



การทดสอบสมรรถนะของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง

แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (NT. 1102) ก่อนนำไปใช้กับหัววัดรังสี จะต้องทำการปรับแต่งและตรวจสอบสภาพการทำงานของวงจรเพื่อหาสมรรถนะของเครื่อง และศึกษาผลกระทบของไฟฟ้าแรงสูงที่กำเนิดขึ้นต่อสเปกตรัมนิวเคลียร์ การทดสอบดำเนินขั้นตอนตามข้อ 4.1 และ 4.2 และผลการนำแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงที่พัฒนาขึ้นไปใช้ กับหัววัดรังสีพรอพอร์ชันแนลและหัววัดซินทิลเลชัน เพื่อวิเคราะห์สเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีเอกซ์แสดงในข้อ 4.3

4.1 การปรับแต่งวงจรหลังประกอบ

4.1.1 เครื่องมือที่ใช้ปรับแต่งและทดสอบสมรรถนะ

1. เครื่องอ่านรูปสัญญาณ (oscilloscope) โมเดล 465B TEKTRONIX
2. เครื่องวัดปริมาณไฟฟ้าเชิงเลข (digital - voltmeter) โมเดล DM44 TEKTRONIX
3. เครื่องวัดไฟฟ้าแรงสูง (electrostatic voltmeter) โมเดล ESD-9
4. ความต้านทานขนาด 5 วัตต์ 100 กิโลโอห์ม 10 ตัว
5. หัววัดรังสี พรอพอร์ชันแนล บรรจุก๊าซ ซีนอน และหัววัดซินทิลเลชันชนิดโซเดียมไอโอไดด์ ผลึกบาง
6. ต้นกำเนิดรังสี แคดเมียม - 109 และเหล็ก - 55
7. อุปกรณ์วิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง (multichannel analyzer) CANBERRA SERIES 40
8. ตัวขยายส่วนหน้า (preamplifier) CANBERRA โมเดล 2006E และ โมเดล 1705
9. แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง ORTEC โมเดล 456

4.1.2 การตรวจสอบสัญญาณที่จุดทดสอบต่างๆ

4.1.2.1 การปรับความถี่ของวงจรคอนเวอเตอร์ วงจรคอนเวอเตอร์ใช้ความถี่เดียวกับความถี่ของวงจรควบคุมสวิตชิง ความถี่ปรับได้ด้วยการปรับความต้านทาน R_{ϵ_3} โดยต่อเครื่องอ่านรูปสัญญาณที่ขา 1 ของไอซี U_{11} ปรับจนได้ความถี่

ประมาณ 10 กิโลเฮิรตซ์ ดังแสดงในรูป 4.1

4.1.2.2 ตรวจสอบวัดสัญญาณจากวงจรขับ วงจรขับประกอบด้วย MOSFET 2 ตัว Q_{13} , Q_{14} วัดสัญญาณที่ขา DRAIN ของ MOSFET ทั้ง 2 ที่จุด C และ D ขณะมี load สูงสุดด้วยเครื่องอ่านรูปสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมจะต้องมีครึ่งคาบเวลา (duty cycle) ประมาณ 50% เพื่อลดการกระเพื่อมของคัตตาไฟฟ้ทางออกในวงจรที่มีความต่างศักย์

4.1.2.3 ตรวจสอบแรงดันระลอกคลื่นของวงจรสวิตซิง วัดสัญญาณแรงดันระลอกคลื่นที่จุด x ด้วยเครื่องอ่านรูปสัญญาณได้แรงดันระลอกคลื่น 0.5 โวลต์ ดังแสดงในรูป 4.3 ยอดแหลม (spike) ที่ขึ้นอยู่บนแรงดันจะสูงกว่านี้ถ้าการต่อจุดกราวด์ไม่สมบูรณ์

4.1.2.4 การปรับค่าคัตตาไฟฟ้ที่อ่านบนมิเตอร์ไฟฟ้แรงสูง มิเตอร์ที่ใช้เป็นชนิดวัดไฟฟ้กระแสตรง กระแสสูงสุดเต็มสเกล 50 ไมโครแอมแปร์ความต้าน $R_{60} - R_{69}$ เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้ให้ไหลผ่านมิเตอร์ ได้สูงสุด 50 ไมโครแอมแปร์โดยมี R_{69} เป็นตัวปรับให้อ่านค่าความต่างศักย์ทางออกได้ 3000 โวลต์ การปรับแต่งทำได้โดยปรับเทียบกับค่าที่อ่านได้บนมิเตอร์วัดคัตตาไฟฟ้แรงสูงที่ค่าเต็มสเกล

4.1.2.5 ตรวจสอบวัดสัญญาณที่ใช้ควบคุมวงจรสวิตซิง วัดสัญญาณควบคุมนี้ที่จุด 1 ด้วยเครื่องอ่านรูปสัญญาณ ขณะต่อโหนดสูงสุดที่ 0 และ 3000 โวลต์ดังแสดงในรูป 4.4 และ 4.5 เมื่อกระแสไหลต่ำสุดความกว้างของพัลส์จะแคบสุด และเมื่อเพิ่มกระแสที่จ่ายให้กับโหนดมากขึ้น ความกว้างของพัลส์จะกว้างขึ้น และกว้างสุดเมื่อจ่ายกระแสสูงสุด 5 มิลลิแอมแปร์ ($t_p = 25 \mu s$)

4.1.2.6 การปรับวงจรป้องกันใช้โหนดเกิน ต่อโหนดขนาด 500 กิโลโอห์มกับแหล่งจ่ายไฟฟ้แรงสูงปรับคัตตาไฟฟ้ทางออกเป็น 3000 โวลต์ปรับ R_{46} จนกระทั่ง LED ติดและยอดเตือนดัง

4.2 ทดสอบความเป็นเชิงเส้น

4.2.1 การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของบ่มปรับคัตตาไฟฟ้

ต่อโหนดขนาด 600 กิโลโอห์มกับแหล่งจ่ายไฟฟ้แรงสูงวัดความต่างศักย์ ทางออกด้วยเครื่องวัดไฟฟ้แรงสูง ตามแผนภาพรูปที่ 4.6 หมุนบ่มปรับคัตตาไฟฟ้ทางออกไปทีละรอบ บันทึกความต่างศักย์ที่วัดได้ในตารางที่ 4.1 จนครบ 10 รอบ ผลการทดสอบความเป็นเชิงเส้นปรากฏว่าได้เท่ากับ $\pm 0.27 \%$

4.2.2 การทดสอบแรงกู่เลชั่น

ทดสอบโดยการปรับความต่างศักย์ให้ได้ 3000 โวลต์โดยไม่มีโหลด จากนั้นต่อ โหลดเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง เปลี่ยนแปลงโหลดจาก 1000 กิโลโห์มถึง 3000 กิโลโห์ม โดยลดลงครึ่งละ 100 กิโลโห์ม วัดศักดาไฟฟ้าทางออกด้วยเครื่องวัดไฟฟ้าแรง สูงขณะวงจรเปิดและมีโหลด วัดกระแสที่ผ่านโหลดด้วยเครื่องวัดปริมาณไฟฟ้าเชิงเลขผลการ วัดแสดงในตารางที่ 4.2 ที่โหลดสูงสุดได้ % regulation เท่ากับ 0.67 %

4.2.3 การวัดแรงดันระลอกคลื่น

วัดแรงดันระลอกคลื่นขณะไม่มีโหลด โดยต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงกับเครื่องอ่าน รูปสัญญาณไฟฟ้าผ่านตัวเก็บประจุขนาด 3600 พิโคฟารัด ทนแรงดันทะลุได้ 5 กิโลโวลต์ดัง รูปที่ 4.8 อ่านค่าแรงดันระลอกคลื่นได้ 25 มิลลิโวลต์ ดังรูปที่ 4.9

