

การปรับเทียบและการทดสอบ

เครื่องวัดค่ากิโลโวลตัทพัฒนาชน ก่อนนำไปใช้งาน จะต้องทำการปรับแต่ง
ปรับเทียบ และ ทดสอบสมรรถนะ ดังขั้นตอนต่อไปนี้

5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับเทียบ

5.1.1 เครื่องวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเชิงเลข (Digital Voltmeter)

ขนาดสี่หลักครึ่ง ของ Hewlett Packard รุ่น 3465B

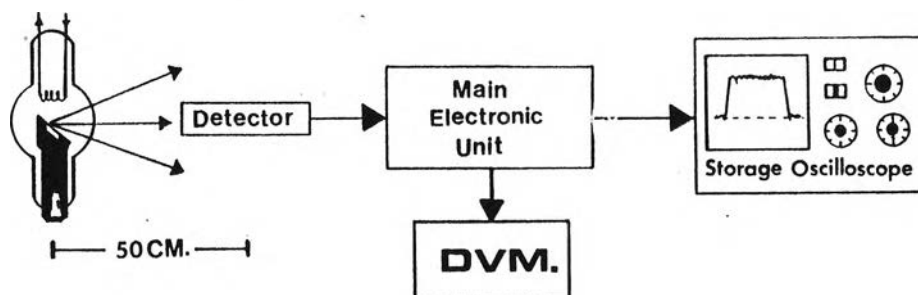
5.1.2 เครื่องวัดค่ากิโลโวลตัทพิค ของ Victoreen รุ่น NERO 6000 B

5.1.3 เครื่องเอกซเรย์ ของ Siemens รุ่น Stabilipan

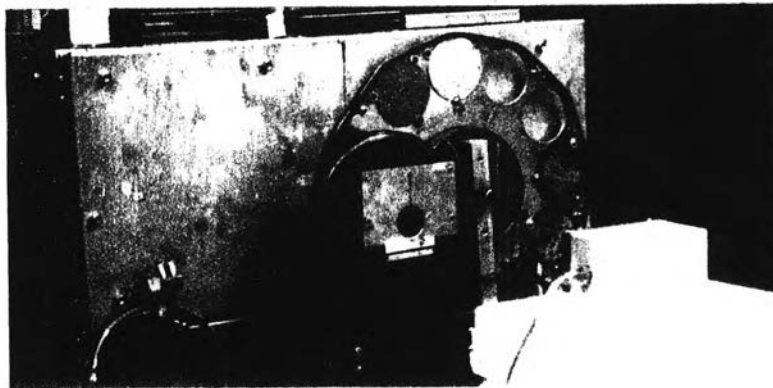
5.1.4 เครื่องอ่านรูปสัญญาณชนิดจาวุสัญญาณได้ (Digital Storage Oscilloscope) ของ Hamag รุ่น HM205-2

