บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลแสดงผลเชิงตัวเลข พอสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ผลการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล

1. เครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และวัสดุต่างๆที่หาได้ในประเทศ ยกเว้นหัววัดรังสีไกเกอร์เท่านั้นที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ทำให้มีราคาประหยัดมากกว่า 30 % สามารถประกอบขึ้นเองได้ และบำรุงรักษาได้สะดวก

2. เครื่องวัดสามารถแสดงผลเชิงตัวเลขได้ 4 หลัก ด้วยไดโอดเปล่งแสงขนาดเล็กของ HP 5082-7430 series ในช่วงปริมาณรังสี 0 - 9999 mR และสามารถเปลี่ยนช่วงทำงานให้ละเอียดขึ้นเป็น 0 - 999.9 mR ได้โดยปรับวงจรภายในเครื่องวัด และปรับเทียบใหม่ รวมทั้งออกแบบให้มีระบบส่งเสียงเตือน เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ไว้ดังนี้

ก. สามารถตั้งการเตือนที่ระดับอัตราปริมาณรังสีได้ 3 ระดับ คือ 2.5, 10 และ 25 mR/hr

ข. สามารถตั้งการเตือนระดับปริมาณรังสีสะสมได้ตั้งแต่ 1 - 9999 mR

ค. สามารถส่งเสียงเตือนทุกๆ 1 mR

ง. สามารถส่งเสียงเตือน เมื่อบริเวณปฏิบัติงานมีรังสีสูงเกินพิกัดที่หัววัดรังสีจะวัดปริมาณรังสีแบบพัลส์ได้

3. การออกแบบโครงสร้างของเครื่องให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ทำให้เครื่องมีกล่องขนาด 7.4 X 12 X 3 เซนติเมตร^3 มีน้ำหนัก 300 กรัม ใช้กับแบตเตอรีนิเกิล-แคดเมียมขนาด "AAA" 4 ก้อน ความจุ 180 mAh หลังจากประจุไฟฟ้าเต็มที่ สามารถใช้ต่อเนื่องได้นาน 7 ชั่วโมง และสามารถประจุไฟฟ้าใหม่ด้วยปริมาณกระแส 45 mA ใช้เวลาประจุประมาณ 6 ชั่วโมง

5.1.2 ผลการทดสอบการทำงานของวงจรภายในเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำ 4.52 ถึง 6 โวลต์ และแปรเปลี่ยนค่าศักดาไฟฟ้าสูง เพื่อให้เหมาะสมกับไบอัสของหัววัดรังสีไกเกอร์ได้จาก 460 - 600 โวลต์ สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 12.5 μA การใช้แผ่นเหล็กวิลาสบางชิลด์ (shield) วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง และแยกส่วนออกจากวงจรวัดรังสี พบว่าสัญญาณพัลส์จากการวัดรังสีไม่ถูกรบกวน จากการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์

2. รูปสัญญาณพัลส์จากหัววัดรังสีไกเกอร์ ซึ่งจัดวงจรแบบ DC coupling พบว่าสัญญาณพัลส์บวกรูปเข็มมีขนาด 20 โวลต์ และค่า dead time ประมาณ 25 μs

3. ความสัมพันธ์ระหว่างศักดาไฟฟ้าทางออกและอัตราพัลส์ของวงจรเรทมิเตอร์ในช่วง 2 - 50 cps มีความเป็นเชิงเส้น 0.9988

4. วงจรตรวจสอบศักดาไฟฟ้าต่ำ เพื่อแสดงความต้องการประจุแบตเตอรีใหม่ทำงานที่ 4.53 $\pm$ 0.05 โวลต์ แสดงผลที่ไดโอดเปล่งแสง ซึ่งแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำในช่วง 4.5 - 5.8 โวลต์นั้น ค่าปริมาณรังสีที่วัดได้คลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ 15 %

