเครื่องอินเวอร์เตอร์.....	46
5. การทดสอบอินเวอร์เตอร์	
5.1 คำนำ.....	47
5.2 ทดสอบวงจรจุดขนาน.....	47
5.3 ทดสอบวงจรตัวกรอง.....	49

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.4 ทดสอบวงจรกำลังและการจ่ายโหลด.....	52
5.4.1 ทดสอบอินเวอร์เตอร์เมื่อยังไม่ได้ต่อตัวกรอง...	52
5.4.2 ทดสอบอินเวอร์เตอร์เมื่อต่อตัวกรอง.....	52
5.5 รูปคลื่นและฮาร์โมนิก.....	57
5.5.1 รูปคลื่นแรงดันและกระแส.....	57
5.5.2 การวัดหาฮาร์โมนิก.....	61
6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
6.1 คำนำ.....	62
6.2 วงจรจุดขนวน.....	62
6.3 วงจรตัวกรอง.....	62
6.4 วงจรอินเวอร์เตอร์.....	63
6.4.1 อินเวอร์เตอร์เมื่อไม่ได้ต่อตัวกรอง.....	63
6.4.2 อินเวอร์เตอร์เมื่อต่อตัวกรอง.....	64
6.5 ข้อเสนอแนะ.....	65

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	66
ภาคผนวก.....	67
ก. หม้อแปลงไฟฟ้า.....	68
ข. ตัวเหนี่ยวนำ.....	70
ค. ตารางแสดงผลทดสอบ.....	75
ง. การคำนวณหากระแส และแรงดันของอุปกรณ์ตัวกรอง.....	90
จ. คุณสมบัติอุปกรณ์.....	94
ประวัติผู้เขียน.....	99

## รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 รูปลักษณะวงจรอินเวอร์เตอร์.....	5
2.2 วงจรคลาส A ซอปเปอร์.....	8
2.3 วงจรคลาส B ซอปเปอร์.....	9
2.4 อินเวอร์เตอร์ชนิดคลาส C.....	10
2.5 อินเวอร์เตอร์ชนิดคลาส C แบบแมคเมอร์เรย์- เบตฟอร์ด.....	11
2.6 วงจรคลาส D ซอปเปอร์.....	12
2.7 วงจรคลาส E ซอปเปอร์.....	13
2.8 วงจรคลาส E ซอปเปอร์.....	13
2.9 อินเวอร์เตอร์ชนิดคลาส F.....	14
3.1 แมคเมอร์เรย์-เบตฟอร์ดอินเวอร์เตอร์.....	15
3.2 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบวงจรแมคเมอร์เรย์-เบตฟอร์ด ชนิดฮาล์ฟบริดจ์.....	16



รายการรูปประกอบ (ต่อ)

	หน้า
3.3 รูปคลื่นต่างๆ สำหรับกรณีทีโหลตมีตัวประกอบกำลังแบบ ล้าหลัง.....	18
3.4 รูปคลื่นต่างๆ สำหรับกรณีทีโหลตมีตัวประกอบกำลังแบบ นำหน้า.....	21
3.5 คอมมิวเตติงพารามิเตอร์ของอินเวอร์เตอร์.....	26
3.6 การแปรของ C และ L กับพารามิเตอร์ $x_0$ .....	29
3.7 การแปรของพลังงานที่ถูกกักไว้กับพารามิเตอร์ $x_0$ และโหลต.....	31
3.8 รูปลักษณะวงจรถลาส C.....	33
4.1 บล็อกไดอะแกรมวงจรถลาสอินเวอร์เตอร์.....	35
4.2 วงจรถลาสอินเวอร์เตอร์.....	35
4.3 บล็อกไดอะแกรมวงจรถลาสจตุรขบวน.....	38
4.4 วงจรถลาสกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม.....	39