5.2 การจัดอุปกรณ์

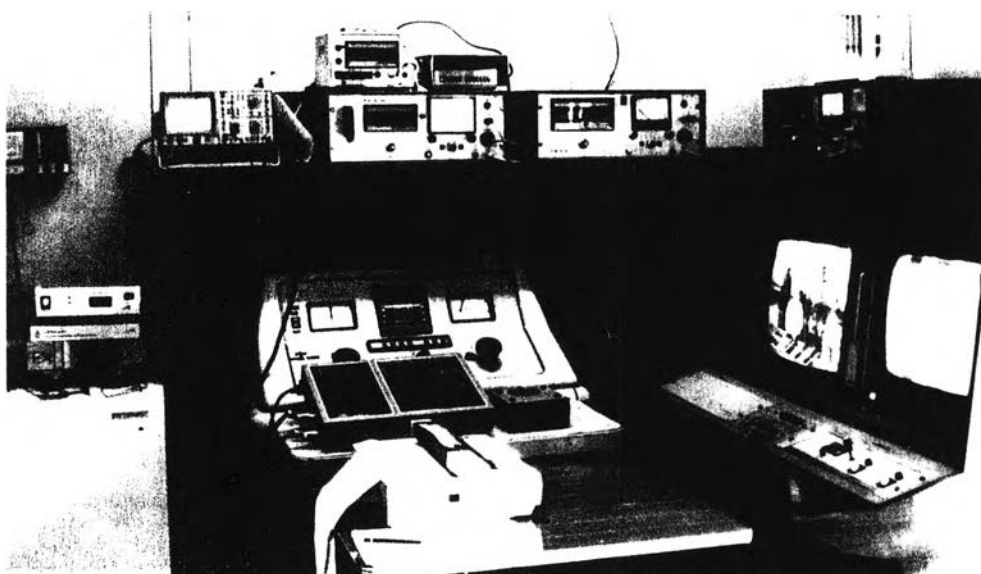
จัดอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับเทียบ เครื่องวัดค่ากิโลโวลตัทพิค ดังแผนภาพในรูป 5.1
ลักษณะของ หัววัดกิโลโวลตัทพิค และหลอดเอกซเรย์ แสดงในรูป 5.2 และ เครื่องวัดค่า
กิโลโวลตัทพิคพัฒนาชน เครื่องวัดค่ากิโลโวลตัทพิคของ Victoreen ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ
เครื่องควบคุมเอกซเรย์ และอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ในการปรับเทียบ แสดงในรูป 5.3



รูป 5.1 การจัดอุปกรณ์สำหรับปรับเทียบ



รูป 5.2 แสดงหม้อแปลงแรงดันสูงและสวิตช์แรงดันสูงที่ใช้ในการปรับเทียบ



รูป 5.3 แสดงเครื่องวัดแรงดันสูง เครื่องควบคุมแรงดันสูง และอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ในการปรับเทียบ

5.3 การปรับแต่งวงจร

5.3.1 ปรับแรงดันอินพุตออฟเซต (Input Off Set Voltage) กดสวิตช์ SW₃ (Power On Switch) เปิดเครื่อง ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เพื่อเป็นการอุ่นเครื่อง (Warm Up) แล้วจึงใช้โวลต์มิเตอร์หรือกอสซีลโลสโคป วัดแรงดันที่จุดทดสอบ T₁ และ T₂ ทำการปรับ VR₁ และ VR₂ ที่หม้อแปลงแรงดันสูง จนกระทั่งแรงดันที่จุดทดสอบดังกล่าว เท่ากับศูนย์ หรือ ไม่เกิน ± 10 มิลลิโวลต์

5.3.2 ปรับแรงดันอ้างอิง (Reference Voltage) ทำการปรับแรงดันอ้างอิงของวงจรต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้

5.3.2.1 ปรับ VR₃ ให้แรงดันที่จุด T₃ เท่ากับ 10.00 โวลต์

5.3.2.2 ปรับ VR₄ ให้แรงดันที่จุด T₄ เท่ากับ 1.00 โวลต์

5.3.2.3 ปรับ VR₈ ให้แรงดันที่จุด T₅ เท่ากับ 10.00 โวลต์

5.3.2.4 ปรับ VR₁₅ ให้แรงดันระหว่างขา 30 และขา 31 ของ IC₂₈ เท่ากับ 100.00 มิลลิโวลต์

5.3.3 ปรับแต่งวงจรซั่มมิ่งแอมพลิฟายเออร์ (Summing Amplifier) ปรับ VR₇ ให้แรงดันตกคร่อม D₈ เท่ากับ 0.35 โวลต์ บ่อนแรงดันที่ทราบค่าประมาณ 5 โวลต์ ให้จุด J₁ และ J₂ ปรับ VR₅ และ VR₆ ให้แรงดันที่จุดทดสอบ T_x และ T_z เท่ากับผลบวกของแรงดันตกคร่อม D₈ กับแรงดันที่บ่อนให้จุด J₁ และ J₂ ตามลำดับ

