วงจรแปลงผันสองทิศทางสำหรับยูพีเอส

นาย ประสิทธิ์ พัวภูมิเจริญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-488-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018478 I15148821

A BILATERAL CONVERTER FOR UPS

MR. PRASIT PUAPOOMCHAREON

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1992

ISBN 974-581-488-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : วงจรแปลงผันสองทิศทางสำหรับยูพีเอส
โดย : นาย ประสิทธิ์ พัวภูมิเจริญ
ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.โคทม อารียา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. มงคล เดชนครินทร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. โคทม อารียา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา กุลวิทิต)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ประสิทธิ์ พัวภูมิเจริญ : วงจรแปลงผันสองทิศทางสำหรับยูพีเอส (A BILATERAL CONVERTER FOR UPS) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. โคทม อารียา, 125 หน้า. ISBN 974-581-488-1

การนำวงจรแปลงผันสองทิศทางมาประยุกต์ใช้เป็นยูพีเอส เป็นการรวมวงจรเรียงกระแส/ประจุแบตเตอรี่ และวงจรอินเวอร์เตอร์เข้าด้วยกัน ทำให้โครงสร้างทางกำลังของยูพีเอสมีขนาดเล็กลง โดยโครงสร้างของวงจรแปลงผันสองทิศทางที่นำมาประยุกต์ใช้นี้ จะทำหน้าที่เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ที่มีการตอบสนองเร็ว ซึ่งแรงดันออกสามารถคืนสู่รูปไซน์ ภายใน 1 มิลลิวินาที เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของโหลดในช่วง 0 ถึง 50 % แรงดันออกเป็นคลื่นรูปไซน์ความเพี้ยนต่ำ และถ้าทำหน้าที่เป็นวงจรประจุแบตเตอรี่ วงจรแปลงผันสองทิศทางนี้จะทำการควบคุมให้กระแสด้านเข้าของวงจร มีลักษณะรูปไซน์ที่มีความเพี้ยนต่ำ เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากกระแสฮาร์มอนิก และช่วยปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้แก่โหลด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต นาย ประสิทธิ์ พัวภูมิเจริญ

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C115740 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD : BILATERAL CONVERTER/UPS/AC-DC CONVERTER/DC-AC CONVERTER
PRASIT PUAPOOMCHAREON : A BILATERAL CONVERTER FOR UPS
THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. DR. GOTHOM ARYA, 125 pp. ISBN 974-581-488-1

A bilateral converter is used in UPS to perform the function of rectifier/charger or inverter. The bilateral converter that has been constructed in this thesis is a fast response inverter. The settling time for the distorted output voltage to return to sine wave is less than 1 ms when the load changes from 0 to 50 %. When the bilateral converter works in the rectifier/charger mode, it has sine wave input current. This feature reduces the problem created by harmonic current and improves the power factor of the system.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต ...
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ...
ปีการศึกษา ๒๕๓๔ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ...

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. โคทม อารียา ที่ได้ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา อีกทั้ง ศาสตรจารย์ ดร. มงคล เดชนครินทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา กุลวิทิต อาจารย์ เจิดกุล โสภาวนิตย์ ซึ่งท่านได้ให้ความรู้ และคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้น ตลอดจนพี่ และเพื่อนนิสิตทุกท่านที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้

ท้ายนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา เป็นอย่างสูง ซึ่งสนับสนุนด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ประสิทธิ์ พัวภูมิเจริญ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. วงจรแปลงผันสองทิศทาง..... 10
3. วงจรอินเวอร์เตอร์..... 31
4. แบตเตอรี่..... 49
5. วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง..... 55
6. การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของ UPS..... 69
7. การทดสอบ..... 85
8. บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 119

เอกสารอ้างอิง..... 123

ประวัติผู้เขียน..... 125

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ข้อควรพิจารณาในการออกแบบวงจรแปลงผันสองทิศทาง..... 29

5.1 กระแสฮาร์มอนิกของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียว..... 55