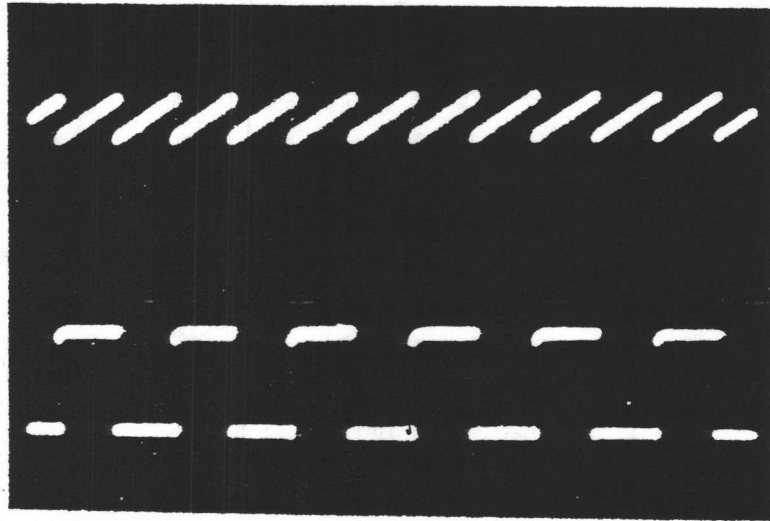
วัดแรงดันระลอกคลื่นขณะมีโหลดสูงสุด ใช้ความต้านทานขนาด 600 กิโลโห์ม 5 วัดต่อ กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงวัดแรงดันระลอกคลื่น ด้วยเครื่องอ่านรูปสัญญาณไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.10 อ่านแรงดันระลอกคลื่นได้ 48 มิลลิโวลต์ดังรูปที่ 4.11

4.2.3 การทดสอบความไม่คงที่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (drift)

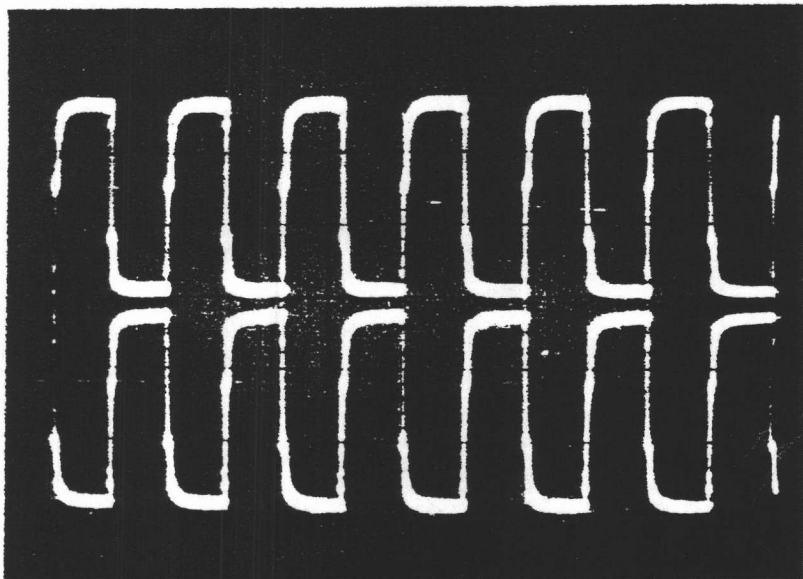
ต่อความต้านทานขนาด 600 กิโลโห์มกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงปรับศักดาทาง ออกเป็น 3000 โวลต์ดังรูป 4.12 วัดความต่างศักย์ทางออกทุก 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 8 ชั่วโมง บันทึกความต่างศักย์ที่วัดได้ในตารางที่ 4.3 นำค่าต่างๆ ที่ได้เขียนกราฟดังรูปที่ 4.13 ได้ผลการเปลี่ยนแปลง 0.125 %

4.3 การทดสอบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง

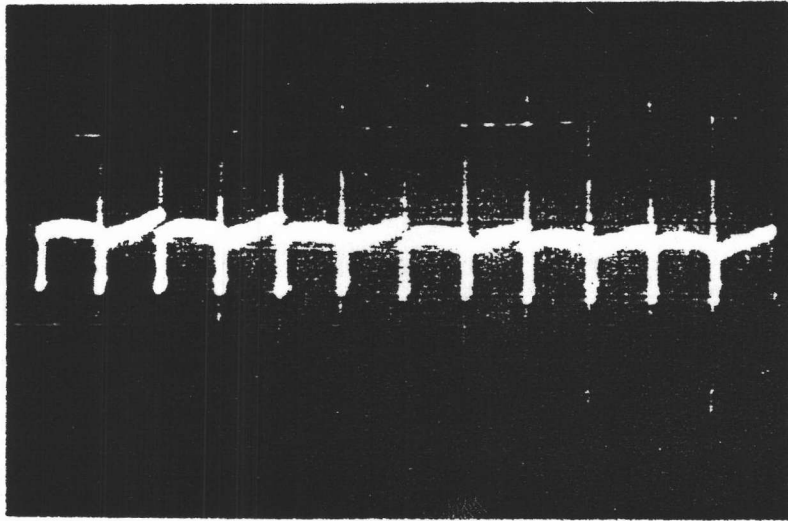
การทดสอบใช้แหล่งไฟฟ้าแรงสูง NT1102 ให้ไบอัสหัววัดรังสี 2 ชนิดคือ พรอ พอร์ชันแนล บรรจุภาซซินอนและ หัววัดซินทิลเลชั่น เพื่อวัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ จัดระ บบหัววัดตามแผนภาพในรูปที่ 4.14 และ 4.15 โดยศึกษาผลการวัดสเปกตรัมในช่วงเวลา สั้นและนานเปรียบเทียบกับการใช้ไบอัสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงของ ORTEC รุ่น 456



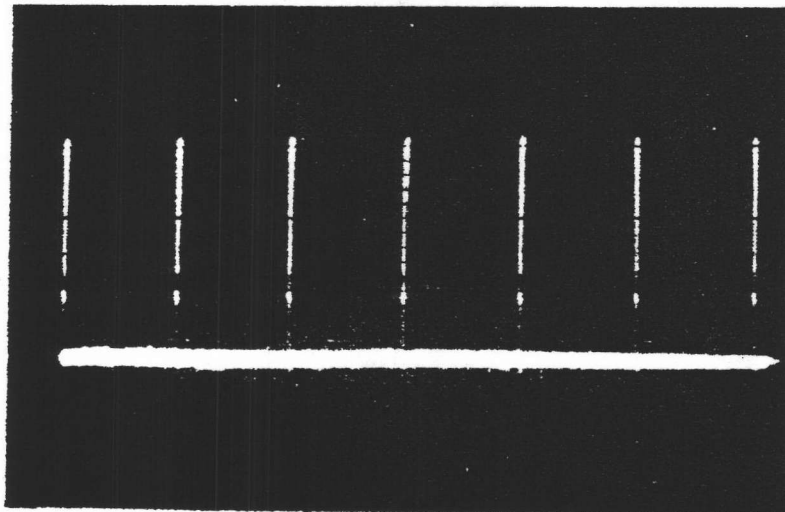
รูปที่ 4.1 สัญญาณที่ขา 5 ของไอซี U_2 (บน)
 สัญญาณที่ขา 1 ของไอซี U_{11} (ล่าง)
 สเกลระดับสัญญาณ 5 V/div
 สเกลเวลา 50 μ s/div