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

	หน้า
4.5 วงจรนับหาร 8.....	41
4.6 วงจรควบคุมการทำงานของวงจรถับหาร 8 และ วงจรถับ.....	41
4.7 วงจรถับไตรสเตอร์.....	42
4.8 วงจรตัวกรอง.....	43
4.9 รูปเครื่องอินเวอร์เตอร์.....	46
5.1 สัญญาณนาฬิกาและพัลส์.....	47
5.2 สัญญาณพัลส์ 2 รูปสำหรับจุดขนานไตรสเตอร์.....	48
5.3 ประสิทธิภาพ v.s กระแสไหลด (วงจรถัวกรอง).....	50
5.4 แรงดันไหลด v.s กระแสไหลด (วงจรถัวกรอง).....	51
5.5 ประสิทธิภาพ v.s กระแสไหลด (อินเวอร์เตอร์ เมื่อยังไม่ต่อตัวกรอง).....	53
5.6 แรงดันไหลด v.s กระแสไหลด (อินเวอร์เตอร์ เมื่อยังไม่ต่อตัวกรอง).....	54

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

	หน้า
5.7 ประสิทธิภาพ v.s กระแสไหลต (อินเวอร์เตอร์เมื่อ ต่อตัวกรอง).....	55
5.8 แรงดันไหลต v.s กระแสไหลต (อินเวอร์เตอร์เมื่อ ต่อตัวกรอง).....	56
5.9 รูปคลื่นแรงดันออกเมื่อยังไม่ต่อตัวกรอง.....	57
5.10 รูปคลื่นแรงดันออกเมื่อต่อตัวกรองแล้ว.....	57
5.11 รูปคลื่นแรงดันออกเมื่อต่อตัวกรองไหลตมีตัว ประกอบกำลัง 100 %.....	58
5.12 รูปคลื่นแรงดันออกเมื่อต่อตัวกรองแล้วไหลตมีตัวประกอบ กำลัง 80 % ล้าหลัง.....	58
5.13 รูปคลื่นแรงดันออกเมื่อต่อตัวกรองแล้ว ไหลตมีตัวประกอบ กำลัง 80 % นำหน้า.....	59
5.14 รูปคลื่นแรงดันคร่อมไทรซิสเตอร์ไหลตมีตัวประกอบ กำลัง 100 % .....	59

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

	หน้า
5.15 รูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านทรานซิสเตอร์โหลดมีตัวประกอบ	
กำลัง 100 % .....	60
5.16 รูปคลื่นกระแสที่ไหลผ่านไดโอด โหลดมีตัวประกอบกำลัง	
80 % ล้าหลัง.....	60



## รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติตามรูปลักษณะวงจรต่างๆ .....	6
2.2	การแบ่งประเภทของอินเวอร์เตอร์.....	7
5.5.1	สัญญาณแรงดันจุดขนวน.....	48
5.5.2	ฮาร์โมนิก.....	61

## สัญลักษณ์

CK	นาฬิกา
CT	จุดแยกกลาง
$I_{AV}$	กระแสเฉลี่ย
$I_L$	กระแสโหลด
$I_m$	กระแสสูงสุด
$\gamma$	ประสิทธิภาพ
P.F.	ตัวประกอบกำลัง
$P_{IN}$	กำลังงานไฟฟ้าเข้า
$P_L$	กำลังงานไฟฟ้าโหลด
SWG	Standard Wire Gauge
$t_b$	ช่วงเวลาที่ไทรสเตอร์มีแรงดันย้อน
$t_c$	ช่วงเวลาการทำให้ไทรสเตอร์หยุดนำกระแส
$t_f$	เวลาที่ใช้ในการลดกระแสสูงสุดลงเป็นศูนย์
$t_{oo}$	ช่วงเวลาที่ไทรสเตอร์หยุดนำกระแส
T	จำนวนรอบ
$V_P$	แรงดันสูงสุดของสัญญาณจุดชนวน



$W$	พลังงานที่ถูกกักในตัวเหนี่ยวนำ
$\omega$	ความเร็วเชิงมุม
$Z_D$	อิมพีแดนซ์ที่ออกแบบของตัวกรอง
$Z_L$	อิมพีแดนซ์ของโหลด
$Z_{IN}$	อินพุตอิมพีแดนซ์