7.1 ผลการทดสอบการปรับปรุงตัวประกอบกำลังที่โหลดค่าต่างๆกัน..... 97

7.2 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแรงดันด้านเข้า..... 100

7.3 ผลการทดสอบการจำกัดกระแส..... 100

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	โครงสร้างโดยทั่วไปของ UPS	2
1.2	รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกและพัลส์ลบ	4
1.3	รูปคลื่นของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบพัลส์บวกลบ	4
1.4	ระบบขนานเผื่อเกิน	6
1.5	โครงสร้างของ UPS ที่ใช้วงจรแปลงผันสองทิศทาง	8
2.1	วงจร non-inverting buck-boost ตัดแปลง	10
2.2	วงจร non-inverting buck-boost ตัดแปลงที่มีลักษณะสมมาตร	11
2.3	วงจรแปลงผันสองทิศทางที่มีการแยกโดด	11
2.4ก	วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อไฟสลับด้านเข้าเป็นชีกบวก	12
2.4ข	วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อไฟสลับด้านเข้าเป็นชีกลบ	12
2.5	อัตราส่วนของแรงดัน v_c กับ v	14
2.6	วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีการควบคุมกระแสไฟสลับด้านเข้า	14
2.7	ลักษณะของกระแสที่ถูกควบคุมใน L_1 และ L_2	15
2.8ก	วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อไฟสลับด้านออกเป็นชีกบวก	22
2.8ข	วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อไฟสลับด้านออกเป็นชีกลบ	22
2.9	อัตราส่วนแรงดัน v_1 กับ V	24
2.10	วงจรสมมูลของหม้อแปลง	27
3.1	วงจรพุชพุล	31
3.2	วงจรกิ้งบริดจ์	32
3.3	วงจรบริดจ์เต็ม	32
3.4	แผนภาพบล็อกของวงจรอินเวอร์เตอร์	34
3.5	วงจรอินเวอร์เตอร์	36
3.6	แผนภาพบล็อกของวงจรควบคุม	37

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
3.7	วงจรควบคุมอินเวอร์เตอร์	38
3.8	แรงดันขาออกและกระแสออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ในภาวะไร้โหลด	39
3.9	แรงดันขาออกและกระแสออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลดเต็มที่	39
3.10	กระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_1 และ L_2	40
3.11	แรงดันกระเพื่อมของตัวเก็บประจุ	41
3.12	แรงดันขาออกและกราฟออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ เมื่อโหลดเป็นวงจรเรียงกระแสที่มีกระแสค่ายอดสูงกว่าที่กำหนด	41
3.13	แรงดันขาออกและกระแสออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ขณะเปลี่ยนโหลดจาก 0-50 %	42
3.14	แรงดันขาออกและกระแสออกของวงจรอินเวอร์เตอร์ขณะเปลี่ยนโหลดจาก 50-100 %	43
3.15	ส่วนต่างๆของวงจรที่กำเนิดสัญญาณไซน์	44
3.16	วงจรเลื่อนเฟส วงจรจับศูนย์ และวงจรควบคุม	45
3.17	วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์	47
3.18	คลื่นรูปไซน์ที่สร้างขึ้น	48
4.1	รูปกราฟแสดงการหา A-hr ของแบตเตอรี่	51
4.2	ลักษณะการประจุของแบตเตอรี่	52
4.3	วงจรป้องกันการคายประจุเกิน	53
5.1	แผนภาพบล็อกของวงจรประจุแบตเตอรี่	58
5.2	วงจรประจุแบตเตอรี่	58
5.3	แผนภาพบล็อกของวงจรควบคุม	60
5.4	วงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่	61
5.5	วงจรกำเนิดสัญญาณควบคุมอนาลอกสวิตช์	62
5.6	แรงดันไฟสลับด้านเข้าและกระแสด้านเข้าหลังวงจรกรองของวงจรเรียงกระแสแบบสวิตช์ชิง	63
5.7	กระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_1 และ L_2	64
5.8	ลักษณะแรงดันของตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2	65
5.9	ลักษณะของกระแสผ่านหม้อแปลงและกระแสโหลด	66

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
5.10	แรงดันไฟสลับด้านเข้าและกระแสด้านเข้าหลังวงจรกรองเมื่อมีการปรับปรุงตัวประกอบกำลังของโหลดที่เป็นวงจรเรียงกระแส.....	66
5.11	กระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_1 และ L_2.....	67
5.12	ลักษณะแรงดันของตัวเก็บประจุ C_1 และ C_2.....	68
6.1	แผนภาพส่วนประกอบต่างๆของ UPS.....	70
6.2	วงจรภาคกำลังของ UPS.....	71
6.3	วงจรตรวจสอบสวิตช์โอนย้าย.....	76
6.4	วงจรตรวจจับความถี่.....	78
6.5	วงจรตรวจจับแรงดัน.....	79
6.6	วงจรเลือกโหมด.....	81
6.7	วงจรส่งผ่านสัญญาณควบคุม.....	82
6.8	วงจรหน่วงเวลา.....	82
6.9	วงจรป้องกัน.....	83
6.10	วงจรขับนำ.....	84
7.1	แรงดันและกระแสด้านเข้าของวงจรเรียงกระแสแบบสวิตชิง.....	86
7.2	แรงดันและกระแสด้านเข้าเมื่อทำการปรับมุมเฟสแล้ว.....	87
7.3	แอมพลิจูดของกระแสด้านเข้าที่ความถี่ต่างๆ.....	87
7.4	ลักษณะของกระแสใน L_1.....	88
7.5	ลักษณะของกระแสใน L_2.....	88
7.6	แรงดันไฟตรงด้านออก.....	89
7.7	แรงดันกระเพื่อมของตัวเก็บประจุทั้งสอง.....	89
7.8	ลักษณะของกระแสโหลดและกระแสผ่านหม้อแปลง.....	91
7.9	แอมพลิจูดของกระแสโหลดที่ความถี่ที่ต่างๆ.....	91
7.10	แรงดันและกระแสด้านเข้าเมื่อทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้แก่โหลด...	92
7.11	แอมพลิจูดของกระแสด้านเข้าที่ความถี่ต่างๆ.....	92
7.12	ลักษณะกระแส L_1 เมื่อทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้แก่โหลด.....	93
7.13	ลักษณะกระแส L_2 เมื่อทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้แก่โหลด.....	93
7.14	แรงดันไฟตรงด้านออก เมื่อทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้แก่โหลด.....	94