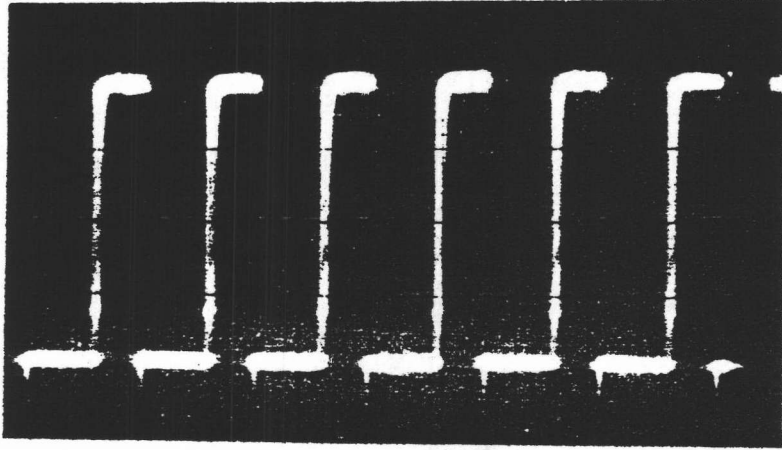
รูปที่ 4.2 สัญญาณที่ขา DRAIN ของ Q_{13} , Q_{14} (จุด C,D)
 ขณะมีโหลดสูงสุด
 สเกลระดับสัญญาณ 10 V/div
 สเกลเวลา 50 μ s/div



รูปที่ 4.3 สัญญาณแรงดันระลอกคลื่นที่จุด X
 สเกลระดับสัญญาณ 0.5 V/div
 สเกลเวลา 50 μ s/div



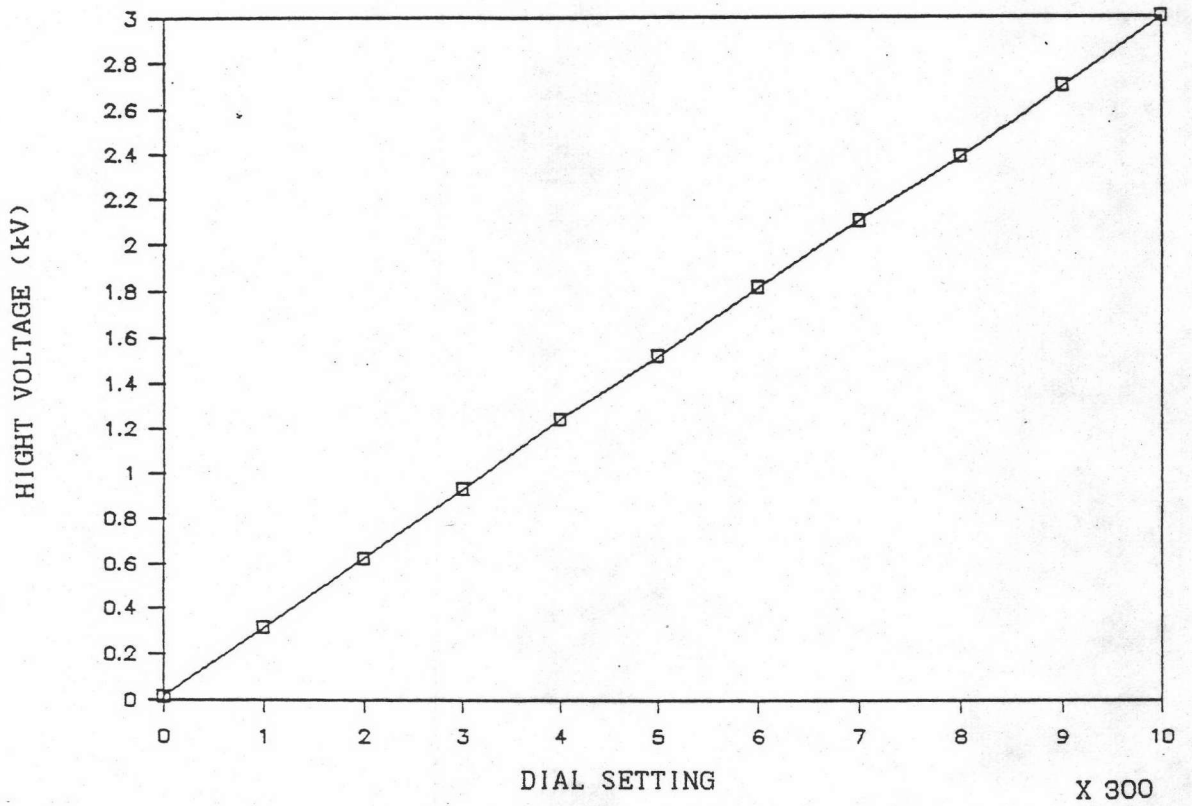
รูปที่ 4.4 สัญญาณที่จุด I ขณะความต่างศักย์ทางออก 0 โวลต์
 และไหลตสูงสุด
 สเกลระดับสัญญาณ 10 V/div
 สเกลเวลา 50 μ s/div



รูปที่ 4.5 สัญญาณที่จุด I ขณะความต่างศักย์ทางออก
3000 โวลต์และโหลดสูงสุด
สเกลระดับสัญญาณ 10 V/div
สเกลเวลา 50 μ s/div

ตารางที่ 4.1 ค่าความต่างศักย์ที่วัดได้และจำนวนรอบของปั๊มปรับ

Dial Setting	High Voltage (V)
0	16
1	319
2	626
3	933
4	1240
5	1520
6	1820
7	2110
8	2390
9	2700
10	3000

