

การออกแบบวงจรพหุ-พอลดีดแปรแบบสวิตช์แรงดันศูนย์  
และการพัฒนาเทคนิคการต่อขานานเพื่อแบ่งความเค้น

นายศิริวัฒน์ เหล่าหะเกียรติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-233-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**DESIGN OF ZVS MODIFIED PUSH-PULL CIRCUIT AND DEVELOPMENT  
OF A PARALLEL STRESS SHARING TECHNIQUE**

MR. SIRIWAT LAOHAKET

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

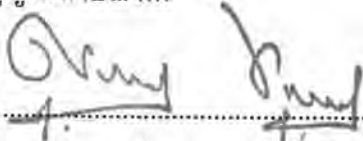
Academic Year 1997

ISBN 974-637-233-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การออกแบบวงจรพวง-พุดตัดแปรแบบสวิตช์แรงดันศูนย์ และ  
การพัฒนาเทคนิคการต่อขานานเพื่อแบ่งความเค้น  
โดย : นายศิริวัฒน์ เหล่าหะเกียรติ  
ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า  
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. โททม อารียา  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา กุลวิทิต

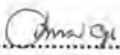
---

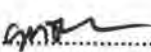
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

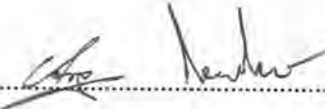
  
..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. โททม อารียา)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา กุลวิทิต)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ เจตกุล โสภานิตย์)

ศิริวัฒน์ เหล่าหะเกียรติ : การออกแบบวงจรพุก-พุลต์ดัดแปรแบบสวิตซ์แรงดันศูนย์และการพัฒนาเทคนิคการต่อขนานเพื่อแบ่งความเค้น ( DESIGN OF ZVS MODIFIED PUSH-PULL CIRCUIT AND DEVELOPMENT OF A PARALLEL STRESS SHARING TECHNIQUE)

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. โคทม อารียา, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุทธนา กุลวิฑิต, 54 หน้า. ISBN 974-637-233-5.

วิทยานิพนธ์นี้ฉบับนี้ศึกษาหลักการทํางาน และพัฒนาแบบจำลองสัญญาณขนาดเล็กของวงจรพุก-พุลต์ดัดแปรแบบสวิตซ์แรงดันศูนย์ และ ศึกษาหลักการขนานวงจรแปลงผันแรงดันแบบทอนระดับโดยการแบ่งกระแสแบบเดโมแครติก ผลการศึกษาได้นำไปใช้ในการออกแบบวงจรพุก-พุลต์ดัดแปรแบบสวิตซ์แรงดันศูนย์ ซึ่งมีกำลังด้านออก 75 W แรงดันเข้า 36-44 V แรงดันออก 5 V ความถี่การแปลงผันต่ำสุด 100 kHz มีประสิทธิภาพต่ำสุด 84 % และได้มีการตรวจสอบหลักการแบ่งจ่ายกระแสแบบเดโมแครติก โดยนำแหล่งจ่ายไฟตรงที่สร้างขึ้น 2 แหล่งมาต่อขนานกัน ปรากฏว่ากระแสออกจากแต่ละวงจรมีค่าใกล้เคียงกันตามที่ออกแบบไว้

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....

ลายมือชื่อนิสิต.....ศิริวัฒน์ เหล่าหะเกียรติ.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ค.อ. ชุทธนา กุลวิฑิต.....

# #C715762 : MAJOR POWER ELECTRONICS  
KEY WORD:

STRESS SHARING TECHINQUE/ PARALLEL CONVERTERS/ ZVS/ MODIFIED PUSH-PULL  
SIRIWAT LAOHAKET : DESIGN OF ZVS MODIFIED PUSH-PULL CIRCUIT AND  
DEVELOPMENT OF A PARALLEL STRESS SHARING TECHNIQUE. THESIS ADVISOR :  
ASSO. PROF. GOTHOM ARYA, DR. ING. THESIS CO-ADVISOR : ASSIST. PROF.  
YOUTHANA KULVITIT, DR. ING. 54 pp. ISBN 974-637-233-5.

This thesis explains the operating principle and develops a small-signal model of a ZVS modified push-pull circuit. The so-called “democratic” current sharing scheme of parallel buck converters was also analyzed. These were used in the design and construction of a 75-W ZVS modified push-pull operating with a 36-44 V input and a 5 V output with a minimum conversion frequency of 100 kHz. This converter can achieve an efficiency of more than 84%. Moreover, the “democratic” current sharing scheme was applied to two parallel converters of this type. It was verified that a satisfactory current sharing was achieved.

ภาควิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้า.....

สาขาวิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้า.....

