

การพัฒนาต้นกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงตามมาตรฐาน เอ็น ไอ เอ็ม



นายสมศักดิ์ ทศิยะชัยมงคล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและเทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

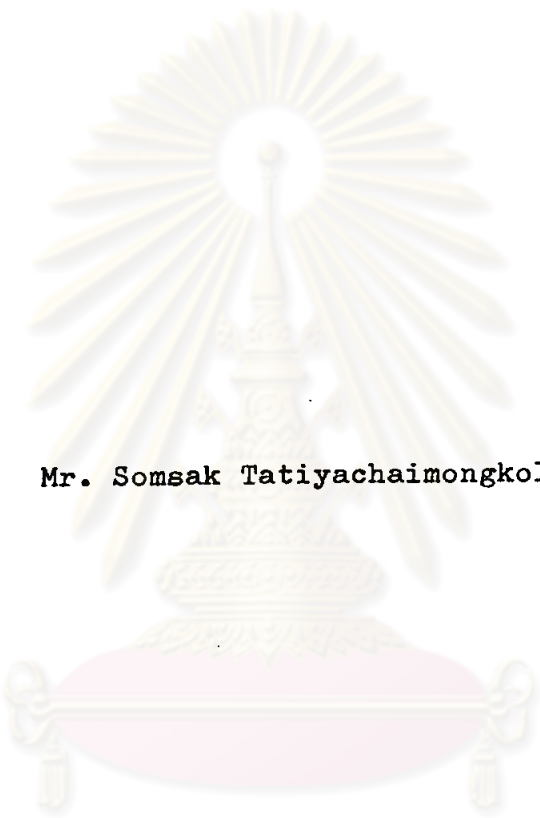
พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-214-3

013518

i 17778360

DEVELOPMENT OF POWER SUPPLY BASED ON NIM
(Nuclear Instrument Module) STANDARD



Mr. Somsak Tatiyachaimongkol

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาต้นกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงตามมาตรฐาน เอ็น ไอ เอ็ม
โดย นายสมศักดิ์ ทศิยะชัยมงคล
ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สรชัย พิศาลบุตร)

รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรชัย สุมิตร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ วัฒนชัยยะ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาต้นกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงตามมาตรฐาน เอ็น ไอ เอ็ม
ชื่อนิสิต นายสมศักดิ์ ตติยะชัยมงคล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช
ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2528



บทคัดย่อ

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าได้รับการออกแบบโดยใช้หลักการสวิตซ์ซึ่งที่ความถี่สูงคือ 33 กิโลเฮิรตซ์ เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ทางออก ± 5 โวลต์ ± 12 โวลต์ และ ± 24 โวลต์ ที่กำลังไฟฟ้ากระแสตรง 132 วัตต์ แรงดันไฟฟ้าระลอกคลื่นไม่เกิน 50 มิลลิโวลต์ ที่โหลดเต็ม

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ได้ออกแบบไว้เดิม ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทางออก +5 โวลต์ เป็นศักดาไฟฟ้าอ้างอิงในการรักษาเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้าที่ทางออก ± 5 โวลต์ ± 12 โวลต์ และ ± 24 โวลต์ จากการทดลองพบว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง -5 โวลต์ ± 12 โวลต์ และ ± 24 โวลต์ ไม่มีเสถียรภาพในขณะที่รับโหลด ขณะที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ มีเสถียรภาพดี และเนื่องจากอุปกรณ์นิวเคลียร์โดยทั่วไปต้องการโหลดค่าจากแรงดันไฟฟ้า -5 โวลต์ ± 12 โวลต์ และ ± 24 โวลต์ จึงได้ใช้เรกกูเลเตอร์แบบอนุกรมหาค่ายางจรไมโครในการออกแบบแรงดันไฟฟ้าเหล่านี้เพื่อให้เกิดเสถียรภาพในการรับโหลด โดยไม่ต้องใช้ศักดาไฟฟ้าอ้างอิงร่วมกับศักดาไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ ตามที่ได้ออกแบบไว้แต่เดิม

กำลังงานทางออกของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 100 วัตต์ เนื่องจากขีดจำกัดที่เกิดจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของทรานซิสเตอร์กำลังในการสวิตซ์ ซึ่งไม่สามารถทำงานที่อัตราแรงดันไฟฟ้า และ กระแสสูงตามที่ได้รับ การออกแบบได้

แรงดันไฟฟ้าระลอกคลื่นที่วัดได้จะมีแต่ที่แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงทางออก +5 โวลต์ ที่เกี่ยว เพราะใช้สวิตซ์ซึ่งเรกกูเลเตอร์เป็นตัวควบคุมให้ศักดาไฟฟ้าคงที่ซึ่งแรงดันไฟฟ้าระลอกคลื่นเท่ากับ 36 มิลลิโวลต์ ขณะรับโหลดเต็ม

Thesis Title Development of Power Supply Based on NIM
 (Nuclear Instrument Module) Standard

Name Mr. Somsak Tatiyachaimongkol

Thesis Advisor Associate Professor Virul Mangclaviraj

Department Nuclear Technology

Academic Year 2528



ABSTRACT

Switching regulated power supply is developed with switching frequency of 33 kHz. The output voltage specified at ± 5 V, ± 12 V and ± 24 V should deliver dc power of 132 W with ripple voltage not more than 50 mV at full load.