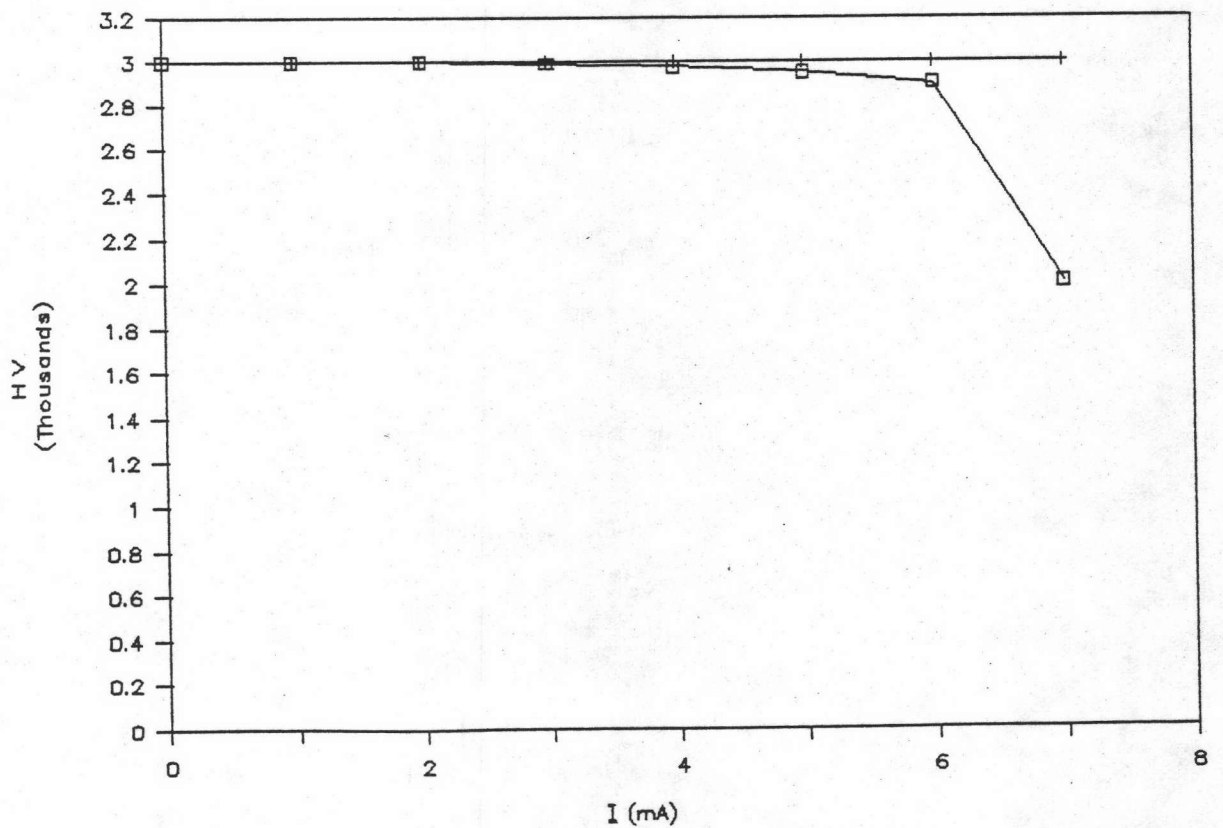


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบของปุ่มปรับ
กับความต่างศักย์ที่ทางออก

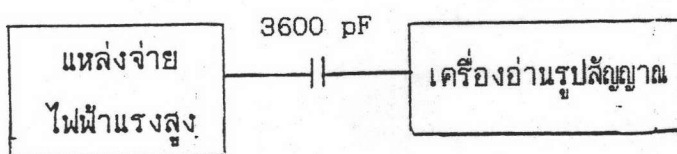
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าโหลด ความต่างศักย์และกระแส

LOAD (K Ω)	HV. (V)	I (mA)
1000	3000	3.00
900	3000	3.30
800	3000	3.80
700	2990	4.30
600	2980	5.00
500	2950	6.00
400	2900	7.25
300	2000	7.25

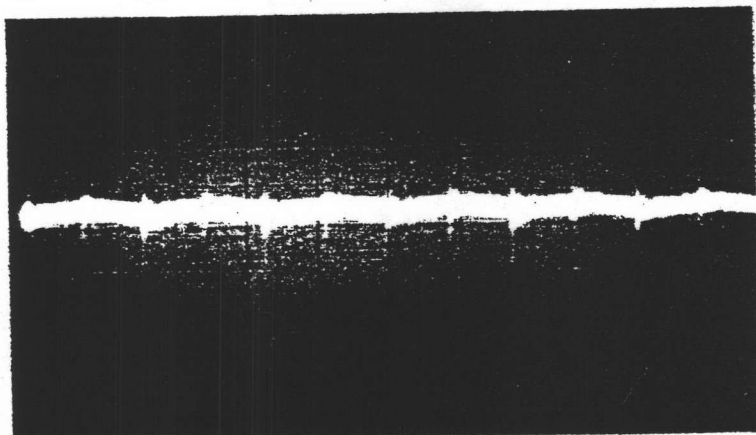
REGULATION



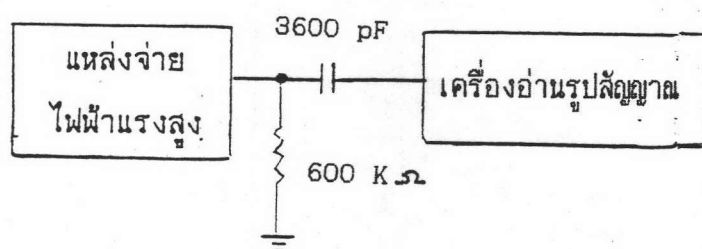
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์กับกระแส ในขณะที่มีโหลดและไม่มีโหลด



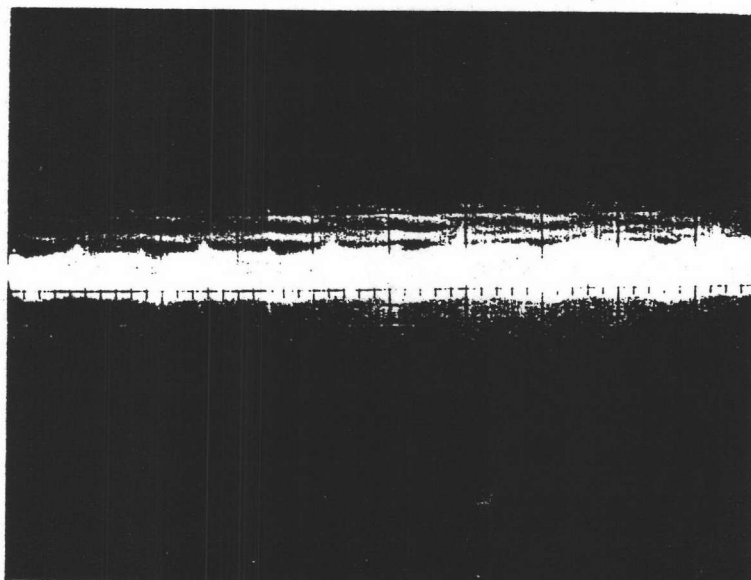
รูปที่ 4.8 แสดงการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง
กับเครื่องอ่านรูปสัญญาณขณะไม่มีโหลด



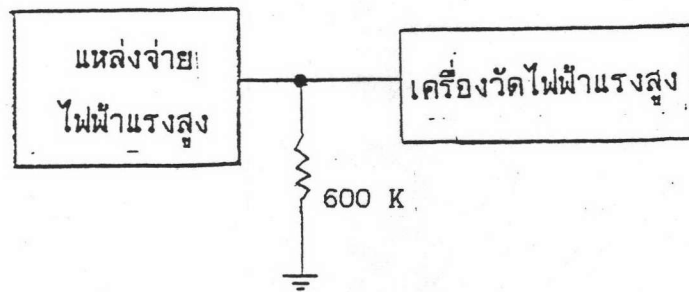
รูปที่ 4.9 สัญญาณแรงดันระลอกคลื่นขณะไม่มีโหลด



รูปที่ 4.10 แสดงการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง
กับเครื่องอ่านรูปสัญญาณขณะมีโหลด



