

การออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงสำหรับหัววัดรังสีเอ็กซ์



นายวิบูลย์ สนิหาพัฒนาเลิศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-120-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015975

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A HIGH VOLTAGE
POWER SUPPLY FOR X - RAY DETECTORS

Wiboon Leenhapattanalert

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1989


ISBN 974-576-120-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์
โดย
ภาควิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา

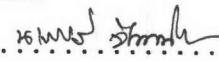
การออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงสำหรับหัววัดรังสีเอกซ์
นาย วิบูลย์ สิมหาพัฒนาเลิศ
นิเวศลิยร์เทคโนโลยี
รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ

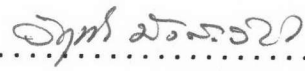


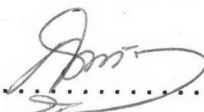
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

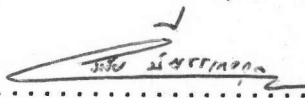

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วีระชัย บัญชรเทวกุล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วิบูลย์ สิงหาพัฒนาเลิศ : การออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงสำหรับหัววัด รังสีเอกซ์
(DESIGN AND CONSTRUCTION OF A HIGH VOLTAGE POWER SUPPLY FOR X - RAY
DETECTORS)

อ.ที่ปรึกษา : รศ. วิรุฬห์ มังคละวิรัช , อ.ที่ปรึกษาร่วม ผศ. สุวิทย์ ปุณณชัยยะ , 93 หน้า.

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ คือ การพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่หาซื้อได้ง่ายในประเทศ และมีเสถียรภาพดีพอที่นำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงให้กับหัววัดรังสี เช่น หัววัดแบบพรอพอร์ชันแนล (proportional detector) หัววัดรังสีแบบซินทิลเลชัน (scintillation detector)

แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงที่ออกแบบขึ้นนี้ ใช้หลักการกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงแบบตรีเวน ไทป์ ดีซี ทู เอซี คอนเวอร์เตอร์ (driven type DC to AC converter) ความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์และทวีตักดาขึ้นเป็นสองเท่า การปรับตักดาไฟฟ้าแรงสูง ในช่วง 0 ถึง 3000 โวลต์ และความคมให้ตักดาทางออกคงที่ตามค่าที่ตั้งไว้ ทำงานแบบสวิตซิง ระบบพัลส์วิดมอดูเลเตอร์ สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 5 มิลลิแอมแปร์ จากการทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง พบว่าการใช้ระบบควบคุมตักดาค่าคงที่แบบสวิตซิงให้ประสิทธิภาพ 77 % แต่การควบคุมตักดาทางออกให้คงที่ ที่ต้องการแปรเปลี่ยนค่าในช่วงกว้าง จะมีเสถียรภาพไม่ดีและขณะเปลี่ยนตักดาไฟฟ้าแต่ละครั้งจะเกิดทรานเซียนซ์สูง เครื่องที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นนี้มีแรงดันระลอกคลื่นถึง 45 มิลลิโวลต์ ในการใช้งานนั้นถ้าเลือกช่วงใช้งานให้แคบลง และปรับค่าวงจรชดเชยกระแสของสวิตซิงให้เหมาะกับช่วงนั้นจะให้ผลการทำงานที่ดี

ภาควิชา
สาขาวิชา
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

WIBOON LEENHAPATTANALERT : DESIGN AND CONSTRUCTION OF A HIGH VOLTAGE POWER SUPPLY FOR X - RAY DETECTORS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. VIRUL MANGCLAVIRAJ, Assi. PROF. SUVIT PUNNACHAIYA. 93 PP.



The objective of the thesis is to develop a high voltage power supply utilizing electronic parts mainly available locally. The development should provide stable output voltage suitable for radiation detectors like proportional and scintillation detectors.