5. แบตเตอรีที่ใช้กับเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล หลังจากประจุไฟฟ้าเต็มที่สามารถใช้งานได้ต่อเนื่องกัน 7 ชั่วโมง โดยสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าสูงสุด 300 มิลลิวัตต์ ที่ 5.8 โวลต์

5.1.3 ผลทดสอบและปรับเทียบการทำงานของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล

1. ผลการทดสอบการตอบสนองต่อทิศทางการวัดรอบตัวเครื่อง พบว่าการวัดค่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า $\pm$ 20 % ยกเว้นที่ตำแหน่งมุม 292.5 องศา ที่มีค่าการวัดปริมาณรังสีคลาดเคลื่อนเกิน $\pm$ 20 % เนื่องจากมีแบตเตอรีนิเกิล-แคดเมียมกั้นอยู่

2. ผลการทดสอบการตอบสนองต่อพลังงานของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล พบว่าสำหรับรังสีเอกซ์ช่วงพลังงาน 48 - 118 keV ปริมาณรังสีที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนมากกว่า $\pm$ 50 % และที่ช่วงรังสีแกมมาพลังงาน 662 - 1330 keV ค่าวัดปริมาณรังสีที่นับวัดได้คลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm$ 10 % เมื่อแก้ไขค่าวัดปริมาณรังสีในช่วงพลังงานต่ำให้คลาดเคลื่อนน้อยลง พบว่าเมื่อใช้ตะกั่วหนาประมาณ 0.5 มิลลิเมตร หุ้มหัววัดรังสีไกเกอร์ สามารถทำให้ผลการวัดในช่วงพลังงานต่ำดีขึ้น ดังเส้นกราฟเปรียบเทียบรูปที่ 4.17 ซึ่งทำให้เครื่องวัดสามารถวัดปริมาณรังสีในช่วงพลังงานกว้าง 100 - 1330 keV ได้โดยมีความคลาดเคลื่อน

ในการวัดเฉลี่ยตลอดย่านพลังงานน้อยกว่า ± 20 %

3. ผลการทดสอบการตอบสนองของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลต่ออัตราปริมาณรังสี พบว่า เครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลที่สร้างขึ้นสามารถวัดค่าอัตราปริมาณรังสีได้สูงสุดไม่เกิน 2500 mR/hr โดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 12 %

4. ผลการทดสอบความเป็นเชิงเส้นการวัดต่อเนื่องของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล พบว่ามีความเป็นเชิงเส้น 0.9999 มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 6 %

5. ผลการทดสอบความแม่นยำของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล ในช่วงอัตราปริมาณรังสีไม่เกิน 2500 mR/hr พบว่ามีความแม่นยำในการวัด ± 14 % และมีความเที่ยงตรงในการวัด 3 %

6. ผลการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องวัดปริมาณรังสีที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องวัดปริมาณรังสีของ Alnor รุ่น RAD21-L ซึ่งผลิตและปรับเทียบมาจากต่างประเทศ พบว่าเครื่องที่พัฒนาขึ้นมีสมรรถนะทางการวัดและการทำงานทัดเทียมกัน

5.2 ลักษณะพิกัดของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลที่พัฒนาขึ้น (NT 1401)

5.2.1	หัววัดรังสี (Radiation Detector)	- หัววัดไกเกอร์ชนิด halogen-quenched แบบ miniature สำหรับวัดรังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา (LND 716)
5.2.2	ส่วนแสดงผล (Display)	
	แสดงผลค่าวัด	- 7 segment LED 4 หลัก ควบคุมด้วยสวิตช์เมื่อต้องการอ่านค่า
	แสดงผลศักดาไฟฟ้าต่ำ	- ไดโอดเปล่งแสง(แสดงผลที่ 4.53 โวลต์)
5.2.3	ช่วงการทำงาน (Operating Range)	- 0-9999 mR (0-999.9) (ค่าสูงสุดที่แสดงผลได้ 9999 mR)