รูปที่ 4.11 สัญญาณแรงดันระลอกคลื่นขณะมีโหลด

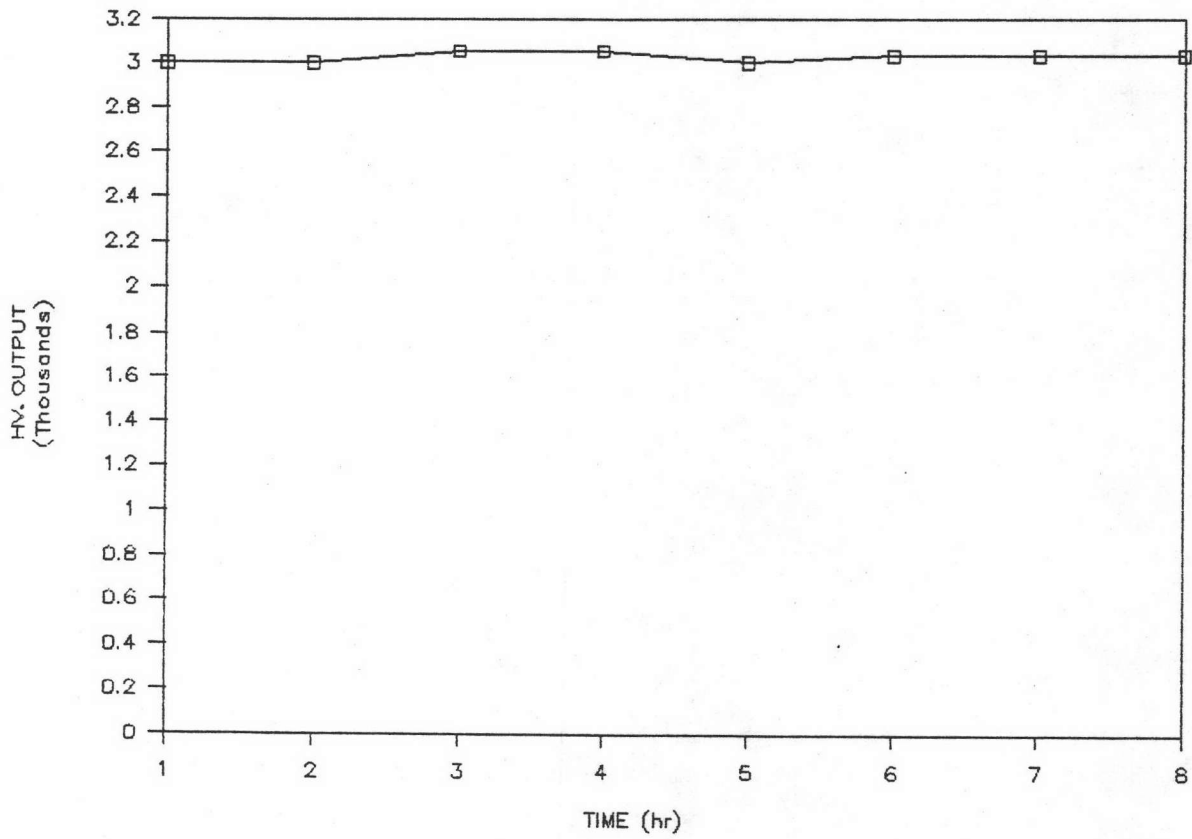


รูปที่ 4.12 แสดงการต่อโหลดเพื่อหาความไม่คงที่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง

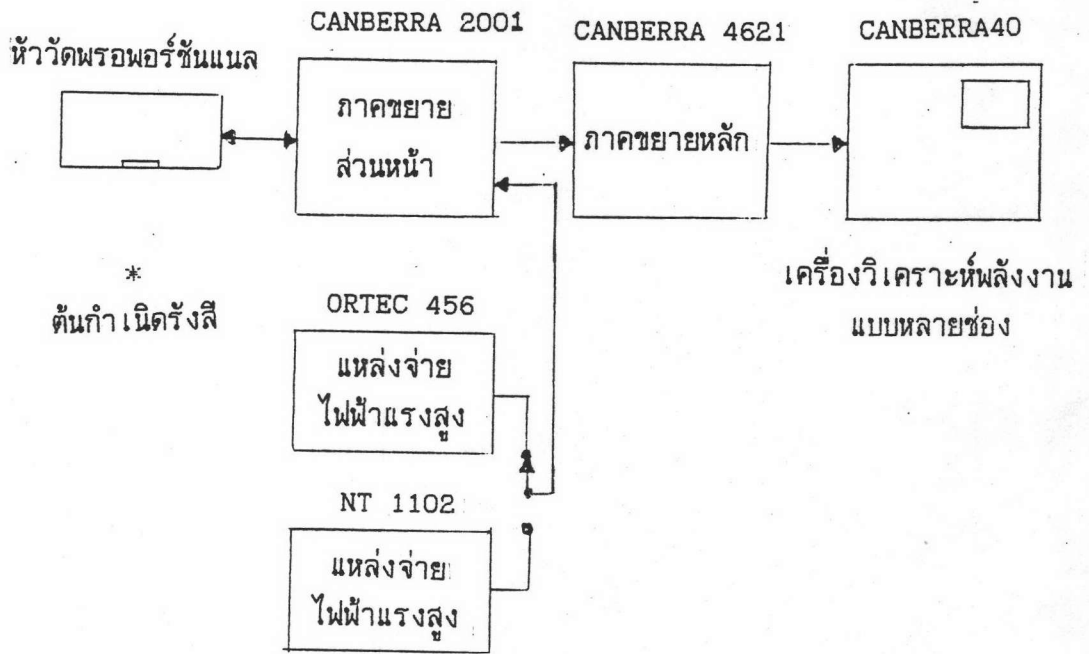
ตารางที่ 4.3 แสดงช่วงเวลาและศักดาที่วัดได้

TIME (hr)	HV (V)
1	3000
2	3000
3	3050
4	3050
5	3000
6	3030
7	3030
8	3030

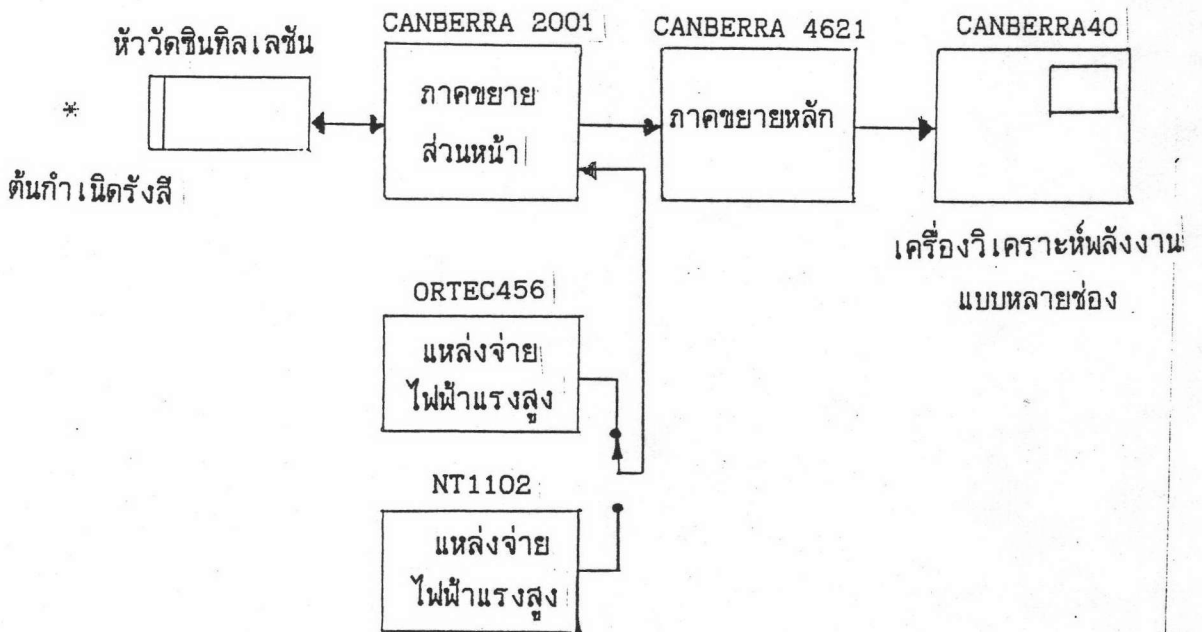
HIGH VOLTAGE DRIFT



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ของเวลากับความต่างศักย์



รูปที่ 4.14 แผนภาพระบบวัดที่ใช้หัววัดพรอพอร์ชั้นแนล



รูปที่ 4.15 แผนภาพระบบวัดที่ใช้หัววัดซินทิล เลชั่น

4.3.1 การวิเคราะห์รังสีเอกซ์จากต้นกำเนิดรังสีพลังงาน 5.9 และ 22.1 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ด้วยหัววัดรังสีร่อนฟอร์ซันแนล ที่ระยะเวลา 60 วินาที

4.3.1.1 ให้ไบอัสหัววัดรังสีด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงของ ORTEC โดยตั้งศักดาไฟฟ้าที่ 1650 โวลต์ปรับอัตราขยายและส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่องดังนี้