5.4 การปรับเทียบ

ใช้เครื่องวัดค่าโวลต์พักของ Victoreen ซึ่งได้รับการปรับเทียบมาตรฐาน จาก National Bureau of Standard (NBS) ประเทศสหรัฐอเมริกา วัดค่าโวลต์พักของเครื่องเอกซเรย์ที่ใช้ในการปรับเทียบ ซึ่งเครื่องเอกซเรย์ที่ใช้ควรเป็นเครื่องเอกซเรย์หลอดคาทอดพัก มีสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variance) ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ บันทึกค่าโวลต์พักที่วัดได้ และ ใช้ค่าโวลต์พักที่วัดได้ จากเครื่องของ Victoreen เป็นค่ามาตรฐานสำหรับการปรับเทียบต่อไป ตามลำดับดังนี้

5.4.1 ตั้งระยะระหว่างจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ กับหัววัดรังสีเท่ากับ 50 cm

5.4.2 ตั้ง SW₂ (Phase Selector Switch) เพื่อเลือกชนิดของระบบไฟฟ้าแรงสูงของเครื่องเอกซเรย์ที่ใช้

5.4.3 ตั้งจุดต่ำสุดที่ต้องการให้ เครื่องวัดค่าโวลต์พัก ทำการอ่านค่าที่วัดได้โดยปรับ ค่าโวลต์พักของเครื่องเอกซเรย์ให้เท่ากับ 60 กิโลโวลต์พัก กดสวิตช์ฉายรังสี

แล้วทำการวัดแรงดันที่จุด T7 ทำการปรับ VR₁₁ ให้แรงดันที่จุด T8 น้อยกว่าแรงดันที่จุด T7 ประมาณ 0.2 โวลต์

5.4.4 ตั้งจุดสวิทช์ของวงจรเลือกช่วงกิโลโวลต์ที่กอน์ดโนมิคโดยปรับค่ากิโลโวลต์พิกของเครื่องเอกซเรย์ ให้เท่ากับ 90 กิโลโวลต์พิก กดสวิทช์ฉายรังสี แล้วทำการวัดแรงดันที่จุด T7 ทำการปรับ VR₁₂ ให้แรงดันที่จุด T6 เท่ากับ แรงดันที่จุด T7

5.4.5 ปรับเทียบช่วง 60 ถึง 90 กิโลโวลต์พิก โดยปรับค่ากิโลโวลต์พิกของเครื่องเอกซเรย์ให้เท่ากับ 60 กิโลโวลต์พิก กดสวิทช์ฉายรังสี แล้วจึงทำการปรับ VR₉ ให้เครื่องวัดแสดงค่า 60 ปรับค่ากิโลโวลต์พิกของเครื่องเอกซเรย์ไปที่ 89 กิโลโวลต์พิก ทำการปรับ VR₁₃ ให้เครื่องวัดแสดงค่า 89 ทำการปรับเทียบซ้ำจนได้ค่าที่เสถียร

5.4.6 ปรับเทียบช่วง 90 ถึง 120 กิโลโวลต์พิก โดยปรับค่ากิโลโวลต์พิกของเครื่องเอกซเรย์ ให้เท่ากับ 90 กิโลโวลต์พิก กดสวิทช์ฉายรังสี แล้วจึงทำการปรับ VR₁₀ ให้เครื่องวัดแสดงค่า 90 ปรับค่ากิโลโวลต์พิกของเครื่องเอกซเรย์ ไปที่ 120 กิโลโวลต์พิก ทำการปรับ VR₁₄ ให้เครื่องวัดแสดงค่า 120 ทำการปรับเทียบซ้ำจนได้ค่าที่เสถียร

5.5 การทดสอบ

หลังจากทำการปรับแต่งวงจรถวลีทรอนิกส์ และทำการปรับเทียบ เครื่องวัดค่า
กิโลโวลต์พิกพัฒนาจนแล้ว ทำการทดลองเพื่อทดสอบ การทำงานของเครื่องวัดกิโลโวลต์พิก
ดังนี้

