

การพัฒนาอุปกรณ์วัดค่าฮาล์ฟแวลูเลเยอร์ของรังสีเอกซ์ สำหรับการฉายรังสีครั้งเดียว

อรินญา อุตบัววงศ์* อรรถพร ภัทรสุมันต์ อรรถโกวิท สงวนสัตย์

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 0-2218-6781

บทคัดย่อ

ได้พัฒนาเครื่องวัดค่าความหนาครึ่งค่า (HVL) ของรังสีเอกซ์จากเครื่องผลิตรังสีเอกซ์สำหรับการฉายรังสีครั้งเดียว โดยเลือกใช้หัววัดรังสีแบบโฟโตไดโอดที่เคลือบด้วยสารซินทิลเลเตอร์ที่มีความไวต่อรังสีเอกซ์และเชื่อมโยงระบบวัดรังสีเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล ทำให้สามารถคำนวณค่า HVL จากการฉายรังสีเพียงครั้งเดียวโดยใช้ค่าความเข้มรังสีที่ถูกลดทอนจากลึ่มอะลูมิเนียมที่มีความหนาต่อเนื่องตั้งแต่ 0.5 ถึง 5.0 มิลลิเมตร แล้วทำการสอบเทียบค่า HVL ที่ได้กับอุปกรณ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ จากการทดสอบเครื่องวัดค่า HVL ที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องผลิตรังสีเอกซ์ที่ใช้งานตามสถานที่ต่าง ๆ จำนวน 6 เครื่อง ที่ค่าความต่างศักย์หลอดผลิตรังสีเอกซ์ระหว่าง 60 ถึง 90 กิโลโวลต์ ที่ระยะห่างระหว่างจุดโฟกัสของหลอดผลิตรังสีเอกซ์กับหัววัดรังสีเท่ากับ 50 เซนติเมตร และ ค่า HVL ในช่วง 2 ถึง 3 มิลลิเมตรอะลูมิเนียม โดยเทียบกับเครื่องวัดค่า HVL มาตรฐาน พบว่าสำหรับเอกซ์โพไซเมอร์ไม่เกิน 50 มิลลิแอมป์วินาที ค่า HVL ที่ได้มีความแตกต่างไม่เกิน 0.14 ถึง +0.80

คำสำคัญ : การกรองรังสีเอกซ์ครึ่งค่า เครื่องผลิตรังสีเอกซ์

Development of Half Value Layer Measurement Device for Single X-ray Exposure

Arinya Utbuawong* Attaporn Pattarasumunt Attakovit Sangonsat

Department of Nuclear Technology, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Tel. 0-22186781

Abstract

A portable single X-ray exposure HVL measuring device was developed. A photodiode detector coated with scintillator was selected for X-ray intensity measurements. The measuring system was connected to a microcomputer for data storage and analysis. The HVL was calculated from a single exposure by using an attenuated intensity from an aluminum wedge with continuous thickness of 0.5 to 5.0 mm. Then the measured HVL was calibrated with the corrected HVL measured by the standard device of the Department of Medical Sciences. The tested HVL measurements from the developed and the standard devices were performed with 6 X-ray generators used in various institutes in the high voltage supply X-ray tube range from 60 to 90 kV at distance between focal spot of X-ray

tube to detector of 50 cm and HVL between 2 to 3 mm Al. The differences were found to be within - 0.14 to +0.80 for exposure not greater than 50 mAs.

Keyword : Half Value Layer, X-ray generator

บทนำ

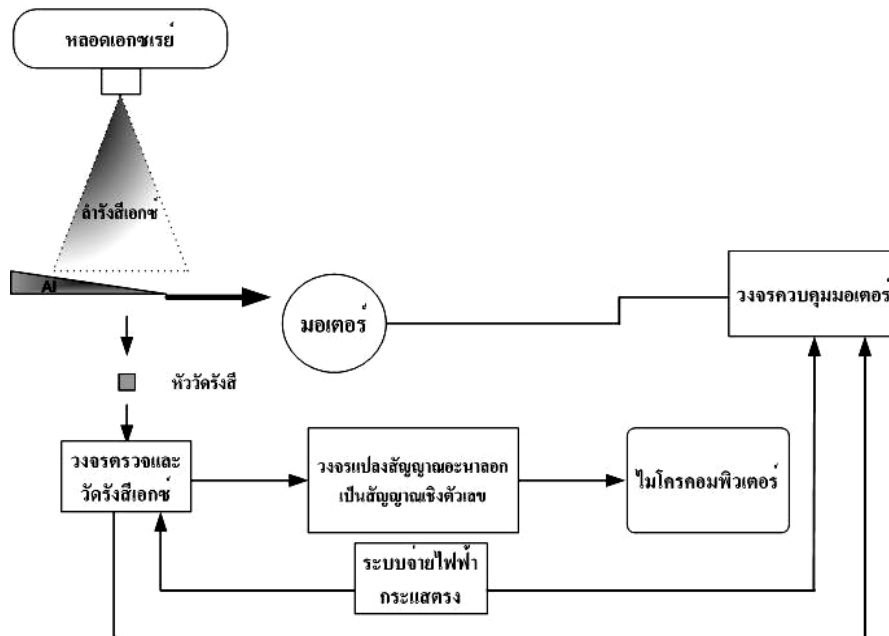
การควบคุมคุณภาพมาตรฐานของเครื่องผลิตรังสีเอกซ์วินิจัยข้อหนึ่งที่สำคัญ คือ การตรวจสอบคุณภาพของลำรังสีเอกซ์ โดยวิธี วัดค่าความหนาครึ่งค่า (Half Value Layer : HVL) โดยนิยามว่า ค่า HVL คือ ความหนาของแผ่นกรองรังสี ที่สามารถลดปริมาณรังสีเอกซ์ให้เหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณรังสีเดิม

มาตรฐานของค่า HVL ที่มีขึ้นเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย และผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งกำหนดโดย Food and Drug Administration (FDA)^[1] และ National Council on Radiation Protection and Measurement (NCRP)^[2] ที่ ความต่างศักย์สูงสุด 80 กิโลโวลต์ (kVp) มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 2.3 มิลลิเมตรอะลูมิเนียม (mmAl) ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดมาตรฐานที่กำหนดโดย กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์^[3]

ในปัจจุบันมีเครื่องผลิตรังสีเอกซ์วินิจัยทั่วประเทศประมาณ 8,000 เครื่อง การตรวจสอบคุณภาพอยู่ในความรับผิดชอบของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์และศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งกระจายอยู่ทั่วประเทศรวมทั้งสิ้น 12 ศูนย์ แต่ละศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์จะมีเครื่องตรวจสอบคุณภาพเครื่องผลิตรังสีเอกซ์วินิจัยซึ่งรวมทั้งการวัดค่า HVL ด้วย ประมาณ 2 ชุด ในส่วนของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ มีประมาณ 4 ชุด เครื่องมือดังกล่าวมีราคาแพงเนื่องจากต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ สำหรับการวัดค่า HVL ให้มีความถูกต้องมากที่สุดทั้งสองวิธีดังกล่าวมาแล้วข้างต้นจำเป็นต้องฉายรังสีหลายครั้งและต้องเสียเวลาในการคำนวณค่า HVL จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องวัดค่า HVL ขึ้น โดยใช้อุปกรณ์วัดรังสีอิเล็กทรอนิกส์วัดปริมาณรังสีที่ผ่านแผ่นกรองรังสีที่มีความหนาต่อเนื่อง และเชื่อมโยงสัญญาณจากอุปกรณ์วัดรังสีเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ ทำให้คำนวณค่า HVL ได้อย่างรวดเร็วโดยการฉายรังสีเพียงครั้งเดียวสามารถลดเวลาในการปฏิบัติงาน ค่าที่คำนวณได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นเนื่องจากสามารถเลือกความหนาของแผ่นกรองรังสีที่สามารถ ลดทอนปริมาณรังสีให้เหลือหรือใกล้เคียงครึ่งหนึ่งของปริมาณรังสีที่ไม่ผ่านแผ่นกรองรังสีมากที่สุด

หลักการวัดค่า HVL ของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นคือ เมื่อทำการฉายรังสีเอกซ์ ลำรังสีจะถูกตรวจวัดโดยหัววัดรังสีเอกซ์ และสัญญาณที่ได้จะถูกขยายและส่งไปยังวงจรควบคุมมอเตอร์เพื่อขับเพลลาของมอเตอร์ให้หมุนทำให้สายพานที่มีลิ้มอะลูมิเนียมวางอยู่เคลื่อนที่ผ่านลำรังสีเอกซ์ สัญญาณที่ได้จากหัววัดรังสีจะถูกเปลี่ยนจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลหรือสัญญาณเชิงตัวเลขด้วยวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล สัญญาณดิจิทัลที่ได้จะถูกประมวลผลและคำนวณหาค่า HVL

โดยไม่โครคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาด้วย Visual basic 6.0 และเมื่อครบเวลาในการฉายรังสี ปุ่มบนสายพานจะชนกับลิมิตสวิตช์ (limit switch) ทำให้มอเตอร์หยุดหมุนโดยลิมิตอะลูมิเนียมจะเคลื่อนที่ผ่านลำรังสีเอกซ์พอดีกับความยาวของลิมิตอะลูมิเนียม จากนั้นมอเตอร์จะหมุนกลับทำให้ลิมิตอะลูมิเนียมเคลื่อนที่กลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้นใหม่ ดังการทำงานตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นสำหรับการวัดค่า HVL ของเครื่องผลิตรังสีเอกซ์

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัตถุประสงค์

- เครื่องวัดความเข้มรังสีเอกซ์ (Dosimeter readout) ยี่ห้อ Keithley รุ่น 35050A หมายเลขเครื่อง 72883 ซึ่งหัววัดรังสีเป็นชนิด Ionization Chamber
- เครื่องผลิตรังสีเอกซ์
- แผ่นกรองรังสีเอกซ์ทำจากอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ 99.9 % ชนิด 1100 เป็นชนิดที่ NCRP ใช้ ที่มีความหนา 0.5 – 4.5 มม.

วิธีการ

1. ศึกษาและค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดค่า HVL โดยใช้แผ่นกรองรังสีที่ทำจากลิ่มอะลูมิเนียมร่วมกับระบบวัดรังสีเอกซ์และไม่โครคอมพิวเตอร์

3. พัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงานและประมวลผลเพื่อหาค่า HVL ของรังสีเอกซ์จากเครื่องผลิตรังสีเอกซ์วินิจัย
4. ทำการทดสอบและปรับปรุงอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น
5. สอนเทียบอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นกับอุปกรณ์มาตรฐานที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ใช้ในปัจจุบัน
6. สรุปผล

ผลการทดลอง

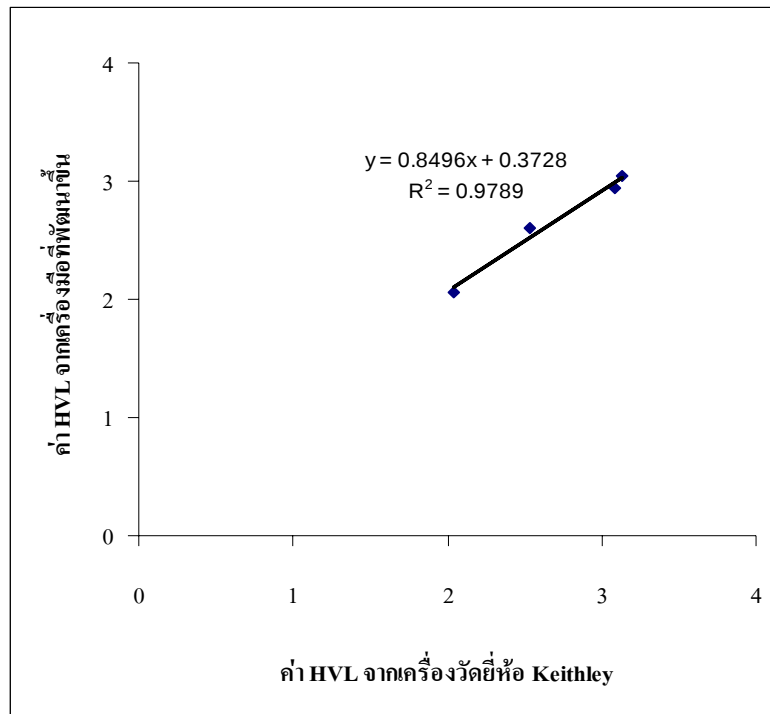
1. ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของวงจรวัดความเข้มรังสีเอกซ์และภาคขยายสัญญาณ

ความหนา Al (mm)	OUTPUT (Volt)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	3.21	3.20	3.25	3.22 ± 0.03
1	2.75	2.81	2.79	2.78 ± 0.03
2	2.02	2.03	2.05	2.03 ± 0.03
3	1.56	1.54	1.52	1.54 ± 0.02
4	0.98	0.96	0.99	0.98 ± 0.02

2. แสดงการสอบเทียบค่า HVL ที่ค่าความต่างศักย์ต่าง ๆ ระหว่างเครื่องมือวัดรังสีหือ Keithley และเครื่องวัดค่า HVL ที่พัฒนาขึ้น

ค่าความต่างศักย์ (kVp)	ค่า HVL (mm Al)		
	เครื่องวัด Keithley	เครื่องวัดค่า HVL ที่พัฒนาขึ้น	ค่าความแตกต่าง (Difference)
60	2.04	2.06	-0.02
70	2.53	2.61	-0.08
80	3.08	2.91	-0.17
90	3.13	3.04	+0.09

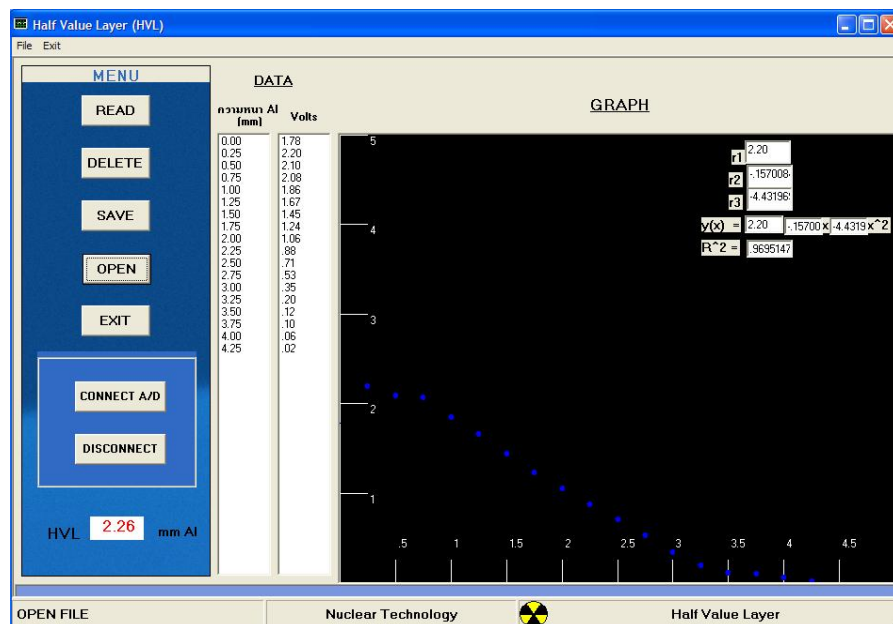
เมื่อนำค่า HVL ที่วัดได้จากเครื่องวัด Keithley กับค่า HVL ที่วัดได้จากเครื่องวัดที่พัฒนาขึ้นมาวาดกราฟจะได้กราฟเชิงเส้นตรงตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 กราฟสอบเทียบค่า HVL ระหว่างเครื่องมือวัดรังสียี่ห้อ Keithley และเครื่องวัดค่า HVL ที่พัฒนาขึ้น