อัตราขยาย coarse = 300, fine = .62

DZO = 0

conversion gain = 4096

memory group = 1/4

preset time = 60 วินาที

4.3.1.2 วางต้นกำเนิดรังสี เหล็ก - 55 ที่ด้านหน้าหัววัดรังสี โดยจัดระยะห่างให้เกิด dead time น้อยที่สุดและคงที่ระยะนั้นไว้

4.3.1.3 วัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์ เวลา 60 วินาทีผลการวัด แสดงในรูปที่ 4.16

4.3.1.4 เปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีเป็น แคดเมียม - 109 และปรับอัตราขยายไปที่ coarse = 90 , fine = 0.3

4.3.1.5 ดำเนินการวัดตามข้อ 4.3.1.2 และ 4.3.1.3 ผลการวัดแสดงในรูป 4.18

4.3.1.6 เปลี่ยนการให้ไบอัสของหัววัดรังสีเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงที่ได้พัฒนาขึ้นโดยตั้งที่ 1650 โวลต์ใช้อัตราขยายและส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง เช่นเดียวกับข้อ 4.3.1.1

4.3.1.7 วางต้นกำเนิดรังสี เหล็ก-55 ที่ด้านหน้าหัววัดรังสี และวัดสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสี ผลการวัดแสดงในรูปที่ 4.17

4.3.1.8 เปรียบเทียบผลการวัดที่ได้ในรูป 4.16 และ 4.17 ผลของความสามารถในการแยกพลังงานมีค่า 17.2 % และ 18 % ตามลำดับ แตกต่างกัน 0.8 %

4.3.1.9 เปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีเป็น แคดเมียม - 109 และทำตามขั้นตอน 4.3.1.4 และ 4.3.1.5 ผลการวัดแสดงในรูป 4.19

4.3.1.10 เปรียบเทียบผลการวัดรังสีจากต้นกำเนิดรังสีแคดเมียมที่ได้ในรูป 4.18 และ 4.19 ผลของความสามารถในการแยกพลังมีค่า 11.7 % และ 14.8 % ซึ่งแตกต่างกัน 3.1 %

4.3.2 การวิเคราะห์รังสีเอกซ์จากต้นกำเนิดรังสีเอกซ์พลังงาน 5.9 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ด้วยหัววัดซินทิลเลชันที่ระยะเวลา 60 วินาที

4.3.2.1 ให้ไบอัสหัววัดรังสีด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงของ ORTEC โดยตั้งศักดาไฟฟ้าที่ 900 โวลต์ปรับอัตราขยายและส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องวิเคราะห์พลังงานหลายช่องดังนี้

อัตราขยาย	coarse	=	90	,	fine	=	0.62
DZO		=	0				
conversion gain		=	4096				
memory group		=	1/2				
preset time		=	60 s.				

4.3.2.2 วางต้นกำเนิดรังสีเหล็ก - 55 ที่ด้านหน้าหัววัดรังสี โดยจัดระยะห่างให้เกิด dead time น้อยที่สุด และคงที่ระยะนั้นไว้

4.3.2.3 วัดสเปกตรัมของรังสีเอกซ์เวลา 60 วินาทีผลการวัดแสดงในรูปที่ 4.20

4.3.2.4 เปลี่ยนการให้ไบอัสหัววัดรังสีเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง NT.1102 ที่พัฒนาขึ้นโดยตั้งศักดาไฟฟ้าแรงสูงที่ 900 โวลต์ใช้อัตราขยายและส่วนควบคุมของเครื่องวิเคราะห์พลังงานหลายช่องเช่นเดียวกับข้อ 4.3.2.1

4.3.2.5 ดำเนินการตามข้อ 4.3.2.2 และ 4.3.2.3 ผลการวัดแสดงในรูป 4.21

6. เปรียบเทียบผลการวัดที่ได้ในรูป 4.20 และรูป 4.21 ผลของความสามารถในการแยกพลังงานมีค่า 67.1 % และ 68.4 % ซึ่งแตกต่างกัน 1.3 %

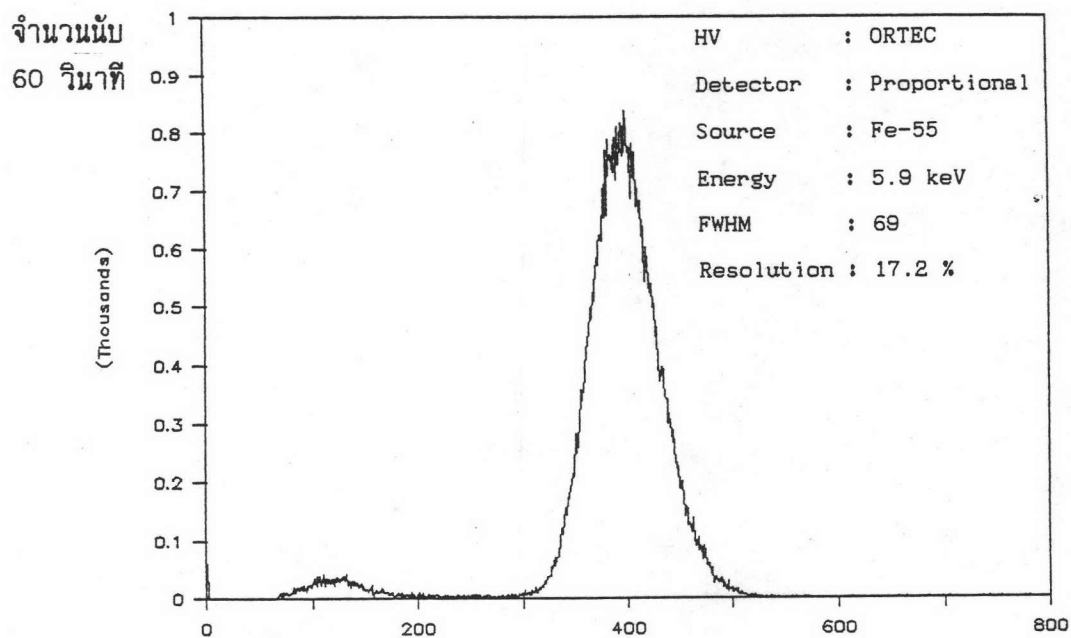
4.3.3 การวิเคราะห์รังสีเอกซ์จากต้นกำเนิดรังสีเอกซ์พลังงาน 5.9
กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ด้วยหัววัดพรอพอร์ชันแนล ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

4.3.3.1 ให้ไบอัสหัววัดวัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง NT 1102 ที่พัฒนาขึ้นโดยตั้งศักดาไฟฟ้าแรงสูงที่ 1650 โวลต์เพื่อทดสอบการใช้พลังงานที่ระยะเวลานานให้อัตราขยายและส่วนควบคุมการทำงาน ของเครื่องวิเคราะห์พลังงานหลายช่องตามข้อ 4.3.1.1 และเปลี่ยน preset time เป็น 3600 วินาที