5.5.1 การทดสอบความแม่นยำ (Accuracy) ทำการทดลอง ใช้เครื่องวัดค่า
กิโลโวลต์พิกของ Victoreen และเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์พิกพัฒนา วัดค่ากิโลโวลต์พิกของ
เครื่องเอกซเรย์ เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการวัด โดยใช้ค่ากิโลโวลต์พิกที่ได้จาก
เครื่องวัด ของ Victoreen เป็นค่ามาตรฐาน

ตาราง 5.1 แสดงผลการทดสอบความแม่นยำที่ 60 - 120 กิโลโวลต์พิก

Setting kVp	Victoreen kVp Meter				Nuc. Tech. kVp Meter				Percent Error
	Reading				Reading				
	1	2	3	Mean	1	2	3	Mean	
60	63.5	64.0	63.5	63.67	62.7	62.5	62.9	62.70	+1.52
65	69.2	69.0	68.9	69.03	67.9	67.9	67.3	67.70	+1.93
70	74.6	74.9	74.1	74.53	73.3	73.4	73.1	73.27	+1.69
75	79.4	79.1	78.0	78.83	78.0	77.8	77.6	77.80	+1.31
80	80.3	80.7	81.6	80.87	81.8	81.0	81.9	81.57	-0.87
85	86.5	86.2	85.5	86.07	84.8	85.2	84.9	84.97	+1.28
90	90.5	90.3	90.4	90.40	91.0	91.1	91.0	91.03	-0.70
95	95.3	94.8	94.5	94.87	96.7	96.7	96.6	96.67	-1.90
100	99.5	99.6	99.6	99.57	97.3	97.1	97.4	97.27	+2.31
105	104.6	103.6	105.1	104.43	103.1	103.0	102.8	102.97	+1.40
110	108.0	108.7	109.1	108.60	108.4	108.2	108.2	108.27	+0.30
115	114.0	112.8	113.1	113.30	113.0	112.8	112.8	112.87	+0.40
120	117.6	116.6	116.1	116.77	116.6	117.2	116.9	116.90	-0.11

5.5.2 การทดสอบความเที่ยงตรง (Precision) ทำการทดลองใช้เครื่องวัดค่า
กิโลโวลต์ทกของ Victoreen และเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์ทกพัฒนา วัดค่ากิโลโวลต์ทกของ
เครื่องเอกซเรย์ 10 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 15 วินาที เพื่อเปรียบเทียบความเที่ยงตรงใน
การวัด

ตาราง 5.2 แสดงผลการทดสอบความเที่ยงตรง

NO. Exp.	Victoreen kVp Reading			Nuc.Tech. kVp Meter Reading			
	Setting kVp	85	90	95	85	90	95
1		87.3	90.7	95.6	85.0	88.7	95.5
2		87.4	91.5	95.7	85.0	88.7	95.2
3		86.8	90.1	94.9	84.9	88.7	95.7
4		86.9	90.4	95.9	84.8	88.9	95.6
5		87.0	90.2	95.2	84.8	88.9	95.4
6		87.0	91.0	95.2	84.9	88.9	95.6
7		87.4	91.0	95.2	84.9	88.8	95.5
8		87.2	90.3	95.3	84.9	88.7	95.4
9		87.7	89.9	97.9	84.8	88.7	95.4
10		87.5	89.7	96.0	85.0	88.7	95.4
kVp Mean		87.22	90.48	95.69	84.90	88.77	95.47
S.D.		0.2898	0.9048	0.8517	0.0516	0.0949	0.1418
C.V.		0.0033	0.0062	0.0089	0.0010	0.0011	0.0015

เมื่อ kVp Mean คือ ค่ากิโลโวลต์ทกเฉลี่ย (Mean of kilovoltpeak)

S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Diviation)

C.V. คือ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variance)