5.2.4	ระบบส่งเสียงเตือนอันตราย	- ความถี่เสียง 4.8 kHz
	Exposure rate	- 2.5,10,25 mR/hr
	Accumulated dose	- 1 - 9999 mR
	Beep pulse	- 1 mR
	Saturation	- ขึ้นกับพิกัดของหัววัดรังสี GM
5.2.5	ระบบรีเซทเครื่อง	
	master reset	- รีเซทระบบทั้งหมดเพื่อเริ่มการใช้งานครั้งใหม่
	alarm reset	- รีเซทเฉพาะระบบส่งเสียงเตือน
5.2.6	ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้ปรับเทียบมาตรฐาน	- Cs-137
5.2.7	Exposure rate limit	- 2500 mR/hr
5.2.8	Energy Dependence relative to Cs-137 for Co-60	- 1.0671
5.2.9	ความแม่นยำของเครื่องวัด (Accuracy)	- $\pm$ 14 %
5.2.10	แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power supply)	
	ชนิดของแบตเตอรี่	- แบตเตอรีนิเกล - แคดเมียม ชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ได้ขนาด AAA รุ่น "P-18AAA F"จำนวน 4 ก้อน
	การสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า	- 300 มิลลิวัตต์ ที่ 5.8 โวลต์
	ระยะเวลาใช้งานต่อเนื่อง	- 7 ชั่วโมง
5.2.11	ขนาดและน้ำหนักของเครื่อง (Physical dimensions)	
	ขนาด	- 7.4 X 12 X 3 เซนติเมตร^3 (W X L X H)
	น้ำหนัก	- 300 กรัม (รวมแบตเตอรี)

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 จากผลการทดสอบทิศทางการวัดรังสีรอบตัวของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคลต้นแบบ พบว่าการวางแบตเตอรีไว้ด้านข้าง ทำให้การวัดรังสีเมื่อตัวเครื่องด้านแบตเตอรีหันหน้าเข้าหาต้นกำเนิดรังสีจะทำให้การวัดรังสีคลาดเคลื่อน จึงควรออกแบบให้วางแบตเตอรีนิเกิล-แคดเมียมไว้ด้านล่างของเครื่องวัดปริมาณรังสี เพื่อมิให้กำบังรังสีที่เข้าหัววัดรังสี

5.3.2 เครื่องวัดประมาณรังสีต้นแบบนี้ ใช้อลูมิเนียมขนาดหนา 1/16 นิ้ว สร้างกล่องบรรจุเครื่องทำให้มีน้ำหนักค่อนข้างสูง ควรปรับปรุงให้มีการใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาประเภทพลาสติกที่มีความแข็งแรงสร้างกล่องบรรจุ ช่วยลดน้ำหนักลง และพกพาได้สะดวกขึ้น ทั้งนี้หมายความว่าเครื่องต้นแบบจะต้องรับการปรับปรุง และสร้างเครื่องจำนวนมาก จึงจะคุ้มการลงทุนทำตัวกล่องให้เป็นรูปแบบเฉพาะ

5.3.3 ควรมีการศึกษาการแก้ไข ผลตอบสนองพลังงานของเครื่องวัดปริมาณรังสีประจำบุคคล เพื่อหาวัสดุที่นำมาแก้ไขค่าผลตอบสนองพลังงานที่เหมาะสม และสามารถอ่านค่ารังสีได้ผิดพลาดน้อยในช่วงพลังงานที่กว้างขึ้น

5.3.4 ในส่วนของระบบส่งเสียงเตือน เมื่อปริมาณรังสีสะสมถึงระดับที่ตั้งไว้ และการเตือนเมื่อปริมาณรังสีสูงเกินพิกัดของหัววัดรังสีของเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นนั้น สัญญาณเสียงเตือนทั้งสองสภาวะยังมีลักษณะเดียวกัน อาจทำให้ผู้ใช้สับสนกับการแยกสภาวะการเตือน ดังนั้นจึงควรเพิ่มวงจรเปลี่ยนความถี่เสียงให้สัญญาณเตือนแตกต่างกัน