ลายมือชื่อนิสิต..... สิริวัฒน์ เชนทร์เพชร.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... อ.อม ๑.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ และ เอาใจใส่อย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร. โคทม อารียา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา กุลวิทิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ให้คำแนะนำตลอดจนความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยตลอดมา รวมทั้ง อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ แสงวงศ์วานิชย์ ที่ได้ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ และกรุณาให้ยืมเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ขอขอบคุณโครงการศิษย์ก้นกุฏิที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของข้าพเจ้า ผู้ซึ่งให้โอกาสทางการศึกษาให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

ศิริวัฒน์ เหล่าพะเกียรติ

## สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญเรื่อง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่	
1 บทนำ .....	1
2 วงจรพวง-พูลต์ดัดแปรแบบสวิตช์แรงดันศูนย์และแบบจำลอง.....	5
3 การขนานแหล่งจ่ายไฟตรง .....	18
4. การขนานวงจรพวง-พูลต์ดัดแปรแบบสวิตช์แรงดันศูนย์.....	29
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ .....	40
รายการอ้างอิง .....	42
ภาคผนวก .....	44
ประวัติผู้เขียน .....	46

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 วงจรพุก-พุกตัดแปร(Modified Push-Pull).....	2
รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างระบบควบคุมความดันของแหล่งจ่ายไฟตรง 3 ตัว .....	3
รูปที่ 2.1 วงจรพุก-พุกตัดแปรแบบสวิทช์แรงดันศูนย์.....	5
รูปที่ 2.2 รูปลักษณะวงจรในแต่ละช่วงการทำงาน.....	6
รูปที่ 2.3 รูปคลื่นของวงจรแปลงผัน .....	7
รูปที่ 2.4 อัตราการแปลงผัน.....	9
รูปที่ 2.5 แบบจำลองของวงจรแปลงผัน.....	12
รูปที่ 2.6 ผลตอบแบบขั้นของวงจรสมมูลสัญญาณขนาดเล็ก.....	15
รูปที่ 2.7 ผลตอบวงจรพุก-พุกตัดแปรแบบสวิทช์แรงดันศูนย์.....	15
รูปที่ 2.8 ผลการชั้มูเลต: $V_s = 40\text{ V}$ , $V_o = 5\text{ V}$ , $I_o = 6\text{ A}$ .....	16
รูปที่ 2.9 ผลการทดลอง: $V_s = 40\text{ V}$ , $V_o = 5\text{ V}$ , $I_o = 6\text{ A}$ .....	17
รูปที่ 2.10 ประสิทธิภาพของวงจรแปลงผัน.....	17
รูปที่ 3.1 การขนานแบบเคโมเตรติกของวงจรทอนระดับ.....	18
รูปที่ 3.2 รูปคลื่นของ 2 โมดูลเมื่อ $V_{R1} = V_{R2}$ .....	20
รูปที่ 3.3 วงจรสมมูลของการอัดและคายประจุ C ในวงจร CS .....	20
รูปที่ 3.4 รูปลักษณะของวงจรป้อนกลับกระแส.....	21
รูปที่ 3.5 วงจรสมมูลสัญญาณขนาดเล็กของวงจรป้อนกลับกระแส (CS).....	22
รูปที่ 3.6 วงจรเฉลี่ยของวงจรทอนระดับในรูปที่ 3.1.....	23
รูปที่ 3.7 แบบจำลองสัญญาณขนาดเล็กของรูปที่ 3.6.....	23
รูปที่ 3.8 แผนภาพบล็อกของวงรอบกระแส.....	24
รูปที่ 3.9 รูปคลื่นของการขนานวงจรทอนระดับ 2 โมดูล ซึ่งมี $R_{L1} = R_{L2} = 40\text{ m}\Omega$ .....	26
รูปที่ 3.10 รูปคลื่นของการขนานวงจรทอนระดับซึ่งสมมาตร 2 วงจร ซึ่งมี $R_{L1} = 40\text{ m}\Omega$ และ $R_{L2} = 10\text{ m}\Omega$ .....	27
รูปที่ 3.11 รูปคลื่นของการขนานวงจรทอนระดับ 3 วงจร .....	28
รูปที่ 4.1 การขนานของวงจรพุก-พุกตัดแปรแบบสวิทช์แรงดันศูนย์.....	29



## สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.2 แบบจำลองสัญญาณขนาดเล็กลงของการขนานกันของ วงจรถูกตัดแปรแบบ ZVS .....	30
รูปที่ 4.3 แผนภาพบล็อกของวงจรรอบกระแส .....	31
รูปที่ 4.4 วงจรตรวจวัดความเค้นและรูปคลื่น.....	33
รูปที่ 4.5 วงจรตรวจวัดกระแส $i_{LF}$ .....	34
รูปที่ 4.6 วงจรมอดูเลตความถี่ (FM).....	35
รูปที่ 4.7 ลักษณะสมบัติของวงจรมอดูเลตความถี่.....	35
รูปที่ 4.8 แผนภาพบล็อกของการป้อนกลับแรงดัน.....	36
รูปที่ 4.9 ผลตอบเชิงความถี่.....	38
รูปที่ 4.10 ผลการทดลองของการขนานวงจรถูกตัดแปร แบบสวิตช์แรงดันศูนย์.....	39