The circuit of the power supply is based on a driven type DC to AC converter operated at 10 kHz with a voltage doubler at the output. The high voltage output is adjustable within the range of 0 to 3000 V and regulated by a switching pulse-width modulation circuit yielding a maximum output current of 5 mA. Performance test of the power supply shows an efficiency of 77%. However, voltage regulation is rather poor owing to too wide output range and large transient occurs at the change of voltage setting. Voltage ripple of 45 mV exists at full load presenting a severe drawback of the circuit. It is suggested that through narrowing the output voltage range and modification of the switching circuit improvement in high voltage stability and ripple reduction can be made.

ภาควิชา
สาขาวิชา
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา



ฉ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจาก
รองศาสตราจารย์ วิรุฬห์ มังคละวิรัช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ ที่ได้ให้
คำปรึกษา แนะนำในด้านต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินงานทุกขั้นตอน ผู้
เขียนขอขอบพระคุณอย่างสูง และขอขอบคุณ คุณเบญจมา อุนพานิช ที่กรุณาช่วยทำแผ่นวงจร
บางส่วนไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณภาคีชาตินิวเคลียร์เทคโนโลยี ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
เทคโนโลยี ที่ได้ให้ยืมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้



สารบัญ

ซ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ณ
บทที่	

1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง.....	4
2.1 หลักการของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง.....	4
2.2 ชนิดของวงจรที่มีความต่างศักย์.....	5
2.3 วงจรที่มีความต่างศักย์สองเท่าแบบฮาล์ฟเวฟ.....	7
2.4 วงจรที่มีความต่างศักย์สองเท่าแบบฟูลเวฟ.....	8
2.5 วงจรที่มีความต่างศักย์สามเท่าแบบฟูลเวฟ.....	9
2.6 การกรองกระแสทางออกให้เรียบ.....	9
2.7 วงจรควบคุมแบบอนุกรมและวงจรขยายความผิดพลาด..	10
2.8 ผลเสียของวงจรควบคุมแบบอนุกรม.....	12
2.9 วงจรควบคุมแบบสวิตชิง	13
3. การออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง.....	18
3.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง.....	18
3.2 การทำงานของวงจร.....	20
3.3 วงจรที่มีความต่างศักย์และการกรองกระแส.....	27
3.4 วงจรป้องกัน.....	28
4. การทดสอบสมรรถนะของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง.....	30
4.1 การปรับแต่งวงจรหลังประกอบ.....	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ทดสอบความเป็นเชิงเส้น.....	31
4.3 การทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง.....	32
5. สรุปผลและ เสนอแนะ.....	51
5.1 ผลการทดลองแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง.....	51
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	55
เอกสารอ้างอิง.....	60
ภาคผนวก ก. การคำนวณ.....	61
ภาคผนวก ข. แผ่นข้อมูล รายละเอียดของ แกนเฟอร์ไรต์ ไอซีและ MOSFET	69
ภาคผนวก ค. รายการอุปกรณ์.....	91
ประวัติผู้เขียน.....	93