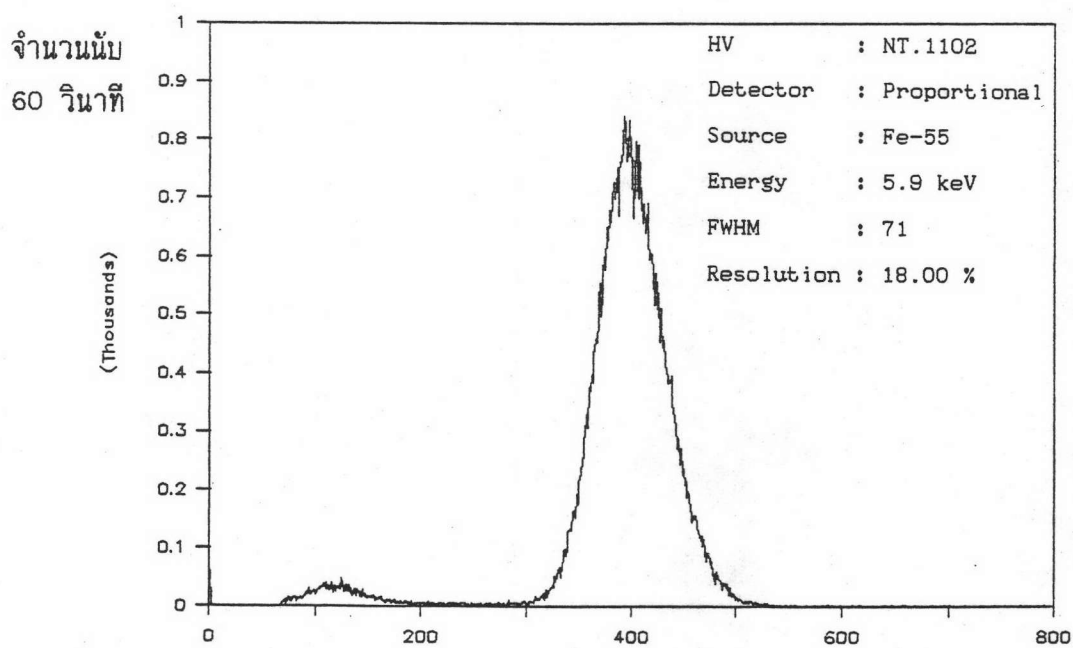
4.3.3.2 วางต้นกำเนิดรังสีเหล็ก - 55 ที่ด้านหน้าของหัววัดรังสีวัดระยะห่างของต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีห่างเท่ากับระยะในข้อ 4.3.1.2

4.3.3.3 วัดสเปกตรัมของรังสีเป็นเวลา 1 ชั่วโมงผลการวัดแสดงในรูป รูป 4.22

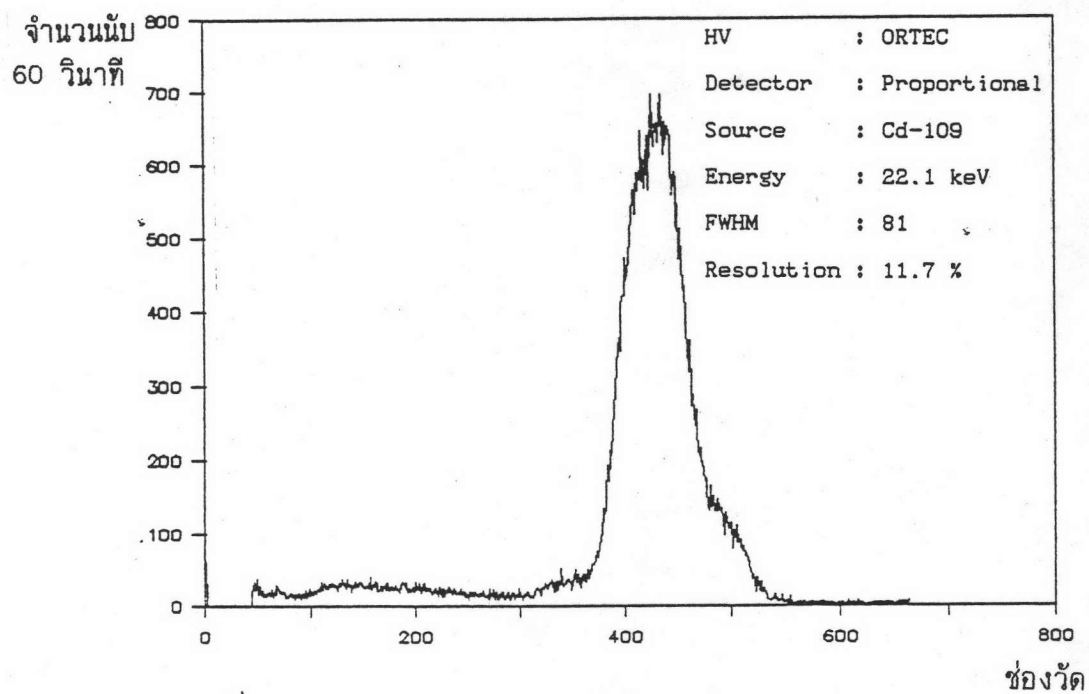
4.3.3.4 เปรียบเทียบผลการวัดที่ได้จากการวัดที่ระยะเวลาลั้น (60 วินาที) และระยะเวลานาน (3600 วินาที) พบว่าที่ระยะเวลานานค่าความสามารถในการแยกพลังงานจะเลวลงเนื่องมาจากความไม่คงที่ของศักดาไฟฟ้าที่ ไบอัสหัววัด และส่วนน้อยเป็นผลจากสัญญาณรบกวน ผลการวัดจากรูป 4.16 และ 4.22 ความสามารถในการแยกพลังงานต่างกัน 2.3 %



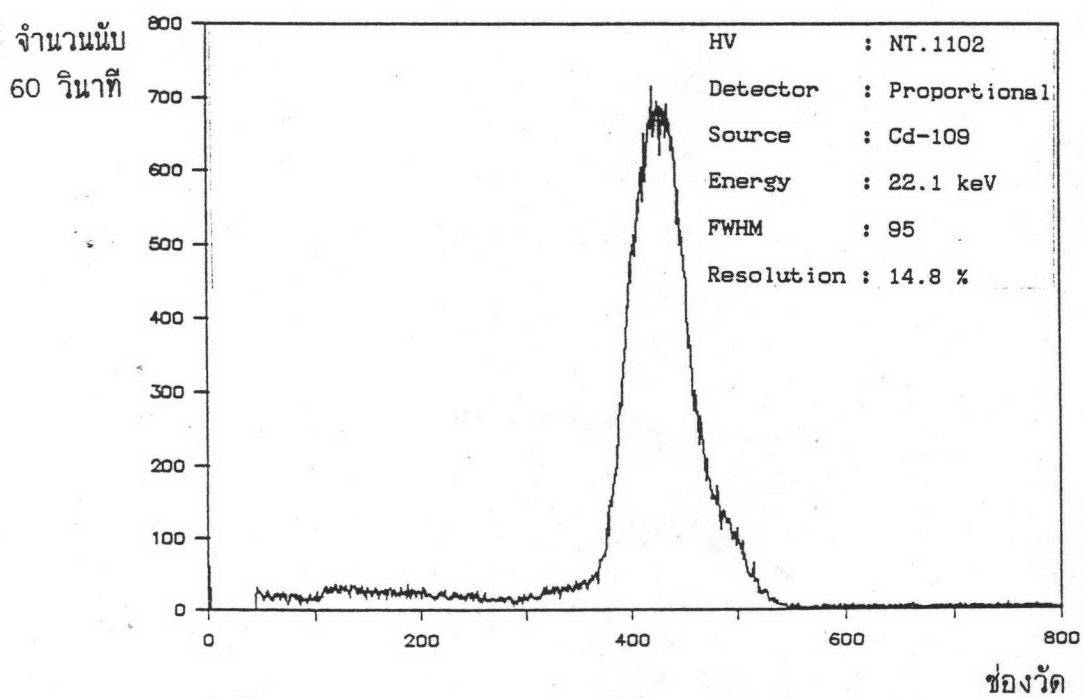
รูปที่ 4.16 แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55
โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (ORTEC)



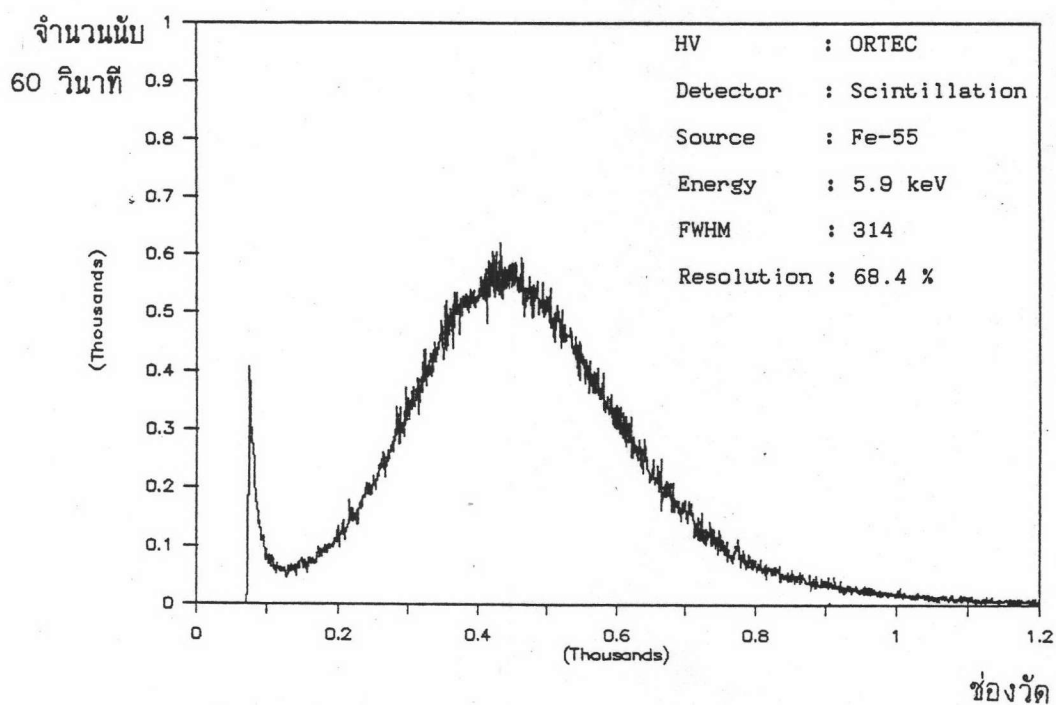
รูปที่ 4.17 แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55
โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (NT.1102)



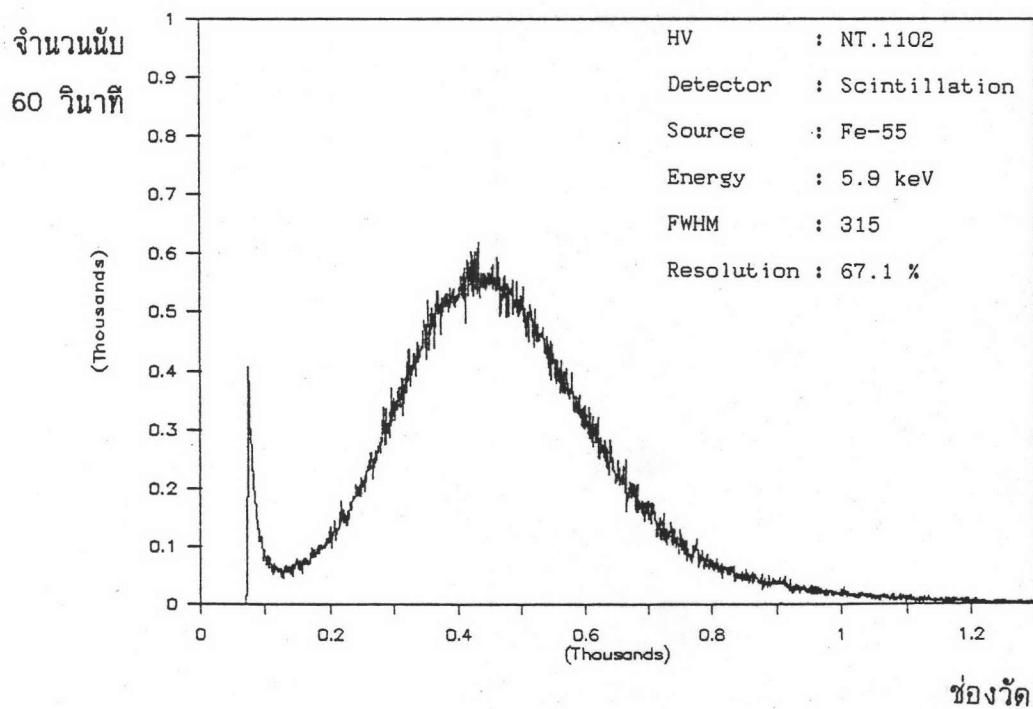
รูปที่ 4.18 แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีแคดเมียม-109
โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (ORTEC)



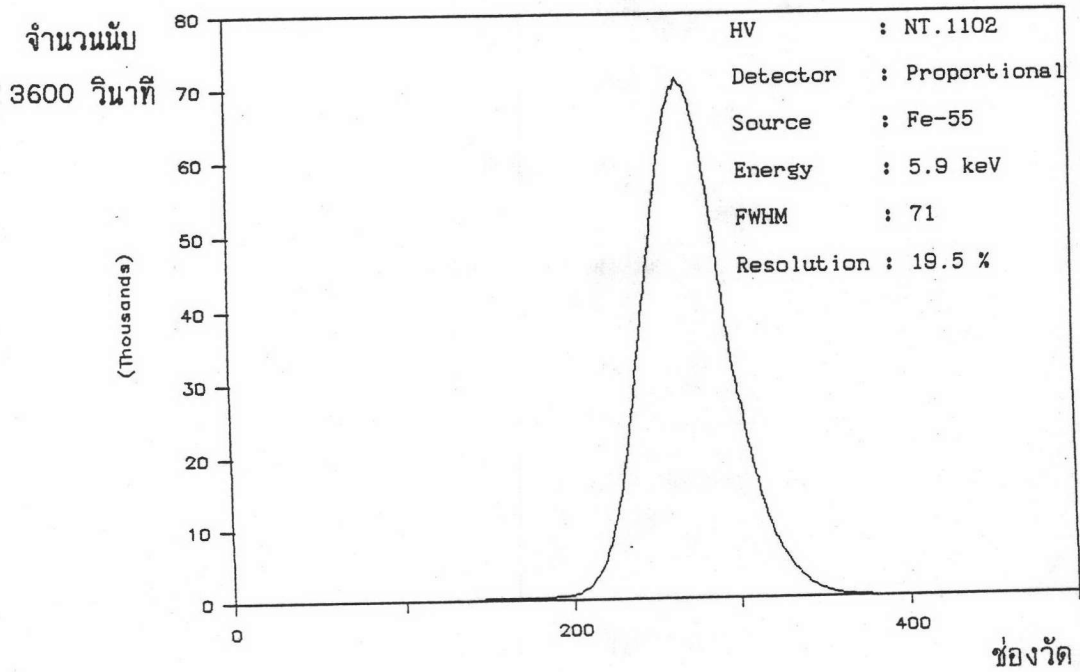
รูปที่ 4.19 แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีแคดเมียม-109
โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (NT.1102)



รูปที่ 4.20 แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55
โดยโบอัลห่าววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (ORTEC)



รูปที่ 4.21 แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55
โดยโบอัลห่าววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (NT.1102)



รูปที่ 4.22 แสดงสเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55
โดยไบอัสหัววัดด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง (NT.1102)