

การพัฒนาระบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ขนาดพกพาร่วมกับพีดีเอ

ภานุพงษ์ หมั่นจิต¹ นฤวิทย์ เงินจิตร¹ เดโช ทองอร่าม^{2*}

¹ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Email: fntdta@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ชนิดพกพาโดยการนำเครื่องช่วยงานส่วนบุคคลแบบดิจิทัล (พีดีเอ) รุ่น ปาล์มทั้งสแตนท์ มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเอสซีเอแบบชิปเดี่ยว (Single Chip SCA, พัฒนาโดยภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) เพื่อใช้สำหรับงานด้านการศึกษาและงานวิจัย ซึ่งระบบที่ได้พัฒนามีขีดความสามารถในการวัดได้ทั้งพลังงานและอัตราการนับเฉลี่ยของรังสีแกมมา ผลการวิจัยพบว่าการวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงานของรังสีแกมมาด้วยระบบที่พัฒนาขึ้นร่วมกับหัววัดรังสีชนิด NaI(Tl) ขนาด 2"x2" ได้ตำแหน่งการเกิดโฟโตพีคของ Cs-137 และ Co-60 ที่ช่องวัด 57, 103 และ 117 ตามลำดับ มีความสามารถในการแจกแจงพลังงานเท่ากับ 7.14% ที่พลังงาน 661.66 keV

คำสำคัญ: พีดีเอ เอสซีเอ อุปกรณ์วิเคราะห์แบบหลายช่อง ระบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์

Development of a PDA Based Portable Pulse Height Analyzer System

Panuphong Mankheed¹ Narippawaj Ngeruvijit¹ Decho Thong-Aram^{2*}

¹Department of Applied Radiation and Isotopes, Faculty of Science, Kasetsart University.

²Department of Nuclear Technology, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

Email: fntdta@eng.chula.ac.th

Abstract

In this research a portable pulse height analyzer system was developed by application of a Personal Digital Assistant (PDAs) palm Tungsten T model together with Single Chip SCA; developed by Department of Nuclear Technology, Chulalongkorn University; to be used for education and research works. Capability of the developed system could measure both the energy and the average count rate of gamma rays. The results of this research showed that the gamma energy spectrum analysis of the developed system with a 2"x2" NaI(Tl) detector could display photopeaks of Cs-137 and Co-60 at channel 57, channel 103, and channel 117 respectively. The energy resolution was found to be 7.14% at energy 661.66 keV of Cs-137.

Keywords: PDA SCA, Multi-channel analyzer, Pulse Height Analyzer system

บทนำ

การพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์วัดทางนิวเคลียร์ในประเทศไทย ได้เริ่มต้นครั้งแรกที่กองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (พ.ศ.2506) โดยกลุ่มวิศวกรและนักวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์ที่ตระหนักถึงความสำคัญของเครื่องมือและอุปกรณ์ทางนิวเคลียร์ที่มีต่อบทบาทของการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของประเทศ ต่อมาได้ขยายผลการพัฒนาเครื่องมือวัดทางนิวเคลียร์เชิงวิจัยที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2521 จนถึงปัจจุบัน โดยผลงานที่ได้ถูกพัฒนาขึ้น ได้แก่ พัลส์เชอร์ (Pulser, model NT1701) เรตมิเตอร์ฝึกหัด (Training Ratemeter, model NT1201) เครื่องวัดรังสีขนาดเล็ก (model NT1802) และ เอสซีเอแบบชิปเดี่ยว (Single Chip SCA) เป็นต้น

