

การพัฒนาเครื่องวัดค่ากิโลวัตต์พิกแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย



นายสาโรช ปริยะวาท

วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-495-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016005

117619006

Development of an Electronic Instrument for Determining
the Peak Kilovoltage of Diagnostic X-ray Machines

Mr. Saroj Pariyavatee

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 974-576-495-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาเครื่องวัดค่ากิโลวัตต์ทุกแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเครื่อง
เอกซเรย์วินิจฉัย

โดย นายสาโรช ปริยะวาที

ภาควิชา นิเวศลิษฐ์เทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวิทย์ ปณณชัยยะ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นายกิจจา จงกิตติวิทย์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ทวาร วัชรราชัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วิรพีท มังคละวัรัช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สวิทย์ ปณณชัยยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นาย กิจจา จงกิตติวิทย์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์)



เป็นต้นฉบับที่ผ่านการตรวจและอนุมัติเรียบร้อยแล้ว

สาขาวิชา ปรียะวาทิ : การพัฒนาเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์ฟีกแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ
เครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย (DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC INSTRUMENT
FOR DETERMINING THE PEAK KILOVOLTAGE OF DIAGNOSTIC X-RAY MACHINES)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ. สุวิทย์ ปุณณชัยยะ, นายกิจฉา จงกิตวิทย์, 94 หน้า

เครื่องวัดค่ากิโลโวลต์ฟีกที่พัฒนาขึ้นนี้ เป็นเครื่องวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถวัดค่ากิโลโวลต์ฟีก ของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ด้วยวิธีการประเมินค่าความสามารถในการทะลุทะลวงของลำรังสีเอกซ์ จาก การวัดปริมาณรังสีที่ทะลุผ่าน แผ่นกรองทองแดงหนา 0.5 และ 1.0 มิลลิเมตร พลังงานของรังสีจะถูกเปลี่ยน ให้เป็นแสงสว่างโดยแผ่นเรืองแสง จากนั้นนำค่าความเข้มแสงที่วัดด้วยโฟโตไดโอด 2 ชุด ไปคำนวณหา อัตราส่วนของปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านแผ่นทองแดงดังกล่าว แล้วจึงแสดงผลเป็นค่ากิโลโวลต์ฟีกเชิงเลข (Digital kVp Display)

จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องต้นแบบพบว่า สามารถวัดค่ากิโลโวลต์ฟีกของเครื่อง เอกซเรย์วินิจฉัยได้ตั้งแต่ 60-120 กิโลโวลต์ฟีก โดยมีความแม่นยำ (Accuracy) หรือความผิดพลาด ในการวัดไม่เกิน 3% เมื่อเทียบกับเครื่องวัดกิโลโวลต์ฟีกของ Victoreen ซึ่งได้รับการเปรียบเทียบ มาตรฐานจาก National Bureau of Standard ประเทศสหรัฐอเมริกา มีความเที่ยงตรง (Precision) 0.5% และสามารถทำงานร่วมกับ สคอเรจ ออสซิลโลสโคป เพื่อวิเคราะห์ลักษณะรูป คณิตรังสีเอกซ์ และเปรียบเทียบค่าเวลาในการฉายรังสีเอกซ์

ภาควิชา วิศวกรรมเทคโนโลยี
สาขาวิชา วิศวกรรมเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อผู้คิด ปรียะวาทิ ๑/๓๑/๒๕๓๒

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [Signature]



มหาวิทยาลัยราชภัฏบูรพา

SAROJ PARIYAVATEE : DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC INSTRUMENT FOR DETERMINING THE PEAK KILOVOLTAGE OF DIAGNOSTIC X-RAY MACHINES
THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR SUVIT PUNNACHAIYA, 94 pp.

This electronic kVp meter is developed to determine kVp of diagnostic x-ray machine by evaluating the x-ray penetrating power. The transmitted beam from the couple of copper of 0.5 and 1.0 mm. thickness are converted to light using fluorescent screen. The light yield is detected using a pair of photodiodes. The ratio of the transmitted light yield is calculated and display in term of digital kVp.

From the performance test carried, the instrument is capable to determine kVp of diagnostic x-ray machines ranging from 60-120 . The accuracy is better than 3% when compare to the Victoreen kVp meter which is traceable to NBS U.S.A. The precision is better than 0.5%. This instrument can be interfaced to the storage oscilloscope for the x-ray waveform analysis.