5.5.3 การทดสอบผลของระยะทาง ทำการทดลองวัดค่ากิโลโวลต์ทก ของเครื่องเอกซเรย์ เมื่อเปลี่ยนระยะทาง ระหว่างจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ กับหัววัดกิโลโวลต์ทก (Focus to kVp Detector Distance, FDD) เพื่อศึกษาผลของระยะทางที่มีต่อการวัดค่ากิโลโวลต์ทก สำหรับหาความสัมพันธ์การวัดผิดพลาดเนื่องจาก FDD

ตาราง 5.3 แสดงผลของ FDD ต่อการวัดค่ากิโลโวลต์ทกเมื่อตั้งค่ากิโลโวลต์ทกของเครื่องเอกซเรย์เท่ากับ 100 กิโลโวลต์ทก

FDD (cm)	Measurement kVp			kVp Mean
	1	2	3	
35	101.6	101.6	101.6	101.60
40	100.9	100.8	100.8	101.83
45	100.7	100.5	100.5	100.57
50*	100.1	100.2	100.1	100.13
55	99.8	99.8	99.9	99.83
60	99.6	99.7	99.9	99.73
65	99.7	99.7	99.6	99.67
70	99.4	99.3	99.4	99.37

* FDD ที่ใช้ในการปรับเทียบ

5.5.4 การทดสอบผลของการกรองรังสีของหลอดเอกซเรย์ ทำการทดลองวัดค่า
กิโลโวลต์พิกของเครื่องเอกซเรย์ เมื่อเปลี่ยนแผ่นอะลูมิเนียมกรองรังสี ของหลอดเอกซเรย์
เพื่อศึกษาผลของการกรองรังสีของหลอดเอกซเรย์ต่อการวัดค่ากิโลโวลต์พิก สำหรับหน้าค่า
แก่ผลการวัดผิดพลาดเนื่องจากการกรองรังสีของหลอดเอกซเรย์

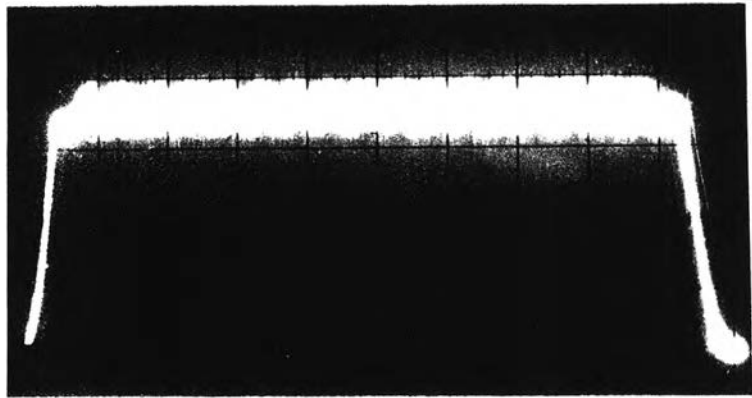
ตาราง 5.4 แสดงผลของแผ่นกรองของหลอดเอกซเรย์ต่อการวัดค่ากิโลโวลต์พิก
เมื่อตั้งค่ากิโลโวลต์พิกของเครื่องเอกซเรย์เท่ากับ 100 kVp

Thickness of Al Filter (mm)	Measurement kVp			kVp Mean
	1	2	3	
0*	100.9	100.6	100.8	100.77
1	102.4	102.7	102.6	102.57
2	103.9	103.8	103.7	103.80
3	105.4	105.3	105.3	105.33
4	106.5	106.5	106.7	106.57
5	107.8	107.8	107.8	107.80
6	108.7	108.8	108.8	108.77
7	109.7	109.7	109.3	109.57
8	110.7	110.8	110.7	110.73