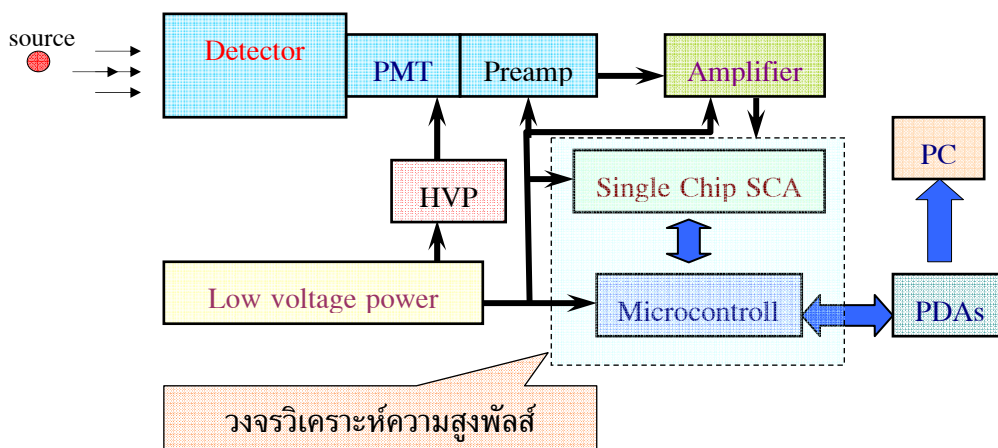
ณ ปัจจุบันคงยอมรับกันแล้วว่าเครื่องมือและอุปกรณ์วัดทางนิวเคลียร์ที่ผลิตจากต่างประเทศมีที่ราคาสูงมาก เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้กันเฉพาะกลุ่มงาน ซึ่งจากข้อมูลของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ (พ.ศ.2546) พบว่าในปี พ.ศ. 2545 มูลค่าสินค้านำเข้าประเภทเครื่องมือเครื่องใช้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์การแพทย์ การวัด การตรวจสอบ มีมูลค่าสูงถึง 65,550.40 ล้านบาท คิดอันดับสินค้านำเข้าสำคัญ 1 ใน 20 รายการแรกของไทย ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์วัดทางนิวเคลียร์สำหรับการเรียนการสอนและงานวิจัยขึ้นใช้เองในประเทศ จึงเป็นการช่วยแบ่งเบาภาระการสั่งซื้อ และการนำเข้าเครื่องมือเหล่านี้จากต่างประเทศ โดยสั่งซื้อเฉพาะเครื่องมือที่จำเป็นเท่านั้น

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ ซึ่งก็คือการพัฒนาแบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ขนาดพกพาพร้อมกับฟีด เพื่อใช้ในงานด้านการเรียนการสอนและงานวิจัย โดยมุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีและวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ภายในประเทศให้คุ้มค่าที่สุดสูงสุดบนพื้นฐานของการพึ่งตนเองทางเทคโนโลยี ซึ่ง ณ ขณะนี้ในประเทศไทยยังไม่มีผู้ทำการศึกษาวิจัยทางด้านนี้อยู่บ่อยมาก

วิธีการ

1. การพัฒนาระบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ขนาดพกพาร่วมกับพีดีเอ

