

วงจรเรียนกระแสแบบวิธีสวิตซ์ชาร์มอนิกต่ำที่ไม่ต้องใช้วงจรไดโอดเรียงกระแสเดินเข้า

นาย บุทธชัย ศิตปวิจารณ์



สถาบันวิทยบริการ
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาชีวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541
ISBN 974-332-561-1
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A LOW HARMONIC SWITCHED-MODE RECTIFIER WITHOUT INPUT
DIODE-RECTIFIER CIRCUIT**

MR.YUTTHACHAI SILLAPAWICHARN

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 1998

ISBN 974-332-561-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : วงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตซ์ยาร์มอนิกต้าที่ไม่ต้องใช้วงจรไดโอด
เรียงกระแสด้านเข้า

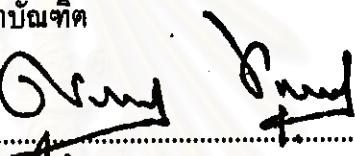
โดย : นายอุทัยชัย ศิลปวิจารณ์

ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า

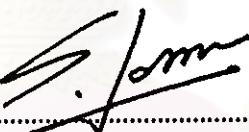
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.บุทธนา ฤทธิวิทิต

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร.โภทน อารียา

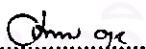
บันทึกวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

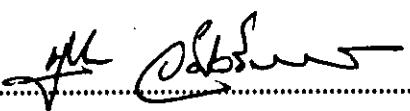

.....คณบดีบันทึกวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุดวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.สมนูรัตน์ แสงวงศ์วาริชย์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุทธนา ฤทธิวิทิต)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.โภทน อารียา)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวะรานนท์)


.....กรรมการ
(อาจารย์ เอ็คกุล ไสววนิทย์)

พิมพ์ด้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

บุทชัย ศิลป์วิจารณ์ : วงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์ชาร์มนิกต่าที่ไม่ต้องใช้วงจรไดโอด
เรียงกระแสค้านเข้า (A LOW HARMONIC SWITCHED-MODE RECTIFIER WITHOUT INPUT
DIODE-RECTIFIER CIRCUIT) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. บุษนา ฤกตวิทิต , อ.ที่ปรึกษาร่วม :
รศ.ดร. โภทน อาเรีย , 89 หน้า. ISBN 974-332-561-1

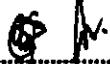
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์ชนิดใหม่ที่ไม่ต้องใช้วงจรไดโอดเรียงกระแสค้านเข้า การทำงานตามธรรมชาติของวงจรแปลงผันมีลักษณะที่จะไม่ทำให้เกิดแรงดันขอดແឡມเนื่องจากผลของด้วยเห็นนี่ยวน้ำรั่วในลักษณะหม้อแปลง จึงไม่จำเป็นต้องใช้สนับเบอร์เพื่อระจับแรงดันขอดແឡມที่ต่อกรุ่นสวิตช์อันเนื่องมาจากการผลของด้วยเห็นนี่ยวน้ำรั่วในลักษณะหม้อแปลง การควบคุมกระแสค้านเข้าให้มีรูปคลื่นไกส์ไซน์เช่นเดียวกับแรงดันด้านเข้าเพื่อถูกกระแสชาร์มนิกและเพิ่มด้วยประกอบกำลังใช้การควบคุมแบบชีสต์เตอเรซิสท์ที่มีแบบชีสต์เตอเรซิสตองด้วย เนื่องจากกระแสค้านเข้าของวงจรแปลงผันไฟฟ้าลับ-ไฟตรงมีได้ทั้งบวกและลบ จึงไม่ทำให้เกิดการเพี้ยนของกระแสในบริเวณไกส์สูญญ์ ได้มีการอธิบายการทำงานและดำเนินการทำสมการสถานะของค่าเฉลี่ยเฉพาะที่ของด้วยแบบประสาณสำหรับวงจรแปลงผันที่นำเสนอใหม่ การตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณใช้วิธีจำลองการทำงานของวงจรแปลงผันด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้แบบจำลองที่มีการสวิตช์และใช้สมการสถานะของค่าเฉลี่ยเฉพาะที่ของด้วยแบบประสาณ ได้มีการทดสอบการทำงานของวงจรแบบใหม่นี้โดยการทดลอง ผลที่ได้แสดงถึงกับทฤษฎี

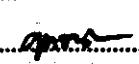
สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

ปี ๑ ๒๕๔๑

ถ่ายมือชื่อนิสิต 

ถ่ายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

ลงนามวันที่ 

วิจัยและนวัตกรรมด้านวิทยาการและนักวิชาการในกรอบสีเขียวนี้เป็นเด่นเดียว

C815973 : MAJOR POWER ELECTRONICS

KEY WORD:

SWITCHED-MODE RECTIFIER / AC-DC CONVERTER / HIGH POWER FACTOR

RECTIFIER

YUTTHACHAI SILLAPAWICHARN: A LOW HARMONIC SWITCHED-MODE
RECTIFIER WITHOUT INPUT DIODE-RECTIFIER CIRCUIT. THESIS ADVISOR :

ASSO. PROF. YOUTHANA KULVITIT, DR.ING. THESIS CO-ADVISOR: ASSO.PROF.
GOTHOM ARYA, DR.ING. 89 pp. ISBN 974-332-561-1

A new switched-mode rectifier is proposed. In the proposed converter, conventional input diode-rectifier circuit is eliminated. As a lossless snubbing effect is inherently included in the converter, no additional snubber is needed to suppress spike voltage across the switching devices caused by leakage inductance of the isolation transformer. In order to reduce input harmonic current and increase input power factor, the input current is controlled to follow the sinusoidal input voltage waveform. A fixed-band hysteresis control is used to control the input current waveform. Because the input current of the converter can be either positive or negative, there is no crossover distortion in the input current waveform even if a fixed-band hysteresis control is used. The operation principle of the circuit is explained. Local-average state equations are derived. The analytical results are verified through simulation by comparing waveform obtain from local-average model and switched circuit model. The new converter topology is also experimentally verified. Theoretical model correlated well with the experimental data.

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ชื่อ นันดา ณ 。

สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์ก่อสร้าง

อาจารย์ชื่อ อาจารย์ที่ปรึกษา 。



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รศ.ดร. โภคิน อาเรีย และรศ.ดร.ยุทธนา ฤทธิวิทิต อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ และข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ ต่อการวิจัยด้วยดีมานาถ กอต อิกทัง ดร.สมบูรณ์ แสงวงศ์วิษิษฐ์, รศ.กฤษณา วิเศษรานนท์ และ อ.จิตฤก ไสภาวนิตย์ คณะกรรมการสอน คุณศรีวัฒน์ เหต่านะเกียรติ ที่ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ คุณณิติ ชัยวัฒนาที่ช่วยเหลือในการจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์บางส่วน ขอบคุณพี่ๆและน้องๆห้องปฏิบัติวิจัยเล็กกรรณิกส์กำลังที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือตลอดมา ขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ที่ให้โอกาสเข้าพเจ้าในการศึกษาต่อ และสำหรับเครื่องมือนางส่วนที่ใช้ในวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนวิจัยบางส่วนจากทุนอุดหนุนการวิจัยการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จังขอนขอนคุณภาพ ที่นี่ด้วย

สุดท้ายนี้เข้าพเจ้าควรขอกราบขอบพระคุณบิคากลุ่มดังนี้, นารดาและพี่ๆของเข้าพเจ้าเป็นอย่างสูง ที่ให้กำลังใจเข้าพเจ้าเป็นอย่างดี และเข้าใจเข้าพเจ้าเสมอมา ขอบคุณสำหรับการศึกษา

ยุทธชัย ศิลปวิจารณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	๔
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๕
กิตติกรรมประกาศ.....	๖
สารบัญเรื่อง.....	๗
สารบัญตาราง.....	๘
สารบัญภาพ.....	๙

บทที่

1. บทนำ.....	1
2. ทฤษฎี.....	4
3. การออกแบบ.....	38
4. การทดสอบ.....	51
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	66
รายการอ้างอิง.....	68
บรรณานุกรม.....	69
ภาคผนวก	70
ประวัติผู้เขียน.....	77

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลที่ได้จากการใช้ POWER HARMONICS ANALYZER วัดกำลังด้านเข้าของวงจร.....	64
ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลที่ได้จากการใช้ POWER HARMONICS ANALYZER วัดกำลังด้านออกของวงจร.....	65

**สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
รูปที่ 1.1	แผนภาพแสดงโครงสร้างของแหล่งจ่ายไฟตรงแบบทั่วไป.....	2
รูปที่ 2.1	วงจรหอนระดับ (Buck).....	4
รูปที่ 2.2	วงรรเปลกผันไปหน้า (Forward Converter).....	5
รูปที่ 2.3	วงรรพุช-พุดภาคแรงดัน (Push-Pull Converter).....	6
รูปที่ 2.4	วงจรบีริดจ์อสมมาตร (Asymmetrical Bridge).....	6
รูปที่ 2.5	วงรรกึ่งบริดจ์ (Half-Bridge).....	7
รูปที่ 2.6	วงจรบีริดจ์ (Bridge).....	8
รูปที่ 2.7	วงจรทบระดับ (Boost).....	8
รูปที่ 2.8	วงรรพุช-พุดภาคกระแส.....	9
รูปที่ 2.9	วงจรหอนทบระดับภาคแรงดัน (Buck-Boost).....	10
รูปที่ 2.10	วงรรบินกัดบ (Flyback Converter).....	10
รูปที่ 2.11	วงจรหอนทบระดับภาคกระแส (Cuk).....	11
รูปที่ 2.12	วงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์ในการทำงานภาคไฟตรง-ไฟตรง.....	12
รูปที่ 2.13	รูปลักษณ์ของวงจรในช่วง D.....	14
รูปที่ 2.14	รูปลักษณ์ของวงจรในช่วง D'.....	14
รูปที่ 2.15	รูปคลื่นของวงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์ในการทำงานภาคไฟสตัน-ไฟตรง.....	16
รูปที่ 2.16	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลกผัน (M) และค่าวัตถุจรงงาน (D).....	17
รูปที่ 2.17	รูปลักษณ์ของวงจรเมื่อแรงดันด้านเข้าเป็นทั้งบวกและลบ.....	18
รูปที่ 2.18	วงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์ในการทำงานภาคไฟสตัน-ไฟตรง และวงจร ควบคุม.....	19
รูปที่ 2.19	รูปคลื่นของวงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์ในการทำงานภาคไฟสตัน-ไฟตรง	22
รูปที่ 2.20	กระแสด้านเข้าของวงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์.....	27
รูปที่ 2.21	แรงดันของตัวเก็บประจุ C1 และ C2.....	27
รูปที่ 2.22	กระแสทำแม่เหล็กของหม้อแปลงวงจรเรียงกระแสแบบวิธีสวิตช์.....	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.23 แรงดันคร่อมสวิตช์ S1.....	28
รูปที่ 2.24 รูปขยายแรงดันตอกคร่อมสวิตช์ S1	29
รูปที่ 2.25 กระแสตัวเหนี่ยวนำของวงจรกรองค้านออก (L _f).....	29
รูปที่ 2.26 แรงดันตอกคร่อมตัวเหนี่ยวนำของวงจรกรองค้านออก (L _f).....	30
รูปที่ 2.27 แรงดันค้านออก (V _o).....	30
รูปที่ 2.28 วัสดุจัดงาน (D)	31
รูปที่ 2.29 กระแสต้านเข้าของวงจรเรียงกระแสแบบวิชีสวิตช์.....	33
รูปที่ 2.30 แรงดันของตัวเก็บประจุ C ₁ และ C ₂	33
รูปที่ 2.31 กระแสทำแม่เหล็กของมือแปลง (iLm)	34
รูปที่ 2.32 ค่าเฉลี่ยเฉพาะที่ของแรงดันตอกคร่อมสวิตช์ในขณะหยุดนิ่งกระแส.....	34
รูปที่ 2.33 แรงดันตอกคร่อมตัวเหนี่ยวนำของวงจรกรองค้านออก (L _f).....	35
รูปที่ 2.34 วัสดุจัดงาน (D).	35
รูปที่ 2.35 การเปรียบเทียบความถี่การสวิตช์ของวงจร.....	36
รูปที่ 3.1 การเปรียบเทียบกระแสทำแม่เหล็กของมือแปลงกับค่าตัวเก็บประจุค้านเข้า และค่าอัตราส่วนการแปลงแรงดัน.....	39
รูปที่ 3.2 การเปรียบเทียบความถี่การสวิตช์กับค่าตัวเก็บประจุค้านเข้าและ ค่าอัตราส่วนการแปลงแรงดัน.....	40
รูปที่ 3.3 การเปรียบเทียบแรงดันตอกคร่อมสวิตช์ในขณะหยุดนิ่งกระแสกับ ค่าตัวเก็บประจุค้านเข้าและค่าอัตราส่วนการแปลงแรงดัน.....	40
รูปที่ 3.4 กราฟที่ได้จากการนำค่าจากรูปที่ 3.1 คูณกับค่าในรูปที่ 3.3 เพื่อใช้ประกอบการ เดือกด้วยค่าตัวเก็บประจุค้านเข้า และค่าอัตราส่วนการแปลงแรงดันของมือแปลง... ..	41
รูปที่ 3.5 การใช้ไดโอดต่อ anti-parallel กับขาปฐมภูมิของมือแปลง.....	44
รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมกระแสแบบวิชีส์เตอร์เรซิสท์ที่มีแบบวิชีส์เตอร์เรซิสท์คงตัว.....	46
รูปที่ 3.7 วงจรกำเนิดค่าเวลาช่วงตาย (Dead Time Generator).....	48

สารนัยภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.8 วงจรบันนำสวิทช์.....	48
รูปที่ 3.9 วงจรตรวจจับแรงดัน, กระแสและวงจรป้องกันแรงดัน, กระแสเกิน.....	50
รูปที่ 4.1 การทดสอบการทำงานของวงจร.....	51
รูปที่ 4.2 กระแสค้านเข้าของวงจร (2 A / ช่อง, รูปบน) มีค่าเท่ากับ 1.191 A.rms กระแสแรงดันค้านเข้าของวงจร (250 V/ช่อง, รูปล่าง) มีค่าเท่ากับ 220 Vrms.....	52
รูปที่ 4.3 รูปขยายของกระแสค้านเข้า(2 A. / ช่อง, รูปบน) และแรงดันค้านเข้า (250 V. / ช่อง, รูปล่าง) โดยที่กระแสค้านเข้ามีແບບชີຕເຕອເຮືສປະນາມ 2.3 A. ແລະมีความถี่สูงสุดในการสวิทช์ປະນາມ 16.6667 kHz.....	52
รูปที่ 4.4 แรงดันตอกคร่อมสวิทช์ S1 (250 V. /ช่อง) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 860 โวลต์.....	53
รูปที่ 4.5 รูปขยายของแรงดันตอกคร่อมสวิทช์ S1 (250 V. /ช่อง) จะเห็นว่าไม่มีแรงดันขอดແລ້ມທົກລວມທົກລວມสวิทช์ໃນช่วงที่สวิทช์ตັດຈາກ.....	53
รูปที่ 4.6 กระแสผ่านสวิทช์ S1 (5 A. /ช่อง) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.4 A.....	54
รูปที่ 4.7 รูปขยายแรงดัน(250 V./ช่อง) และกระแสของสวิทช์ S1(5 A./ช่อง) ขณะสวิทช์ S1 ตັດ ຈາກ ณ เวลา 7 ms.....	54
รูปที่ 4.8 แรงดันตอกคร่อมตัวเก็บประจุ C1 และ C2 (250 V /ช่อง) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 555 V. ແລະ ตໍາຫຼຸດเท่ากับ 220 V.....	55
รูปที่ 4.9 กระแสของตัวเหนี่ยวน้ำความถี่ตໍ່ (Lmif) (2 A./ช่อง) มีค่าสูงสุดค้านນັກเท่ากับ 4.04 A. ແລະ มีค่าสูงสุดค้านລົບເທົ່າງ -5.16 A.	55
รูปที่ 4.10 รูปກື່ນแรงดันตอกคร่อมตัวเหนี่ยวน้ำความถี่ตໍ່ (Lmif) (250 V. / ช่อง) ມີຄ່າຍອດສູງສຸດເທົ່າງ 555 V. ທັງຄ້ານນັກແລະຄ້ານລົບ.....	56
รูปที่ 4.11 กระแสທີ່ໄຫດຜ່ານຕัวเก็บประจุ C1 (5 A. / ช่อง, รูปบน) ແລະกระแสค้านเข้า (2 A. / ช่อง, รูปล่าง)	56
รูปที่ 4.12 กระแสທີ່ໄຫດຜ່ານຕัวเก็บประจุ C2 (5 A. / ช่อง, รูปบน) ແລະกระแสค้านเข้า (2 A. / ช่อง, รูปล่าง).....	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.13 กระแสด้านเข้าของหม้อแปลง (2 A. / ช่อง).....	57
รูปที่ 4.14 แรงดันด้านออกของวงจร (vo) (25 V. / ช่อง) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.965 V. และมีค่า RMS เท่ากับ 48.16 V.	58
รูปที่ 4.15 กระแสด้านออกของวงจร (io) (5 A. / ช่อง) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.985 A. และมีค่า RMS เท่ากับ 4.05 A.	58
รูปที่ 4.16 ค่ากระแสที่วัดได้จาก POWER HARMONICS ANALYZER	61
รูปที่ 4.17 ค่ากำลังด้านเข้าที่วัดได้จาก POWER HARMONICS ANALYZER.....	61
รูปที่ 4.18 ค่ากระแสด้านออกที่วัดได้จาก POWER HARMONICS ANALYZER.....	62
รูปที่ 4.19 ค่าแรงดันด้านออกที่วัดได้จาก POWER HARMONICS ANALYZER.....	62
รูปที่ 4.20 ค่ากำลังด้านออกที่วัดได้จาก POWER HARMONICS ANALYZER.....	62

**สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**