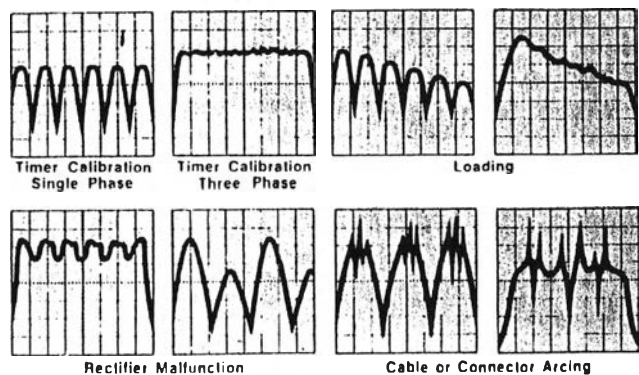
* ความหนาของแผ่นกรองอะลูมิเนียมที่ใช้ในการปรับเทียบ

5.6 การวิเคราะห์ลักษณะรูปคลื่นรังสีเอกซ์ (X-Ray Wave Form Analysis)

ด้านหลังของเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์พิกทพัฒนา มีขั้วต่อแบบ BNC สำหรับต่อ สตอเรจ ออสซิลโลสโคป เพื่อศึกษาลักษณะของรูปคลื่นรังสีเอกซ์ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้ม รังสีสัมพัทธ์ (Relative Intensity) กับ เวลาหมรังสี (Exposure Time) โดยความเข้ม รังสีสัมพัทธ์ มีหน่วยเป็นโวลต์ และ เวลาหมรังสี มีหน่วยเป็นวินาที ดังรูป 5.4



รูป 5.4 แสดงลักษณะรูปคลื่นรังสีเอกซ์จากเครื่องเอกซเรย์ ของ Siemens รุ่น Stabilipan ระบบไฟฟ้าแรงสูงแบบ 3 เฟส (time/Div.= 20 ms และ Volts/Div. = 1 V) ลักษณะของรูปคลื่นไฟฟ้าที่เกิดบนขั้ว BNC จะสอดคล้องกับรูปคลื่นไฟฟ้าที่เกิดบนไส้หลอด และ แก้ว ของหลอดเอกซเรย์ ทำให้สามารถใช้รูปคลื่นดังกล่าว ในการปรับเทียบค่าเวลาในการ ฉายรังสี และ ใช้ในการวินิจฉัยข้อบกพร่องของเครื่องเอกซเรย์ เช่น การเกิดโหลดดึง (Loading) ความผิดปกติของ วงจรเรียงกระแส (Rectifier Malfunction) และ การ เกิดประกายไฟที่สายหรือขั้วต่อไฟฟ้าแรงสูง (Cable or Connector Arcing) ดังรูป 5.5



รูป 5.5 แสดงลักษณะรูปคลื่นรังสีเอกซ์ที่สภาวะต่าง ๆ (19)

5.7 ลักษณะเฉพาะ (Specification)

ช่วงกิโลโวลตพททวดได้ (kVp Range):	60-120 กิโลโวลตพท
ความแม่นยำ (Accuracy):	3 % เมื่อ FDD= 50cm และหลอดเอกซเรียมการกรองรังสี 2.0 mmAl
ความเที่ยงตรง (Precision):	0.5 %
กำลังไฟฟ้าที่ต้องการ (Electric Power Requirement):	220 VAC (+/-10 %)
ภาคแสดงผล (Display)	
ค่ากิโลโวลตพท (kVp):	ตัวเลขขนาด 3 หลักครึ่งแบบ LED สักรงนา (Display Drift น้อยกว่า 0.3 kVp/min)
ความเข้มรังสีเอกซ์ (X-ray Intensity):	LED สีเหลืองแสดงความเข้ม รังสีเอกซ์ ต่ำ LED สีเขียวแสดงความเข้ม รังสีเอกซ์ ปกติ

	LED สีแดงแสดงความเข้ม
	รังสีเอกซ์ สูง
ส่วนควบคุม (Control)	
Power Switch:	สำหรับควบคุมการปิด/เปิดเครื่อง
Reset Switch:	สำหรับเปลี่ยนสภาวะของเครื่อง ให้พร้อมที่จะทำการวัดค่า kVp
Phase Switch:	สำหรับเลือกชนิดระบบไฟฟ้าแรงสูง ของเครื่องเอกซเรย์ ตำแหน่ง 1 ใช้ในกรณีระบบไฟฟ้า แรงสูงของเครื่องเอกซเรย์เป็นแบบ Single Phase Self Rectified Half Wave Rectified และ Full Wave Rectified ตำแหน่ง 3 ใช้ในกรณีระบบไฟฟ้า แรงสูงของเครื่องเอกซเรย์เป็นแบบ Three Phase Constant Potential High Frequency และ Condenser Discharge