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
7.15	แรงดันกระเพื่อมของตัวเก็บประจุทั้งสอง เมื่อทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้แก่โหลด	94
7.16	ลักษณะกระแสโหลดและกระแสด้านเข้าเมื่อแรงดันไฟสลับด้านเข้าเป็น 242 โวลต์	95
7.17	แอมพลิจูดของกระแสโหลดและกระแสด้านเข้าที่ความถี่ต่างๆ เมื่อแรงดันไฟสลับด้านเข้าเป็น 242 โวลต์	95
7.18	แรงดันและกระแสด้านเข้าเมื่อไม่มีการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง	96
7.19	วงจรทดสอบ	96
7.20	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสโหลดและประสิทธิภาพของวงจร	98
7.21ก	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสโหลดและผลรวมความเพี้ยนฮาร์มอนิก	98
7.21ข	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสโหลดและค่าตัวประกอบกำลัง	99
7.23	แรงดันออกและกระแสผ่านหม้อแปลงของอินเวอร์เตอร์ในภาวะไร้โหลด	102
7.24	แอมพลิจูดของแรงดันออกของอินเวอร์เตอร์ที่ความถี่ต่างๆในภาวะไร้โหลด	102
7.25	แรงดันออกและกระแสผ่านหม้อแปลงของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลดเต็มที่	103
7.26	แอมพลิจูดของแรงดันออกของอินเวอร์เตอร์ที่ความถี่ต่างๆในภาวะโหลดเต็มที่	103
7.27	กระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_1 ของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลดเต็มที่	104
7.28	กระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำ L_2 ของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลดเต็มที่	104
7.29	แรงดันกระเพื่อมของตัวเก็บประจุของอินเวอร์เตอร์ในภาวะโหลดเต็มที่	105
7.30	ลักษณะของกระแสผ่านหม้อแปลงที่ไม่สมมาตร	105
7.31	ลักษณะของกระแสผ่านหม้อแปลงที่มีการชดเชยให้สมมาตร	106
7.32	แรงดันและกระแสของวงจรบริดจ์เมื่อมีการจำกัดกระแส	106
7.33ก	แรงดันและกระแสขาออกของอินเวอร์เตอร์ ขณะเปลี่ยนโหลด 0-50%	107
7.33ข	แรงดันและกระแสขาออกของอินเวอร์เตอร์ ขณะเปลี่ยนโหลด 50-0%	107
7.34ก	แรงดันและกระแสขาออกของอินเวอร์เตอร์ ขณะเปลี่ยนโหลด 50%-100%	108
7.34ข	แรงดันและกระแสขาออกของอินเวอร์เตอร์ ขณะเปลี่ยนโหลด 100%-50%	108
7.35	ขนาดของแรงดันที่ออกจากอินเวอร์เตอร์	109
7.36	ความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสโหลดของวงจรอินเวอร์เตอร์	110
7.37	แรงดันโหลดในขณะโอนย้ายที่กระแสโหลด 1 แอมแปร์	112
7.38	กระแสผ่านหม้อแปลงที่มีลักษณะไม่สมมาตรในขณะเริ่มทำงาน	114

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
7.39	ลักษณะกระแสผ่านหม้อแปลงที่ไม่สามารถทำการโอนย้ายได้.....	115
7.40ก	แรงดันโหลดในขณะโอนย้ายที่กระแสโหลด 1.4 แอมแปร์.....	116
7.40ข	แรงดันโหลดในขณะโอนย้ายที่กระแสโหลด 1.75 แอมแปร์.....	116
7.41ก	แรงดันโหลดในขณะโอนย้ายที่กระแสเต็มพิกัด.....	117
7.41ข	แรงดันโหลด ณ จุดโอนย้าย.....	117
7.42	แรงดันโหลดในขณะที่โอนย้ายไปยังการไฟฟ้า.....	118

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย