

อินเวอร์เตอร์ที่แปรความถี่การสวิตช์สำหรับงานขับเคลื่อนมอเตอร์



นาย ภักดี วรเพียร

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-246-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A VARIABLE SWITCHING FREQUENCY INVERTER  
FOR MOTOR DRIVE APPLICATIONS**



**Mr. Pakdee Worapain**

**สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**  
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

**Department of Electrical Engineering**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**


**Academic Year 1997**

**ISBN 974-637-246-7**


หัวข้อวิทยานิพนธ์ : อินเวอร์เตอร์ที่แปรความถี่การสวิทซ์สำหรับงานขับเคลื่อนมอเตอร์  
โดย : นาย ภักดี วรเพียร  
ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า  
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.โคทม อาริยา


---


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

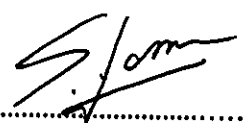
  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์นายแพทย์ สุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุทธนา กุลวิทิต)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. โคทม อาริยา)

  
.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวกรรมนท์)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.สมบูรณ์ แสงวงศ์วานิชย์)

ภักดี วรเพียร : อินเวอร์เตอร์ที่แปรความถี่การสวิตช์สำหรับงานขับเคลื่อนมอเตอร์ (A VARIABLE SWITCHING FREQUENCY INVERTER FOR MOTOR DRIVE APPLICATIONS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. โททม อารียา, 96 หน้า. ISBN 974-637-246-7.

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างระบบอินเวอร์เตอร์ที่มีการแปรความถี่การสวิตช์ โดยมีจุดมุ่งหมายในการลดเสียงรบกวนจากตัวมอเตอร์อันเนื่องมาจากการขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ เนื่องจากในระบบที่มีความถี่การสวิตช์คงที่จะเกิดเสียงแค้นซัดที่ความถี่การสวิตช์และค่าพหุคูณของความถี่การสวิตช์ อันเนื่องมาจากกระแสฮาร์มอนิก ถ้าแปรความถี่การสวิตช์เพื่อให้ได้สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกที่กระจายออกในช่วงกว้าง เสียงรบกวนจะไม่เกิดแค้นซัดที่ความถี่ใดความถี่หนึ่ง จึงช่วยลดความรำคาญอันเกิดจากเสียงรบกวนนั้นลงบ้าง วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาถึงการหาแบบแผนการแปรความถี่การสวิตช์ โดยเริ่มต้นจากหลักการของออปติมิซชันไซเคิลที่ช่วยลดองค์ประกอบฮาร์มอนิก อีกทั้งยังทำให้สเปกตรัมของกระแสมีการกระจายที่ดีเมื่อดัชนีการมอดูเลตเท่ากับหนึ่ง สำหรับดัชนีการมอดูเลตค่าอื่นๆยังควรใช้แบบแผนการแปรความถี่การสวิตช์ที่คงการกระจายของสเปกตรัมไว้ โดยที่แบบแผนนี้สามารถประมาณให้เป็นฟังก์ชันง่ายๆได้คือ ฟังก์ชันค่าสัมบูรณ์ของไซน์ ทำให้ง่ายต่อการสร้างระบบ ระบบที่สร้างขึ้นใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 16 บิตในการกำเนิดสัญญาณมอดูเลตความถี่กว้างพัลส์และควบคุมระบบทั้งหมด ผลการทดสอบได้แสดงถึงสมรรถนะและข้อดีข้อเสียของระบบอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า .....  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า .....  
ปีการศึกษา ..... 2540 .....

ลายมือชื่อผู้ติด ..... ภูษิต วัฒนพงศ์ .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... อ.ท.ดร. .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

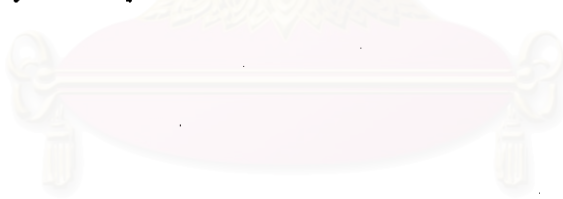
## C815553 : MAJOR POWER ELECTRONICS

KEY WORD: VARIABLE SWITCHING FREQUENCY/ SWITCHING FREQUENCY MODULATION/ RANDOM MODULATION /  
SPREAD SPECTRUM SWITCHING

PAKDEE WORAPAIN :A VARIABLE SWITCHING FREQUENCY INVERTER FOR MOTOR DRIVE APPLICATIONS.

THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. GOTHOM ARYA, Dr. Ing. 96 pp. ISBN 974-637-246-7.

This thesis presents a design and implementation method of a variable switching frequency inverter. The aim of this research is to reduce the annoyance caused by acoustic noise from a motor driven by an inverter with a fixed switching frequency. By using a fixed switching frequency inverter, the noise tends to occur at switching frequency and its multiples. By varying switching frequency in such a way that the harmonic current spectrum is well spread in a wide frequency range, the noise does not seem dominant at any particular frequency. Then the sound is less annoying. This thesis looks for an appropriate switching frequency pattern, and the optimum subcycle method was used to minimize the current harmonic content. It was found that when the modulation index equals 1, the current harmonic spectrum was also well spread. It was suggested that this frequency pattern be used for other modulation index values in order to maintain the spreading of the spectrum. This pattern can be approximated to an absolute sine function which is easier to implement. The implementation was carried out by using a 16 bit microcontroller to generate PWM signals and to control the overall system. Experimental results confirmed the suitability of the proposed system.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....

ปีการศึกษา..... 2540.....

ลายมือชื่อนิติ..... ภาณุ ทรัพย์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... อนุช.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษารวม.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำที่มีประโยชน์อย่างยิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.โคทม อาริยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ดร. สมบูรณ์ แสงวงศ์วานิชย์ โดยที่อาจารย์ทั้งสองท่านได้ช่วยชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาและให้คำปรึกษาต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยตลอดมา อีกทั้งอาจารย์ทั้งหลายที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในการจัดทำวิทยานิพนธ์ จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ของข้าพเจ้า ที่ให้โอกาสทางการศึกษา และคอยให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอ และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำวง ยังคณะวนิ ผู้บังคับบัญชาของข้าพเจ้า ผู้ให้โอกาสข้าพเจ้าได้มาศึกษาต่อและให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านแก่ข้าพเจ้าตลอดมา

ภักดี วรเพ็ชร

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญเรื่อง.....	ช
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ.....	ฅ

## บทที่

1. บทนำ.....	1
2. หลักการของอินเวอร์เตอร์แบบเวกเตอร์แรงดันที่แปรความถี่การสวิตช์.....	4
3. การหาแบบแผนการแปรความถี่การสวิตช์.....	15
4. การจำลองระบบอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์.....	23
5. การสร้างระบบอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์.....	37
6. ผลการทดสอบระบบอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์.....	50
7. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	71
รายการอ้างอิง.....	74
ภาคผนวก ก.....	77
ภาคผนวก ข.....	82
ภาคผนวก ค.....	84
ประวัติผู้เขียน.....	85

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สถานะการสวิทซ์ในการกำเนิดสัญญาณเวกเตอร์แรงดัน.....	8
2.2 ความกว้างพัลส์ที่จะต้องสร้างของแต่ละเฟสในแต่ละเซกเตอร์.....	10
5.1 สถานะการทำงานของปุ่มกด.....	40
6.1 ผลการทดสอบเทียบรบกวนจากมอเตอร์เชิงจิตวิสัย.....	67



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 แบบจำลองของระบบที่ใช้โหลดเป็นแบบจำลองมอเตอร์เหนี่ยวนำ และคำนึงถึงผลของเวลาช่วงตาย.....	35
4.11 กระแสเฟสของมอเตอร์จากการจำลองระบบที่ความถี่มูลฐาน 25 Hz.....	36
5.1 ภาพรวมของระบบอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์.....	37
5.2 วงจรของภาคควบคุมระบบอินเวอร์เตอร์แบบแปรความถี่การสวิตช์.....	39
5.3 บล็อกแสดงการทำงานของซอฟต์แวร์ สำหรับอินเวอร์เตอร์แบบแปร ความถี่การสวิตช์.....	41
5.4 บล็อกไดอะแกรมของหน่วย WG.....	43
5.5 รูปคลื่นกระแสมอเตอร์ในสถานะไม่มีโหลด ที่ความถี่ 50Hz เมื่อมีการ หน่วงเวลาในการคำนวณเวกเตอร์แรงดัน.....	45
5.6 แผนผังโปรแกรมแสดงการคำนวณค่าเวกเตอร์แรงดันล่วงหน้า.....	46
5.7 รูปคลื่นกระแสมอเตอร์ในสถานะที่ไม่มีโหลด ที่ความถี่ 50Hz เมื่อมี การคำนวณเวกเตอร์แรงดันล่วงหน้า.....	47
5.8 ชุดตรวจจับของภาคป้องกัน.....	49
6.1 กระแสเฟสของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์ที่มีค่าเวลาช่วงตาย 4µs ที่ความถี่หลักมูล 50Hz.....	50
6.2 กระแสเฟสของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์ที่มีค่าเวลาช่วงตาย 4µs ที่ความถี่หลักมูล 25Hz.....	51
6.3 กระแสเฟสของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์ที่มีค่าเวลาช่วงตาย 4µs ที่ความถี่หลักมูล 20Hz.....	51
6.4 กระแสเฟสของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์ที่มีค่าเวลาช่วงตาย 4µs ที่ความถี่หลักมูล 10Hz.....	52
6.5 กระแสเฟสของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนโดยอินเวอร์เตอร์ที่มีค่าเวลาช่วงตาย 1µs และแปรความถี่การสวิตช์ในแบบแผนค่าสัมบูรณ์ของไซน์.....	53
6.6 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกที่ความถี่หลักมูล 50Hz.....	54
6.7 สเปกตรัมของกระแสฮาร์มอนิกที่ความถี่หลักมูล 25Hz.....	55

## สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.8	56
6.9	57
6.10 (ก)	59
(ข)	59
6.11	60
6.12	61
6.13	62
6.14	64
6.15	65
6.16	66
ผ.ก.1	78
ผ.ก.2	81
ผ.ข.1	82