หัวต่อ (Connector)

AC Power Plug:

Detector:

Storage Oscilloscope:

ฟิวส์ (Fuse):

ขนาด และ น้ำหนัก (Size & Weight)

[กว้าง x ยาว x สูง]

Main Unit:

Detector:

สำหรับต่อสายไฟ 220 VAC

สำหรับต่อสายสัญญาณจากหัววัด

กิโลวัตต์พัก

สำหรับต่อหัวต่อแบบ BNC ไป

เครื่องอ่านรูปสัญญาณชนิดเก็บรูป

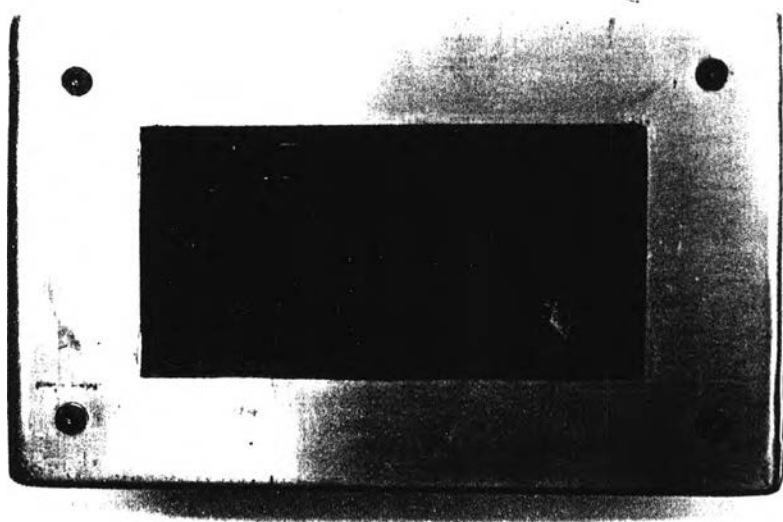
สัญญาณได้ (Digital Storage

Oscilloscope)

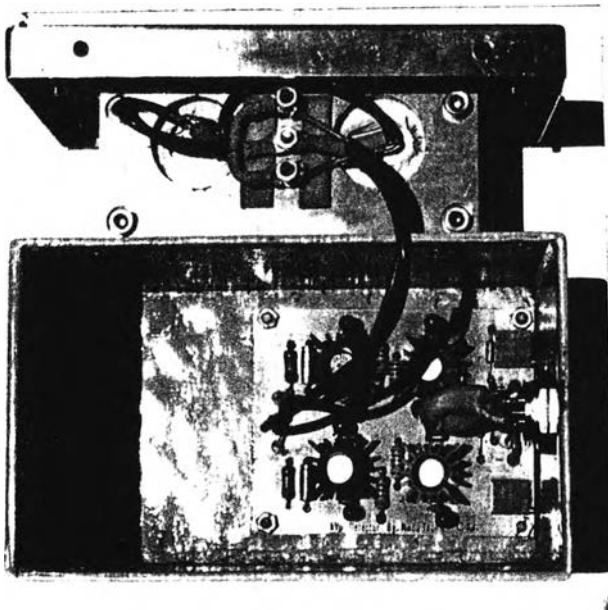
250 V , 500 mA(Slow Blow)

19cm x 27cm x 8cm; 2.2 kg

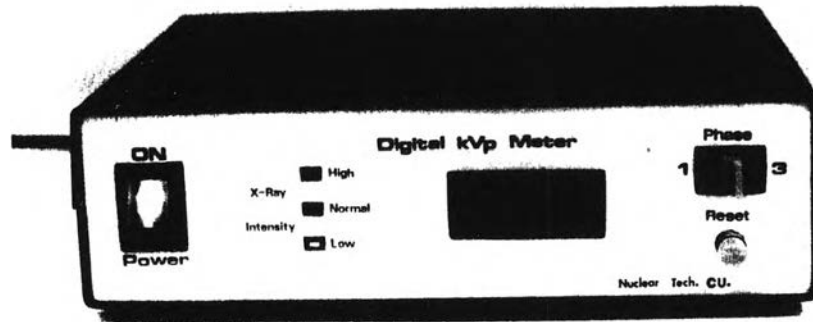
13cm x 8cm x 8cm; 2.3 kg



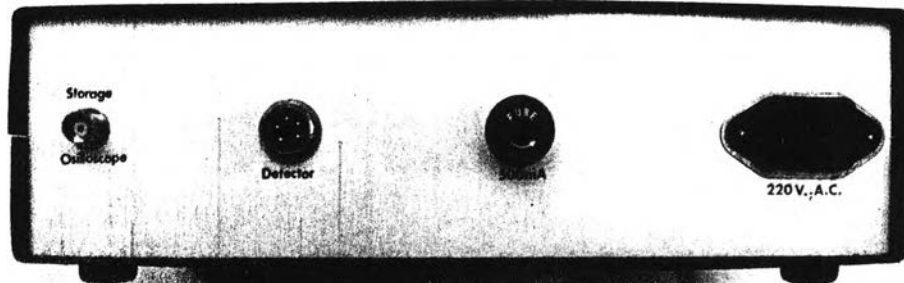
รูป 5.6 แสดงลักษณะภายนอกของหัววัดกิโลโวลต์พัก



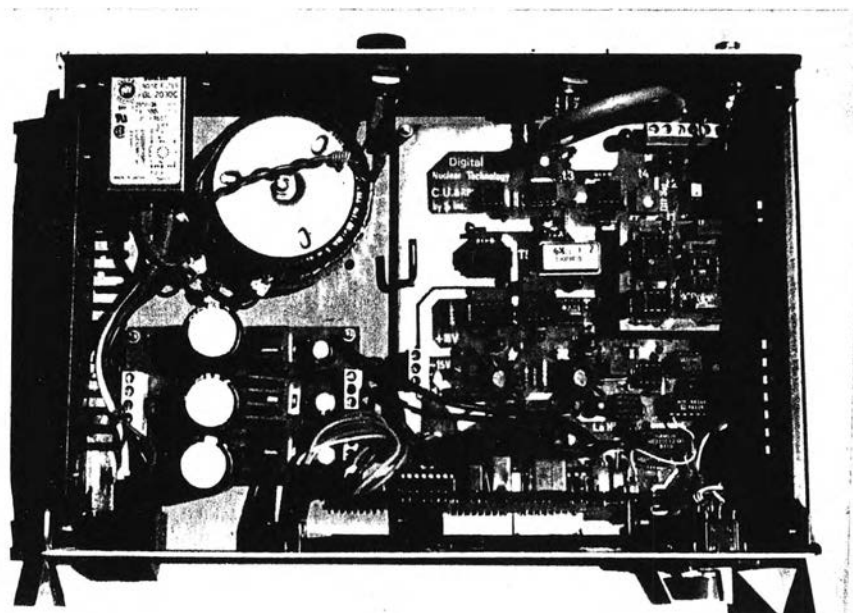
รูป 5.7 แสดงลักษณะภายในของหัววัดกิโลโวลต์พัก



รูป 5.8 แสดงรูปร่างภายนอกของเครื่องวัดกิโลโวลตฟกด้านหน้า



รูป 5.9 แสดงรูปร่างภายนอกของเครื่องวัดกิโลโวลตฟกด้านหลัง



รูป 5.10 แสดงลักษณะภายในของเครื่องวัดคาบิโลโวลตฟก