สารบัญรูปรภาพ

รูปที่

หน้า

2.1	แผนภาพแสดงแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงเบื้องต้น.....	4
2.2	หม้อแปลงไฟฟ้า.....	5
2.3	วงจรทวิความต่างศักย์เบื้องต้น.....	6
2.4	วงจรทวิความต่างศักย์สองเท่าแบบฮาล์ฟเวฟ.....	7
2.5	วงจรทวิความต่างศักย์สองเท่าแบบฟูลเวฟ.....	8
2.6	วงจรทวิความต่างศักย์สามเท่าแบบฟูลเวฟ.....	9
2.7	วงจรควบคุมแบบอนุกรมและวงจรขยายความผิดพลาด.....	11
2.8	วงจรสวิตชิงเบื้องต้น.....	14
3.1	แผนภาพแสดงวงจรต่าง ๆ ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง...	19
3.2	วงจรลดทอน อาร์เอฟไอ.....	20
3.3	วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ± 12 โวลต์ และแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ยังไม่เรกกูเลต.....	21
3.4	วงจรควบคุมแบบสวิตชิง.....	22
3.5	วงจรพัลส์รีติมอดูเลเตอร์.....	23
3.6	แสดงวงจรต่างรูปสัญญาณและหารความถี่..... เพื่อกำเนิดความถี่เดียวกับวงจรพัลส์รีติมอดูเลเตอร์.....	25
3.7	วงจรขับแบบพหุผล.....	26
3.8	แสดงวงจรทวิความต่างศักย์ 2 เท่าแบบฟูลเวฟ.....	27
3.9	วงจรป้องกันเมื่อความต่างศักย์เกิน.....	28
3.10	วงจรป้องกันเมื่อใช้โหลดเกิน.....	29
4.1	สัญญาณที่ขา 5 ของไอซี U_{IC} (บน) สัญญาณที่ขา 1 ของไอซี $U_{1,1}$ (ล่าง).....	33
4.2	สัญญาณที่ขา DRAIN ของ $Q_{1,3}$, $Q_{1,4}$ (จุด C,D) ขณะมีโหลดสูงสุด.....	33
4.3	สัญญาณแรงดันระลอกคลื่นที่จุด X.....	34
4.4	สัญญาณที่จุด I ขณะความต่างศักย์ทางออก 0 โวลต์ และโหลดสูงสุด.....	34
4.5	สัญญาณที่จุด I ขณะความต่างศักย์ทางออก 3000 โวลต์และโหลดสูงสุด.....	35

4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบของปุ่มปรับ กับความต่างศักย์ที่ทางออก.....	37
4.7	แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความต่างศักย์กับกระแส ใน ขณะมีโหลดและไม่มีโหลด.....	38
4.8	แสดงการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงกับเครื่องอ่านรูปสัญญาณ ขณะไม่มีโหลด.....	39
4.9	สัญญาณแรงดันระลอกคลื่นขณะไม่มีโหลด.....	39
4.10	แสดงการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงกับเครื่องอ่านรูปสัญญาณ ขณะมีโหลด.....	40
4.11	สัญญาณแรงดันระลอกคลื่นขณะมีโหลด.....	40
4.12	แสดงการต่อ โหลด เพื่อหาความไม่คงที่ของ แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง.....	41
4.13	แสดงความสัมพันธ์ของ เวลากับความต่างศักย์.....	42
4.14	แผนภาพระบบวัดที่ใช้หัววัดพรอพอร์ชันแนล.....	43
4.15	แผนภาพระบบวัดที่ใช้หัววัดซินทิล เลชั่น.....	43
4.16	แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง(ORTEC).....	47
4.17	แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง(NT.1102)...	47
4.18	แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีแคดเมียม-109 โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (ORTEC).....	48
4.19	แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีแคดเมียม-109..... โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (NT.1102)...	48
4.20	แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (ORTEC).....	49
4.21	แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (NT.1102)...	49
4.22	แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง(NT.1102)...	50
5.1	แผนภาพเวลาของไอซี TL 494.....	52

รูปที่	สารบัญรูปภาพ (ต่อ)	ฉ หน้า
5.2	แผนภาพวงจรภาพในไอซี TL 494.....	53
5.3	แสดงวงจร เปลี่ยนรูปสัญญาณและกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม.	53
5.4	แผนภาพแสดงแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงจากต่างประเทศ....	54
5.5	แผนภาพแสดงแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงในแนวคิดใหม่.....	56
5.6	ภาพแสดงด้านหน้าเครื่อง.....	58
5.7	ภาพแสดงส่วนต่าง ๆ ภายในเครื่อง.....	58



สารบัญตาราง

ฉ

ตารางที่

หน้า

4.1	ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้และจำนวนรอบของปุ่มปรับ.....	36
4.2	แสดงค่าโหลตความต่างศักย์และกระแส.....	38
4.3	แสดงช่วงเวลาและศักดาที่วัดได้.....	42