The original design of the power supply derives the reference voltage from +5 V output to regulate the whole system. However, it has been found that the voltage output at -5 V ± 12 V and ± 24 V are unstable under normal operation while the +5 V supply works satisfactorily. Since the need of the load current from -5 V, ± 12 V and ± 24 V supplies in nuclear instruments is in general rather low, the regulations of these supplies are thus separated from the +5 V supply as originally by using IC series regulators. Due to characteristics of power transistors at high frequency the maximum power that can be obtained from the power supply is limited to 100 W.

Ripple voltages from -5 V, ± 12 V and ± 24 V supplies are negligible due to series regulation while the ripple at +5 V under switching regulation is 36 mV at full load.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจาก รองศาสตราจารย์ วิรุพท์ มังคละวิรัช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ และ วิศวกรหัวหน้าสนับสนุนงานวิจัย ไพบุลย์ นวลนิต ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำในทาง ค่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินงานทุกขั้นตอน ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่ได้ให้ยืมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

ช
หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ณ
สารบัญตาราง	ด
บทที่	

1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	2
2. ชนิดของเครื่องจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.1 เครื่องจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงพื้นฐาน	3
2.2 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตซิ่ง	17
3. การออกแบบเครื่องจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบสวิตซิ่ง ..	23
3.1 อาร์ เอฟ ไอ และแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง ..	26
3.2 ฟรีเรกกูเลเตอร์และสวิตซ์	33
3.3 อินเวอร์เตอร์	39
3.4 หม้อแปลง	49
3.5 วงจรเรียงกระแสและวงจรเรกกูเลเตอร์	52
3.6 วงจรขยายค่านิกพลาค	54
3.7 พัลส์สวิตช์หม้อดูเลเตอร์	58
3.8 วงจรป้องกัน	61
4. การทดสอบเสถียรภาพของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง ..	64
4.1 การปรับแต่งและทดสอบเสถียรภาพ	64
4.2 การทดสอบสมรรถนะของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า กระแสตรง	65
4.3 การสูญเสียกำลังที่เกิดขึ้นในเรกกูเลเตอร์	67
4.4 ลักษณะพิกัด	86

สารบัญ (ต่อ)

	ช หน้า
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	90
5.1 ผลการทดลอง	90
5.2 ข้อเสนอแนะ	91
เอกสารอ้างอิง	93
ภาคผนวก ก. การคำนวณ	94
ภาคผนวก ข. แผนข้อมูล	142
ประวัติผู้เขียน	156



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่

2.1 ก)	วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น	3
2.1 ข)	วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบเรียงกระแสเต็มคลื่น ...	3
2.2 ก)	แสดงการเรียงกระแสครึ่งรอบบวก	4
2.2 ข)	แสดงการเรียงกระแสครึ่งรอบลบ	5
2.3 ก)	วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น	6
2.3 ข)	แสดงคลื่นแบบไซน์ก่อนผ่านวงจรเรียงกระแส	6
2.3 ค)	แสดงรูปคลื่นที่ทางออกที่ได้จากคลื่นแบบไซน์หลัง การผ่านวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น	6
2.4 ก)	วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นประกอบด้วยตัวเก็บ ประจุ C	8
2.4 ข)	รูปคลื่นที่ทางออกของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น ที่ไม่มีตัวเก็บประจุ C	8
2.4 ค)	รูปคลื่นที่ทางออกของวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น ที่มีตัวเก็บประจุ C	8
2.5	แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ทางออกของวงจร เรียงกระแสเต็มคลื่นเมื่อโคไคค D_1 นำกระแส	9
2.6	แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ทางออกของวงจร เรียงกระแสเต็มคลื่นเมื่อโคไคค D_2 นำกระแส	10
2.7 ก)	แสดงแรงดันไฟฟ้าระลอกคลื่นที่โหลด R มีค่าความต้าน ทานสูง	11
2.7 ข)	แสดงแรงดันไฟฟ้าระลอกคลื่นที่โหลด R มีค่าความต้าน ทานต่ำ	11
2.8	แสดงความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่ ทางออกของวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง	12
2.9	แสดงวงจรป้อนกลับแบบลบ	13