ภาควิชา นวัตกรรมเทคโนโลยี
สาขาวิชา นวัตกรรมเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงไปด้วยความช่วยเหลือ และสนับสนุนจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ และคุณกัจจา จงกิตวิทย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบรายงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณสุธี จานงชอบ ผู้อำนวยการกองป้องกันอันตรายจากรังสี และคุณพิมพ์พร เสี่ยงสุคนธ์ หัวหน้าฝ่ายตรวจสอบเครื่องกำเนิดรังสี ที่ได้เป็นกำลังใจ และสนับสนุนงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ Dr. S.C. Klevenhagen ผู้เชี่ยวชาญพิเศษจากทบวงการะหว่างประเทศ และ Mr. R.G. Putney แห่งแผนกฟิสิกส์การแพทย์ โรงพยาบาลลอนดอนที่กรุณาให้คำแนะนำ และเอื้อเฟื้อวัสดุอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณคงศักดิ์ ตติยานุกุล ผู้จัดการบริษัท เค เอ็กซ์ เอ็ม จำกัด ที่ให้บริการเครื่องมือกลสำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณอรุณพร ภัทรสัมพันธ์ คุณสมยศ จันทกุล นักฟิสิกส์รังสี กองป้องกันอันตรายจากรังสี คุณจักราวุธ พานิชโยทัย คุณพีรพงษ์ เจริญศรี วิศวกร บริษัทสยามอิเล็กทรอนิกส์เคิลพาร์ท จำกัด ที่ให้คำแนะนำในงานวิจัยนี้



สารบัญ

ย

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ญ
สารบัญตาราง	ท
บท	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	3
1.3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ	4
2. การวัดค่ากิโลโวลต์พักของเครื่องเอกซเรย์	5
2.1 การวัดค่ากิโลโวลต์พักของเครื่องเอกซเรย์โดยตรง	5
2.1.1 การวัดค่ากิโลโวลต์พักจากช่องว่างของการเกิดสปาร์ค ..	5
2.1.2 การวัดโดยใช้วงจรแบ่งไฟฟ้าแรงสูง	6
2.2 การวัดค่ากิโลโวลต์พักของเครื่องเอกซเรย์ทางอ้อม	8
2.2.1 Ardran-Cooks Cassette	8
2.2.2 Wisconsin kVp Test Cassette	10

สารบัญ (ต่อ)

บท

หน้า

2.2.3 การวัดกิโลวัตต์พิกโดยการวิเคราะห์สเปกตรัมของ รังสีเอกซ์	11
2.2.4 เครื่องวัดค่ากิโลวัตต์พิกของเครื่องเอกซเรย์แบบ อิล็กทรอนิกส์	13
2.3 หลักการของเครื่องวัดค่ากิโลวัตต์พิกของเครื่องเอกซเรย์แบบ อิล็กทรอนิกส์	14
3. การออกแบบหัววัดกิโลวัตต์พิกและการทดลองหาขอมูล	20
3.1 การเลือกใช้แผ่นเรืองแสง	21
3.2 การเลือกอุปกรณ์วัดความเข้มแสง	22
3.3 การศึกษาผลของค่ามิลลิแอมแปร์และค่ากิโลวัตต์พิกของเครื่อง เอกซเรย์กับขนาดสัญญาณไฟฟ้า	24
3.4 การศึกษาผลของค่ามิลลิแอมแปร์อัตราส่วนสัญญาณไฟฟ้า	26
3.5 การศึกษาผลของค่ากิโลวัตต์พิกกับอัตราส่วนสัญญาณไฟฟ้า	27
3.6 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัญญาณไฟฟ้ากับค่า มิลลิแอมแปร์	28
3.7 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัญญาณไฟฟ้า กับค่ากิโลวัตต์พิก	29
3.8 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนสัญญาณไฟฟ้า กับค่ามิลลิแอมแปร์	27
3.9 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนสัญญาณไฟฟ้า กับค่ากิโลวัตต์พิก	31

สารบัญ (ต่อ)

บท	หน้า
4. การทำงานของวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ในเครื่องวัดค่ากิโลวัตต์พัก	34
4.1 วงจรรีเลย์ทรอนิกส์ในหัววัดกิโลวัตต์พัก	36
4.2 วงจรรีเลย์ทรอนิกส์หลัก	37
4.3 วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	44
5. การปรับเทียบและการทดสอบ	46
5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับเทียบ	46
5.2 การจัดอุปกรณ์	46
5.3 การปรับแต่งวงจร	47
5.4 การปรับเทียบ	48
5.5 การทดสอบ	50
5.6 การวิเคราะห์ลักษณะรูปคลื่นรังสีเอกซ์	54
5.7 ลักษณะเฉพาะ	55
6. วิจารณ์ผล สรุปผลและเสนอแนะ	60
6.1 อุปกรณ์วัดรังสีส่วนหน้า	60
6.2 อุปกรณ์รีเลย์ทรอนิกส์	61
6.3 การทดสอบการทำงานของวงจรรีเลย์ทรอนิกส์	62
6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดสัญญาณไฟฟ้ากับค่ามิลลิแอมแปร์และค่า กิโลวัตต์พัก	65
6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนสัญญาณไฟฟ้ากับค่ามิลลิแอมแปร์ และ ค่ากิโลวัตต์พัก	66
6.6 สรุปผลการทดสอบ	66

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.7 ข้อเสนอนณะ	68
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก ก. สัมประสิทธิ์การคดกลืนรังสีของอะลูมิเนียมและทองแดง	76
ภาคผนวก ข. ความหนาคร้งค่าและการกรองรังสีของเครื่องเอกซเรย์วินิจฉัย	77
ภาคผนวก ค. ลักษณะภายในของหัววัดกิโลโวลตพลด	79
ภาคผนวก ง. รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	80
ภาคผนวก จ. ลายวงจรพิมพ์และการวางอุปกรณ์	86
ประวัติผู้เขียน	94

สารบัญรูปภาพ

รูปที่

หน้า

2.1	เครื่องวัดค่ากิโลโวลต์พิคของเครื่องเอกซเรย์โดยอาศัยการสปาร์คผ่านช่องว่าง	6
2.2	แสดงการต่อวงจรแบ่งศักดาไฟฟ้าเข้ากับหลอดเอกซเรย์ และหม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูง	7
2.3	เครื่องแบ่งศักดาไฟฟ้าแรงสูงของบริษัท Victoreen	8
2.4	การจัดเรียงส่วนประกอบต่าง ๆ ภายนอกและภายในของ Ardran-Cooks Cassette	9
2.5	แสดงลักษณะของ Ardran-Cooks Cassette และผลการวัดค่ากิโลโวลต์พิค	9
2.6	แสดงลักษณะภายนอกและภายในของ Wisconsin Cassette	10
2.7	ตัวอย่างฟิล์มที่ได้จากการใช้ Wisconsin Cassette	10
2.8	แสดงการจัดระบบวัดรังสีเพื่อวิเคราะห์พลังงานของรังสีเอกซ์	12
2.9	สเปกตรัมของรังสีเอกซ์จากเครื่องวิเคราะห์หลายช่องเมื่อตั้งค่ากิโลโวลต์พิค เท่ากับ 90 kVp	12
2.10	ลักษณะภายนอกของเครื่องวัด kVp ของบริษัท Victoreen	13
2.11	การลดความเข้มของรังสีเมื่อผ่านเข้าไปในตัวกลาง	15
2.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโฟตอนทีหะลุผ่าน กับความหนาของน้ำ	15
2.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การลดทอนพลังงานเชิงมวลของตะกั่ว กับ พลังงานของรังสี	17

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.14	แผนภาพแสดงหัววัดค่ากิโลโวลต์พักของเครื่องเอกซเรย์ 18
3.1	การจัดระบบวัดรังสีเพื่อศึกษาและทดลองหาข้อมูลเบื้องต้น 20
3.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมิลลิแอมแปร์กับขนาดสัญญาณไฟฟ้า 25
3.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิโลโวลต์พักกับขนาดสัญญาณไฟฟ้า..... 25
3.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมิลลิแอมแปร์กับอัตราส่วนสัญญาณไฟฟ้า.... 27
3.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากิโลโวลต์พักกับอัตราส่วนสัญญาณไฟฟ้า 28
3.6	แสดงการแบ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่ากิโลโวลต์พัก และอัตราส่วน สัญญาณไฟฟ้าออกเป็น 2 ช่วง 32
4.1	แผนผังการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์พัก.... 35
4.2	วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในหัววัดกิโลโวลต์พัก 36
4.3	วงจรอิเล็กทรอนิกส์หลักของเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์พัก 38
4.4	วงจรแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 45
5.1	การจัดอุปกรณ์สำหรับเปรียบเทียบ 46
5.2	แสดงหัววัดกิโลโวลต์พักและหลอดเอกซเรย์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 47
5.3	แสดงเครื่องวัดกิโลโวลต์พักเครื่องควบคุมเอกซเรย์ และอุปกรณ์ประกอบ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ 47
5.4	แสดงลักษณะรูปคลื่นรังสีเอกซ์จากเครื่องเอกซเรย์ ของ Siemens รุ่น Stabilipan ระบบไฟฟ้าแรงสูงแบบ 3 เฟส 54
5.5	แสดงลักษณะรูปคลื่นรังสีเอกซ์ที่สภาวะต่าง ๆ 54
5.6	แสดงลักษณะภายนอกหัววัดกิโลโวลต์พัก 58
5.7	แสดงลักษณะภายในหัววัดกิโลโวลต์พัก 58

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.8 แสดงรูปร่างภายนอกของเครื่องวัดกิโลโวลต์พีกด้านหน้า	59
5.9 แสดงรูปร่างภายนอกของเครื่องวัดกิโลโวลต์พีกด้านหลัง	59
5.10 แสดงลักษณะภายในของเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์พีก	59
6.1 แผนภาพแสดงการทำงานของเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์พีกที่ใช้ระบบ ไมโครโปรเซสเซอร์	69
6.2 แผนผังแสดงการเพิ่มขีดความสามารถของเครื่องมือให้สามารถวัด ค่ากิโลโวลต์พีก เวลา และปริมาณรังสี	71
ค.1 แสดงลักษณะภายในของหัววัดกิโลโวลต์พีก	79
จ.1 แสดงลายวงจรพิมพ์ในหัววัดกิโลโวลต์พีก	86
จ.2 แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์	86
จ.3 แสดงลายวงจรพิมพ์ของแหล่งจ่ายไฟ	87
จ.4 แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์	87
จ.5 แสดงลายวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์หลักด้านหน้า	88
จ.6 แสดงลายวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์หลักด้านหลัง	89
จ.7 แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์	90
จ.8 แสดงลายวงจรพิมพ์ของวงจรซึ่มมิ่งแอมป์ไฟเออร์ ด้านหน้าและด้านหลัง	91
จ.9 แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์	91
จ.10 แสดงลายวงจรพิมพ์ของวงจรดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ด้านหน้า	92
จ.11 แสดงลายวงจรพิมพ์ของวงจรดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ด้านหลัง	92
จ.12 แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์ด้านหน้า	93
จ.13 แสดงการวางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นวงจรพิมพ์ด้านหลัง	93

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ผลการวัดค่ากิโลโวลต์ทกโดยใช้ลูกกลมทองแดงทำให้เกิดสปาร์ค 6
2.2	ข้อเปรียบเทียบของเครื่องวัดค่ากิโลโวลต์ทกแบบต่าง ๆ 14
3.1	ผลของค่ามิลลิแอมแปร์และค่ากิโลโวลต์ทกของเครื่องเอกซเรย์ ต่อขนาดสัญญาณไฟฟ้าของหัววัดรังสีที่ใช้แผ่นกรองทองแดงหนา 0.5 mm... 24
3.2	ผลของค่ามิลลิแอมแปร์ต่ออัตราส่วนสัญญาณไฟฟ้าเมื่อค่ากิโลโวลต์ทก เท่ากับ 70 , 90 , 110 , 130 kVp 26
3.3	ผลของค่ากิโลโวลต์ทกหลอดเอกซเรย์ ต่ออัตราส่วนสัญญาณไฟฟ้า จากหัววัดรังสี 24
5.1	แสดงผลการทดสอบความแม่นยำที่ 60 - 120 กิโลโวลต์ทก 50
5.2	แสดงผลการทดสอบความเที่ยงตรง 51
5.3	แสดงผลของ FDD ต่อการวัดค่ากิโลโวลต์ทกเมื่อตั้งค่ากิโลโวลต์ทก ของเครื่องเอกซเรย์เท่ากับ 100 กิโลโวลต์ทก 52
5.4	แสดงผลของแผ่นกรองของหลอดเอกซเรย์ต่อการวัดค่ากิโลโวลต์ทก เมื่อตั้งค่ากิโลโวลต์ทกของเครื่องเอกซเรย์เท่ากับ 100 kVp 53
ก.1	แสดงสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีของอะลูมิเนียมและทองแดง 76
ข.1	แสดงความหนาครึ่งค่าอย่างน้อยที่สุดที่ต้องการสำหรับเครื่องกำเนิด รังสีเอกซ์วินจลย์ 77
ข.2	แสดงการกรองรังสีอย่างน้อยที่สุดที่ต้องการสำหรับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ วินจลย์ 77
ข.3	แสดงความหนาครึ่งค่าซึ่งเป็นฟังก์ชันของการกรองรังสีและค่ากิโลโวลต์ทก ของเครื่องเอกซเรย์วินจลย์ 78