3. ผลการทดสอบการวัดค่า HVL ของรังสีเอกซ์

เมื่อนำสมการเส้นตรงจากกราฟสอบเทียบมาคำนวณหาค่า HVL ที่ถูกต้องในตัวโปรแกรมวัดค่า HVL แล้วนำไปวัดค่า HVL ของรังสีเอกซ์จากเครื่องผลิตรังสีเอกซ์อื่นจะได้ผลของหน้าจอโปรแกรมดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การแสดงผลบนหน้าจอไมโครคอมพิวเตอร์ของโปรแกรมวัดค่า HVL

ตารางที่ 1 แสดงผลทดสอบวัดค่า HVL ของเครื่องผลิตรังสีเอกซ์อื่น

ชื่อเครื่องผลิตรังสีเอกซ์	ค่าเทคนิคที่ใช้	ค่า HVL (mm Al)		ค่าความแตกต่าง (Difference)
		เครื่องมือที่ พัฒนาขึ้น	เครื่อง Keithley	
TOSHIBA รุ่น KXO-15R	60 kV 100 mA	2.05	2.01	-0.04
	70 kV 100 mA	2.71	2.65	-0.06
	80 kV 100 mA	2.95	2.90	-0.05
	90 kV 100 mA	3.12	3.01	-0.11
PHILIPS รุ่น OPTIMUS	60 kV 100 mA	1.75	1.61	-0.14
	70 kV 100 mA	2.07	2.01	-0.06
	80 kV 100 mA	2.35	2.29	-0.06
	90 kV 100 mA	3.09	3.06	-0.06
SHIMADZU รุ่น UD 150 L	60 kV 100 mA	2.00	1.95	-0.05
	70 kV 100 mA	2.26	2.20	-0.06
	80 kV 100 mA	2.61	2.55	-0.06
	90 kV 100 mA	2.85	2.81	+0.04
KELEX รุ่น MD3125	60 kV 100 mA	2.04	1.97	-0.04
	70 kV 100 mA	2.17	2.22	+0.05
	80 kV 100 mA	2.23	2.31	+0.08
	90 kV 100 mA	2.81	2.77	-0.05
SHIMADZU รุ่น UD150L-30F	60 kV 100 mA	2.00	1.94	-0.06
	70 kV 100 mA	2.31	2.26	-0.05
	80 kV 100 mA	2.52	2.57	-0.05
	90 kV 100 mA	2.75	2.67	-0.08
SHIMADZU รุ่น XUD150L-30F	60 kV 100 mA	2.00	1.96	-0.04
	70 kV 100 mA	2.26	2.17	-0.09
	80 kV 100 mA	2.61	2.58	-0.03
	90 kV 100 mA	2.81	2.76	-0.05

สรุป

เครื่องวัดค่า HVL ที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้หัววัดรังสีเอกซ์ชนิดโฟโตไดโอดที่เคลือบด้วยซินทิลเลเตอร์ ที่มีขนาด 4.0 มม. × 8.0 มม. × 44.0 มม. สามารถวัดค่า HVL ของรังสีเอกซ์ ได้ในช่วง 0.5 – 5.0 mmAl ในช่วงความต่างศักย์ของหลอดผลิตรังสีเอกซ์ 60 – 90 kV ที่ระยะห่างระหว่างจุดโฟกัสของ หลอดผลิตรังสีเอกซ์ถึงหัววัดรังสีเท่ากับ 50 เซนติเมตร และเอกซ์โพเชอร์ไม่เกิน 50 มิลลิแอมป์วินาที (mAs) โดยใช้เวลาในการฉายรังสีเอกซ์ไม่น้อยกว่า 0.6 วินาที และใช้ขนาดลำรังสีเอกซ์ (field size) ขนาดไม่น้อยกว่า 10 มม. × 50 มม. ใช้ได้กับระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ โดยสามารถใช้ร่วมกับ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีพอร์ต USB ทั่วไปได้

เอกสารอ้างอิง

1. Food and Drugs, 1991. Code of Federal Regulations, No.21 Part 800-1299, Washington.
2. National Council on Radiation Protection and Measurements, 1988. Quality Assurance for Diagnostic Imaging Equipment, NCRP Report No.99.
3. ข้อกำหนดด้านมาตรฐานเครื่องเอกซเรย์ 2544. กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์