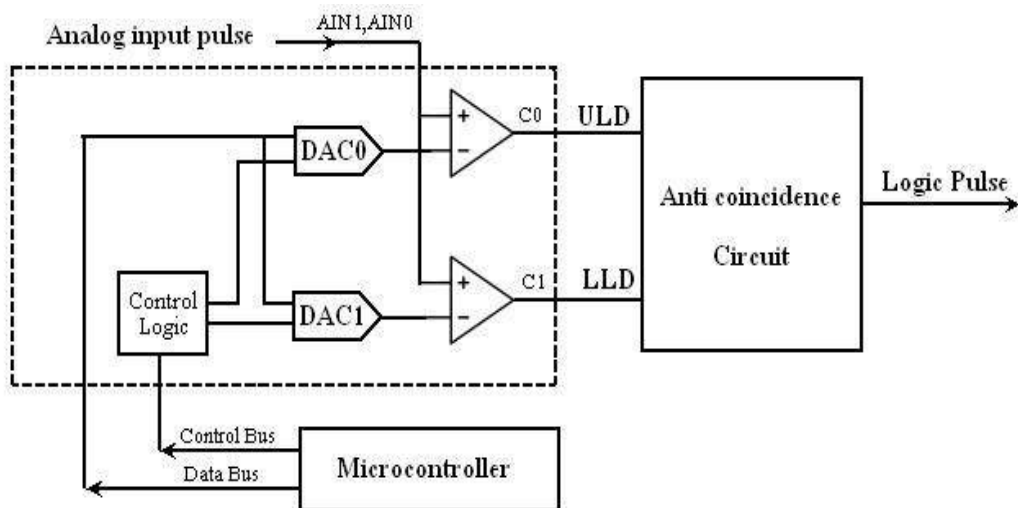
ระบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ชนิดพกพาที่ได้พัฒนาขึ้น ถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กกะทัดรัด สะดวกในการใช้งาน โดยมีพีดีเอ (PDA) ตระกูลปาล์ม (Palm) รุ่นทังสเตนที (Tungsten T) ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ในการประมวลผล การแสดงผล บันทึกข้อมูล และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ ทำให้สามารถวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงานของรังสีแกมมาได้เมื่อใช้งานร่วมกับหัววัดรังสีชนิดซิลิลเลชัน (Scintillation Detector) การพัฒนาระบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ชนิดพกพา ประกอบด้วย การออกแบบสร้างวงจรหลัก ๆ ดังนี้คือ วงจรวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์แบบช่องเดี่ยว (Single Chip SCA) วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง (High Voltage Power Supply) และวงจรควบคุมการทำงานของระบบและการแสดงผล โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของพีดีเอ (PDA) และไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพการทำงานของอุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์

1.1 อุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงพัลส์แบบช่องเดี่ยวชนิดชิปเดี่ยว (Single Chip SCA)

ในการวิจัยนี้ได้นำ Single Chip SCA ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมาเป็นอุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ เพื่อช่วยลดขนาดและต้นทุนในการสร้าง ซึ่งโครงสร้างภายในของ Single Chip SCA แสดงดังแผนภาพในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพโครงสร้างภายในของ Single Chip SCA

อุปกรณ์ Single Chip SCA ได้ถูกออกแบบให้สามารถเลือกการทำงานได้ 4 โหมดคือ โหมดอินทิกรัล (Integral Mode) โหมดปกติ (Normal Mode) โหมดหน้าต่าง (Window Mode) และ โหมดสแกน (Scanning Mode) ตามความเหมาะสมในการใช้งานด้วยวงจรดิสคริมิเนเตอร์ (Discriminator) ชนิดโปรแกรมค่าแรงดันได้ 2 ระดับ และวงจรแอนติโคอซิเดนซ์ (Anti Coincidence Circuit) โดยรับข้อมูลการตั้งค่าของดิสคริมิเนเตอร์ระดับต่ำ (LLD) และดิสคริมิเนเตอร์ระดับสูง (ULD) ขนาด 8 บิตจากไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) สามารถสร้างช่องวิเคราะห์สัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ได้สูงสุด 256 ช่องที่ความละเอียดต่ำสุด 0.0390625 มิลลิโวลต์ สัญญาณพัลส์นิวเคลียร์จะถูกเปรียบเทียบกับดิสคริมิเนเตอร์ระดับต่ำที่ขา C1 และดิสคริมิเนเตอร์ระดับสูงที่ขา C0 เพื่อคัดเลือกให้เกิดสัญญาณลอจิกพัลส์ด้านทางออก (Output) เฉพาะสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ที่มีความสูงของพัลส์อยู่ในช่วงของหน้าต่างที่กำหนดโดยวงจรแอนติโคอซิเดนซ์

1. 2 ภาขยายสัญญาณ (Amplifier)

การออกแบบสร้างวงจรขยายสัญญาณ ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ขยายพร้อมทั้งแต่งรูปสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ที่ได้จากวงจรขยายส่วนหน้าที่อยู่ภายในฐานของหลอดทวีคูณแสง (Photo Multiplier Tube Base) โดยออกแบบให้สามารถปรับอัตราขยายได้อย่างต่อเนื่องจาก 0-300 เท่า และนอกจากนี้ยังสามารถปรับแก้ค่าของ Pole/Zero (P/Z) และ Base Line Restorer (BLR) ของสัญญาณที่ด้านทางออกได้ เพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน

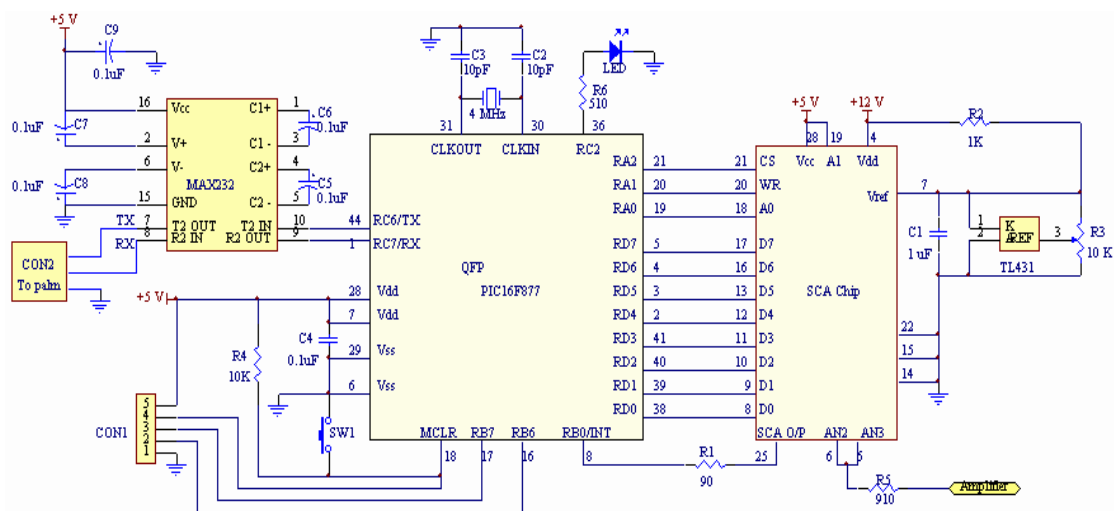
1. 3 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง (High Voltage Power Supply)

การออกแบบสร้างวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงเพื่อใช้กับหัววัดรังสีชนิดซิลิลเลชันชนิดผลึกโซเดียมไอโอไดด์ (ทลเลียม) ได้ออกแบบให้จ่ายศักดาไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 900 โวลต์ และจ่ายกระแสได้ 600 ไมโครแอมแปร์ ซึ่งเพียงพอสำหรับจ่ายกำลังให้หัววัดรังสีชนิดนี้ทำงานได้ โดยใน

การออกแบบได้จัดวงจรขับหม้อแปลงแบบฟลายแบค (Flyback) ที่ความถี่ใช้งานเป็น 80 กิโลเฮิร์ตซ์ ทำให้สามารถลดค่าความจุและขนาดของตัวเก็บประจุที่ใช้สำหรับกรองความถี่ด้านทางออกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าสัปดาห์สูงลงได้

1.4 การออกแบบสร้างวงจรควบคุมการทำงานของระบบและการแสดงผล

การออกแบบสร้างวงจรควบคุมระบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์และการแสดงผล พร้อมโปรแกรมควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และพีดีเอ แสดงดังวงจรในรูปที่ 3 ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F877 ความถี่ 4 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ทำหน้าที่ติดต่อกับ Single Chip SCA และพีดีเอ โดยเลือกใช้พอร์ต RA0 – RA2 จำนวน 3 บิตเป็นพอร์ตควบคุมการเลือกใช้งานในส่วนของ LLD และ ULD และใช้พอร์ต RD0 - RD7 ขนาด 8 บิตเป็นพอร์ตสำหรับการตั้งค่า LLD และ ULD ให้กับ Single Chip SCA โดยมีไอซี TL431 ทำหน้าที่เป็นแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงขนาด 10 โวลต์ให้กับ Single Chip SCA ในส่วนของวงจรฐานเวลาเลือกใช้ไทม์เมอร์ 0 (Timer 0) ขนาด 8 บิต ให้ทำหน้าที่สร้างฐานเวลาในหน่วยวินาที ส่วนวงจรนับสัญญาณลอจิกพัลส์เลือกใช้พอร์ต RB0 ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณอินเทอร์รัพท์ (Interrupt) เพื่อนับสัญญาณลอจิกพัลส์จาก Single Chip SCA และใช้พอร์ต RC6 และ RC7 ทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม RS 232-C กับพีดีเอผ่านทางขั้วต่อ CON2 ส่วน CON1 ใช้สำหรับการโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์



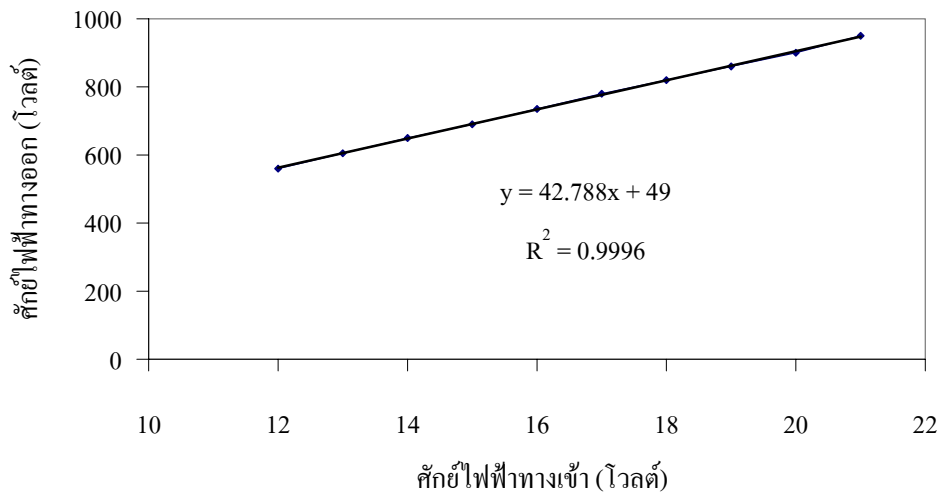
รูปที่ 3 แผนภาพวงจรวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์

ผลการทดลองและวิจารณ์

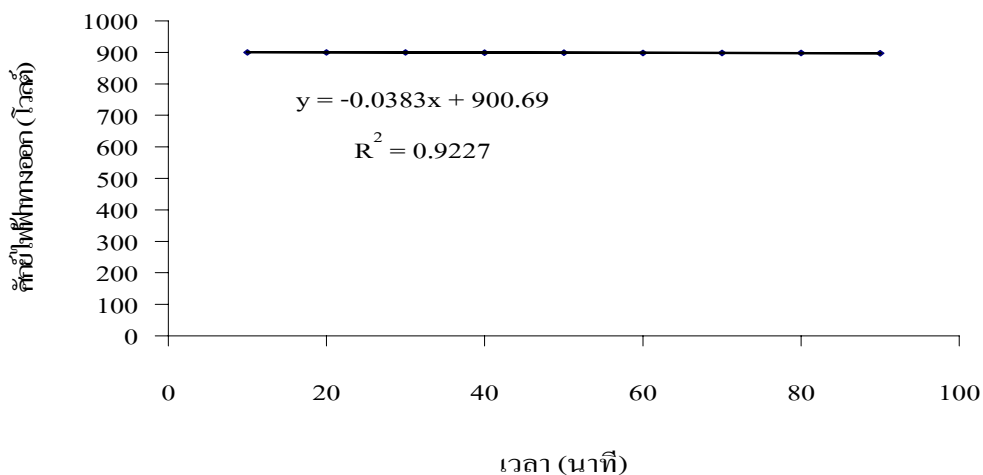
1. การทดสอบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสัปดาห์สูง

ผลการทดสอบขีดความสามารถวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าสัปดาห์สูงสามารถจ่ายศักดาไฟฟ้าทางออกได้ 900 โวลต์ ที่กระแส 600 ไมโครแอมแปร์ มีค่าแรงดันริปเปิล (Ripple Voltage) เป็น 80

มิลลิโวลต์จากฟีดถึงฟีก การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของความสัมพันธ์ในการปรับศักดาไฟฟ้าขาเข้ากับค่าศักดาไฟฟ้าทางออก คิดเป็น $R^2=0.9996$ ดังแสดงในรูปที่ 4 สำหรับผลการทดสอบความเสถียรในการจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงให้กับโหลดอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 90 นาทีโดยประมาณ มีความเป็นเชิงเส้นคิดเป็น $R^2 = 0.9227$ ดังแสดงในรูปที่ 5



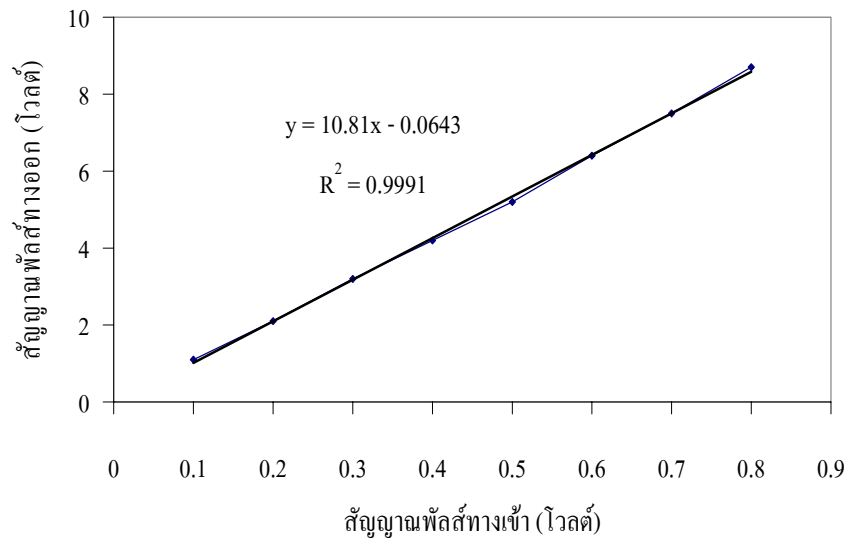
รูปที่ 4 สัมพันธ์ระหว่างศักดาไฟฟ้าขาเข้ากับค่าศักดาไฟฟ้าขาออกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง



รูปที่ 5 ความเสถียรในการจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง

2. การทดสอบวงจรภาคขยาย

การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของอัตราขยายของวงจรขยายมีค่าเชิงเส้น $R^2 = 0.9991$ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสัญญาณพัลส์ทางเข้ากับสัญญาณพัลส์ทางออก

3. การทดสอบการตรวจวัดรังสีของระบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ชนิดพกพาพร้อมกับพีดีเอ

ในการตรวจวัดรังสีของระบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ชนิดพกพาพร้อมกับพีดีเอที่พัฒนาขึ้นกับหัววัดรังสีชนิดซิลิคอนทิลเลชันผลึกโซเดียมไอโอไดด์ (ทิลเลียม) ของ Ortec รุ่น 905-1 ที่ทำงานร่วมกับหลอดทิวแชนแนลของ Ortec รุ่น 276 ที่มีภาชนะย่นส่วนหน้าอยู่ที่ฐานหลอดเพื่อวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงานของ Cs-137 และ Co-60 เมื่อตั้งโหมดการทำงานของระบบเป็นแบบสแกนโดยตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงเริ่มต้นของ LLD เท่ากับ 200 มิลลิโวลต์และสิ้นสุดที่ LLD เท่ากับ 6 โวลต์โดยมีแรงดันของหน้าต่างเป็น 40 มิลลิโวลต์ ใช้เวลาในการวัดแต่ละสเปก 5 วินาที ได้สเปกตรัมพลังงานของ Cs-137 และ Co-60 ดังแสดงในรูปที่ 7, 8 และ 9 ตามลำดับ ซึ่งตำแหน่งการเกิดโฟโตพีคของ Cs-137 ที่พลังงาน 661.66 keV เกิดที่ channel 56.75 ขณะที่ตำแหน่งการเกิดโฟโตพีคของ Co-60 แต่ละพลังงานเกิดที่ channel 102.58 สำหรับพลังงาน 1173.238 keV และเกิดที่ channel 116.85 ของพลังงาน 1332.502 keV ในการทดสอบความสามารถในการแจกแจงพลังงานของระบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ชนิดพกพาโดยใช้แหล่งกำเนิดรังสี Cs-137 ได้ค่าการแจกแจงพลังงานของระบบเท่ากับ 7.14% ทั้งนี้เพราะระบบมีสัญญาณรบกวนสูงกว่าปกติ แนวทางในการพัฒนาต่อไปคงต้องพยายามลดสัญญาณรบกวนในส่วนของระบบให้ได้มากขึ้น



รูปที่ 7 ภาพแสดงสเปกตรัมพลังงาน
ของ Cs-137



รูปที่ 8 ภาพแสดงสเปกตรัมพลังงาน
ของ Co-60



รูปที่ 9 ภาพแสดงสเปกตรัมพลังงานของ Cs-137 และ Co-60

สรุป

การพัฒนาระบบวิเคราะห์ความสูงพัลส์นิวเคลียร์ชนิดพกพาร่วมกับพีดีเอ โดยใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีในประเทศสามารถทำได้และมีสมรรถนะการทำงานดีเทียบเท่ากับเครื่องมือที่สั่งนำเข้าจากต่างประเทศ แต่มีต้นทุนต่ำกว่าร้อยละ 60 อีกทั้งยังง่ายต่อการซ่อมบำรุงเพราะเป็นระบบที่พัฒนาจากเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์เดโช ทองอร่าม ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิทย์ ปุณณชัยยะ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณฤพวัจก์ เงินวิจิตร ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาและองค์ความรู้ต่างๆ ให้คำปรึกษาชี้แนะอีกทั้งให้โอกาสในการศึกษาและทำงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณศูนย์เชี่ยวชาญนิวเคลียร์เทคโนโลยีสำหรับวิเคราะห์และทดสอบวัสดุที่ได้อำนวยความสะดวกด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. สุวิทย์ ปุณณชัยยะ. 2538. **Nuclear Radiation Detection and Instrumentation**. เอกสารการสอนวิชา 2111606 ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
2. Cardoso, J.M., V. Amorim, R. Bastos, R. Madeira, J.B. Simoes and C.M.B.A. Correia. n.d. **A Very Low-Cost Portable Multichannel Analyzer**. Instrumentation Center of the Physics Department University of Coimbra, Portugal.
3. Knoll, G.F. 1999. **Radiation Detection and Measurement**. U.S.A.
4. Mangclaviraj, V., S.Punnachaiya and B.Ounpanich. 1989. Nuclear instrumentation laboratory Manual. Chulalongkorn University, Bangkok.
5. Ortec. n.d. **Modular Pulse-Processing Electronics Catalog**. Advanced Measurement Technology, Inc. U.S.