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

2.10	วงจรเรกกูเลเตอร์แบบอนุกรม	14
2.11 ก)	วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิทชิง	17
2.11 ข)	วงจรสวิทชิงที่มีวงจรฟิลเตอร์	17
2.11 ค)	แสดงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าที่จุด V_A และรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าที่ตัวเหนี่ยวนำ L	17
3.1	แผนภาพแสดงส่วนต่าง ๆ ของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงแบบสวิทชิงเรกกูเลเตอร์	24
3.2	วงจร อาร์ เอฟ ไอ และแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง	25
3.3 ก)	วงจร อาร์ เอฟ ไอ ซึ่งถือเป็นวงจรฟิลเตอร์แบบโลว์พาส ชนิดสมมูล	26
3.3 ข)	วงจร อาร์ เอฟ ไอ ซึ่งถือเป็นวงจรฟิลเตอร์แบบโลว์พาส ชนิดไม่สมมูล	26
3.4 ก)	วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นและฟิลเตอร์	30
3.4 ข)	วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นและฟิลเตอร์แบบแรงดันไฟฟ้าสองเท่าที่ทางออก	30
3.5	วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์ ที่คงที่	33
3.6	วงจรพีเรกกูเลเตอร์และสวิทซ์	34
3.7	วงจรอินเวอร์เตอร์ทำงานแบบพูช-พูล พื้นฐาน	39
3.8 ก)	วงจรกำเนิดความถี่ 33 กิโลเฮิรตซ์	41
3.8 ข)	แสดงเส้นโค้งบี-เอช	41
3.8 ค)	แสดงรูปสัญญาณแรงดันไฟฟ้าและฟลักซ์	42
3.9	แสดงรูปร่างสัญญาณสไปก	46
3.10	วงจรอินเวอร์เตอร์แบบพูช-พูล	47
3.11	แสดงหม้อแปลงแบบแยกขด	49

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

3.12	วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรง	51
3.13	แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเรกกูเลเตอร์ แบบอนุกรม	52
3.14 ก)	วงจรขยายคาบิพลาคส่วนที่ 1	55
3.14 ข)	วงจรขยายคาบิพลาคส่วนที่ 2	57
3.15 ก)	วงจรผลิตสัญญาณฟันเลื่อย	58
3.15 ข)	วงจรพัลส์วีกท์มอดูเลเตอร์	60
3.16	วงจรป้องกัน	62
4.1	แผนภาพแสดงการคอดูปรณ์ในการทดสอบ สมรรถนะ	64
4.2	แสดงสัญญาณพัลส์ที่ทางออกของไอซี 8 รูปวงจร ที่ 3.15 ก	75
4.3	แสดงสัญญาณรูปฟันเลื่อยที่จุด S รูปวงจรที่ 3.15 ก	75
4.4	แสดงสัญญาณพัลส์ที่ทางออกของไอซี 9/2 รูปวง จรที่ 3.15 ข	76
4.5	กราฟแสดงสมรรถนะของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า +5 โวลต์	78
4.6	กราฟแสดงสมรรถนะของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า +12 โวลต์	79
4.7	กราฟแสดงสมรรถนะของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า -12 โวลต์	79
4.8	กราฟแสดงสมรรถนะของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า +24 โวลต์	80
4.9	กราฟแสดงสมรรถนะของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า -24 โวลต์	80

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.10	แสดงสัญญาณพัลส์ที่จุด N รูปวงจรถูกที่ 3.12	81
4.11	แสดงสัญญาณพัลส์ที่จุด O รูปวงจรถูกที่ 3.12 เมื่อผ่านโคไคโอคเรียงกระแส	81
4.12	สัญญาณแรงดันไฟฟ้าระลอกคลื่นที่จุด C รูป วงจรถูกที่ 3.12	82
4.13	รูปร่างสัญญาณที่จุด H รูปวงจรถูกที่ 3.10	82
4.14	รูปร่างสัญญาณที่จุด L รูปวงจรถูกที่ 3.10	83
4.15	สัญญาณพัลส์ที่จุด J รูปวงจรถูกที่ 3.6 ขณะที่ เครื่องจ่ายกำลังไฟฟ้ารับโหลดค่า	83
4.16	สัญญาณพัลส์ที่จุด J รูปวงจรถูกที่ 3.6 ขณะที่ เครื่องจ่ายกำลังไฟฟ้ารับโหลดเต็มที่	84
4.17	ภาพแสดงค่านหน้าเครื่อง	87
4.18	ภาพแสดงค่านหลังเครื่อง	88
4.19	ภาพแสดงส่วนต่าง ๆ ภายในเครื่อง	88
4.20	ภาพแสดงส่วนต่าง ๆ ภายในเครื่อง	89
ก.1 ก)	วงจรถูกที่ที่เป็นแบบพาย-ฟิลเตอร์	94
ก.1 ข)	วงจรถูกที่ที่เป็นแบบพาย-ฟิลเตอร์	94
ข.1	ภาพแสดงส่วนต่าง ๆ ของแกนเฟอร์ไรต์ Ferroxcube grade 3C8	143
ข.2	ภาพแสดงแกนเฟอร์ไรต์ Tomita Ferrite 2C3	151
ข.3	ภาพแสดงวงจรถูกที่แบบอนุกรม โดยใช้ไอซี LM 350	154

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4

4.1	แสดงสมรรถนะของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +5 โวลต์	77
4.2	แสดงสมรรถนะของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +12 โวลต์	77
4.3	แสดงสมรรถนะของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง -12 โวลต์	77
4.4	แสดงสมรรถนะของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +24 โวลต์	78
4.5	แสดงสมรรถนะของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง -24 โวลต์	78
4.6	ตารางเส้นลวด	85

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย