



บทที่ 4

การทดสอบการทำงานของระบบและการวิเคราะห์ผล

4.1 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุม

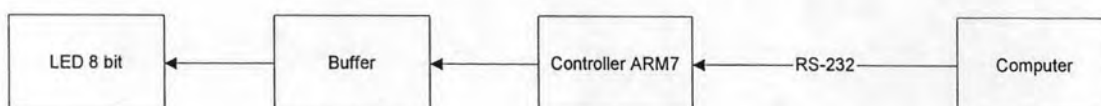
4.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

- (1) เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows XP
- (2) เครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง Canberra Series 10 Plus
- (3) บลูทูธ USB
- (4) บลูทูธ โมดูล
- (5) ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับควบคุม
- (6) หัววัด NaI(Tl)
- (7) ไอโซโทปครึ่งชีวิตมาตรฐาน Cs-137 และ Co-60

4.1.2 การทดสอบการควบคุมเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง

4.1.2.1 การทดสอบการควบคุมโดยตรงผ่านสายนำสัญญาณ

การทดสอบการควบคุมโดยตรงผ่านสายนำสัญญาณเพื่อดูความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งออกไปควบคุมเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่องแทนการกดจากแผงเป็นอักขระของเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง เปรียบเทียบข้อมูลที่ผ่านวงจรเข้ารหัสของเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง กับข้อมูลที่ผ่านบัพเฟอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ LED เป็นตัวตรวจสอบข้อมูล โดยจัดอุปกรณ์การทดสอบดังรูปที่ 4.1 และผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.1 ก และตารางที่ 4.1 ข ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงการต่ออุปกรณ์ทดสอบการควบคุมผ่านสายนำสัญญาณ

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการควบคุมผ่านสายนำสัญญาณ

ก. ข้อมูลที่ผ่านวงจรเข้ารหัส

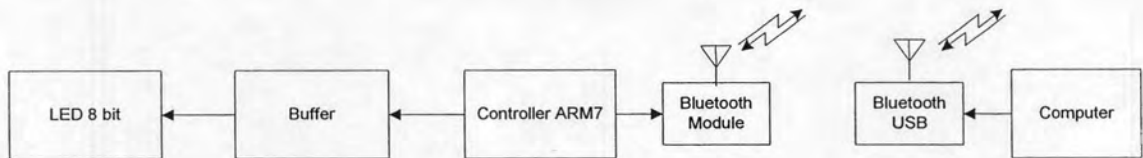
ปุ่ม Keyboard	ข้อมูลที่ผ่าน keyboard Encoder
1	11
2	0D
3	09
4	05
5	01
Read/6	12
Clear data/7	0E
Expand/8	0A
Preset/9	06
Change ROI/0	02
Status	0F
Memory	13
Enter	07
Clear Entry	0B
Menu	21
Collect	22
index	03
Left	08
Right	04
Up	0C
Down	10

ข. ข้อมูลทดสอบการควบคุมผ่านสายนำสัญญาณ

ข้อมูลที่ส่งจากคอมพิวเตอร์	ข้อมูลที่ผ่านบัฟเฟอร์
1	11
2	0D
3	09
4	05
5	01
6	12
7	0E
8	0A
9	06
0	02
S	0F
M	13
E	07
C	0B
m	21
c	22
i	03
L	08
R	04
U	0C
D	10

4.1.2.2 การทดสอบการควบคุมผ่านบลูทูธ

การทดสอบการควบคุมผ่านบลูทูธทำการทดสอบทุกอย่างเหมือนกับการทดสอบผ่านสายนำสัญญาณแต่เป็นการส่งสัญญาณควบคุมผ่านบลูทูธแทนสายนำสัญญาณ ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.2 ข



รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงการต่ออุปกรณ์ทดสอบการควบคุมผ่านบลูทูธ

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการควบคุมผ่านบลูทูธ

ก. ข้อมูลที่ผ่านวงจรถ่ายรหัส

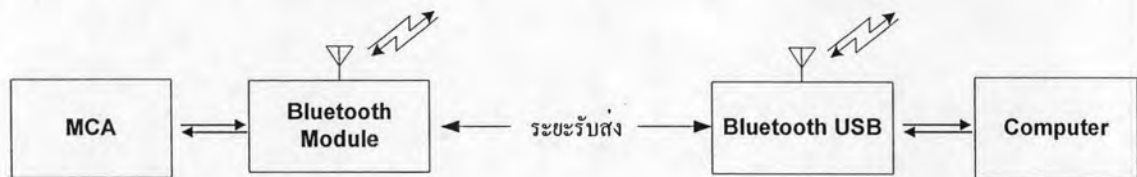
ปุ่ม Keyboard	ข้อมูลที่ผ่าน keyboard Encoder
1	11
2	0D
3	09
4	05
5	01
Read/6	12
Clear data/7	0E
Expand/8	0A
Preset/9	06
Change ROI/0	02
Status	0F
Memory	13
Enter	07
Clear Entry	0B
Menu	21
Collect	22
index	03
Left	08
Right	04
Up	0C
Down	10

ข. ข้อมูลทดสอบการควบคุมผ่านบลูทูธ

ข้อมูลที่ส่งจากคอมพิวเตอร์	ข้อมูลที่ผ่านบัฟเฟอร์
1	11
2	0D
3	09
4	05
5	01
6	12
7	0E
8	0A
9	06
0	02
S	0F
M	13
Enter	07
C	0B
m	21
c	22
i	03
L	08
R	04
U	0C
D	10

4.1.3 การทดสอบหาขีดจำกัดของระยะและอัตราการรับส่งข้อมูล

หลังจากได้ประกอบอุปกรณ์ต่างๆลงในเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง Canberra Series 10 Plus เรียบร้อยแล้วได้ทำการทดสอบเพื่อหาขีดจำกัดของระยะและอัตราการรับส่งข้อมูล โดยจัดอุปกรณ์สำหรับการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.3 ทดสอบการรับส่งข้อมูลของสเปกตรัมรังสี Cs-137 ในที่โล่งด้วยอัตราการรับส่งตั้งแต่ 1200 บิตต่อวินาทีถึง 19200 บิตต่อวินาที ที่ระยะห่างตั้งแต่ 1 ถึง 10 เมตร จำนวนช่องสัญญาณในการวัด 1024 ช่อง ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงการจัดชุดอุปกรณ์ทดสอบการควบคุมผ่านบลูทูธ

ตารางที่ 4.3 ผลการรับส่งข้อมูลกับอัตราการรับส่งข้อมูล

อัตราการรับส่ง บิต/วินาที	ระยะรับส่ง (เมตร)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1200	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X	X	X
2400	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X	X
4800	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X	X
9600	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X
19200	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X

หมายเหตุ ✓ = การรับข้อมูลถูกต้อง

X = การรับข้อมูลเกิดความผิดพลาด

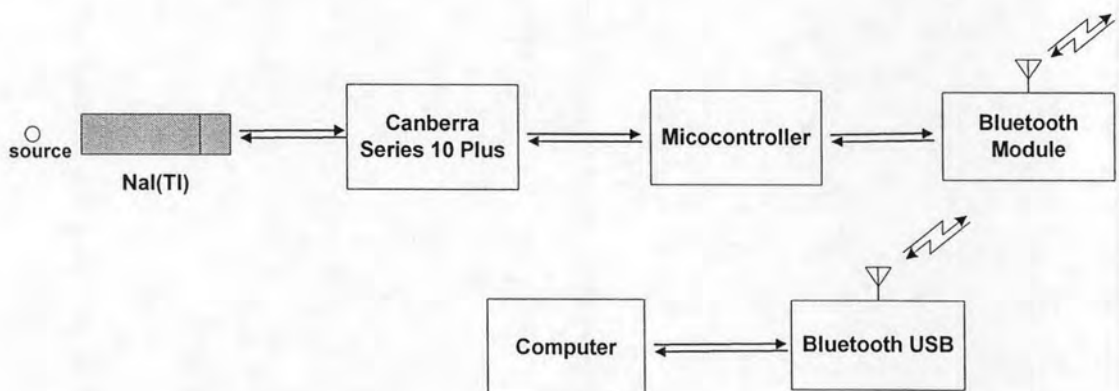
การทดสอบเพื่อหาเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูลที่มีจำนวนช่องสัญญาณต่างกัน โดยทดสอบข้อมูลที่มีจำนวนช่องสัญญาณตั้งแต่ 256 ถึง 4096 channel ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของจำนวนข้อมูลกับเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูลที่อัตราการรับส่งข้อมูล 19200 บิตต่อวินาที

จำนวนช่อง	เวลา (วินาที)
256	17
512	24
1024	40
2048	60
4096	120

4.2 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมวิเคราะห์ผล

จัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรมควบคุมดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงการจัดอุปกรณ์เพื่อทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรมควบคุม

4.2.1 การทดสอบหาเวลาที่ใช้ส่งชุดคำสั่งเพื่อควบคุมเครื่อง Canberra Series 10 Plus

การทดสอบหาเวลาที่ใช้ในการส่งชุดคำสั่งจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไปควบคุมเครื่อง Canberra Series 10 Plus โดยจับเวลาตั้งแต่กดปุ่มเป็นอักษรบนไมโครคอมพิวเตอร์จนกระทั่งระบบพร้อมที่จะทำงาน โดยใช้ฐานเวลาของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ผลการทดสอบหาเวลาที่ใช้ในการส่งชุดคำสั่งแต่ละชุดแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เวลาที่ใช้ในการส่งชุดคำสั่งควบคุมเครื่อง Canberra Series 10 Plus

คำสั่งการทำงาน	เวลาที่ใช้ (วินาที)
Connect	20
Time Preset	4
Memory	2
HVPs	5
ADC	5
Amp	5
clear	1

4.2.2 การทดสอบผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์สเปกตรัมรังสี

ในการทดสอบความถูกต้องของพารามิเตอร์สเปกตรัมรังสี ผลที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณด้วยมือตามวิธีที่แสดงในภาคผนวก ข โดยกำหนดขอบเขตทางด้านซ้ายและขวาของสเปกตรัมเพื่อเปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสเปกตรัมรังสีได้แก่ จุดกึ่งกลางพีค จำนวนนับรวมของพีค พื้นที่สุทธิใต้พีค ประมาณค่า FWHM ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของพารามิเตอร์ 3 พลังงานคือ 0.662 MeV จากต้นกำเนิดรังสี Cs-137 พลังงาน 1.17 MeV และ 1.33 MeV จากต้นกำเนิดรังสี Co-60 ดังตารางที่ 4.6 ตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.6 ตารางเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของพีคพลังงาน 0.662 MeV

พารามิเตอร์	พลังงาน 0.662 MeV	
	การคำนวณด้วยมือ	โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น
จุดกึ่งกลางพีค	303	303
จำนวนนับรวมของพีค	206226	206226
พื้นที่สุทธิใต้พีค	184743	184743
FWHM (keV)	59.51	58.31

ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของพีคพลังงาน 1.17 MeV

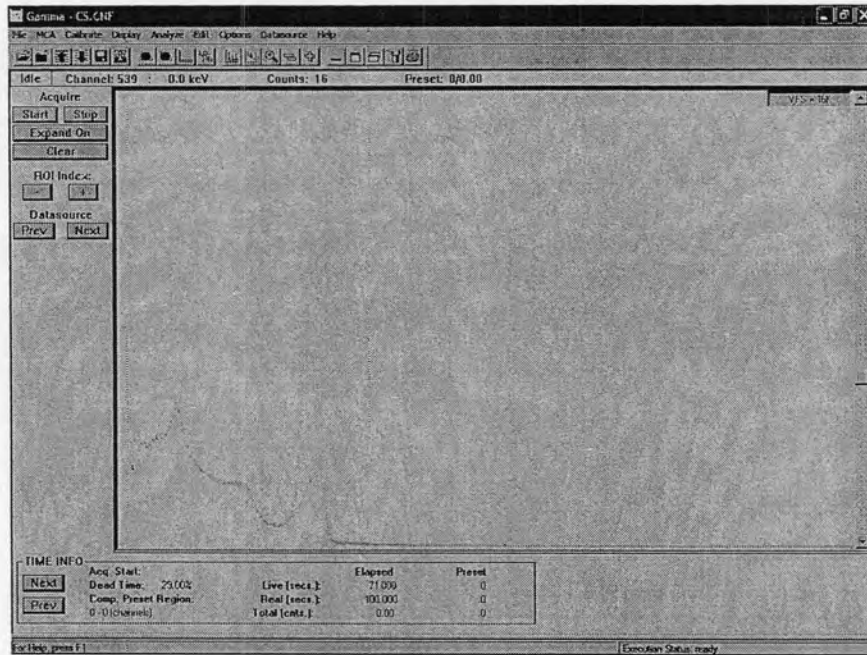
พารามิเตอร์	พลังงาน 1.17 MeV	
	การคำนวณด้วยมือ	โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น
จุดกึ่งกลางพีค	530	530
จำนวนนับรวมของพีค	193182	193182
พื้นที่สุทธิใต้พีค	123368	123368
FWHM (keV)	69.12	70.05

ตารางที่ 4.8 ตารางเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของพีคพลังงาน 1.33 MeV

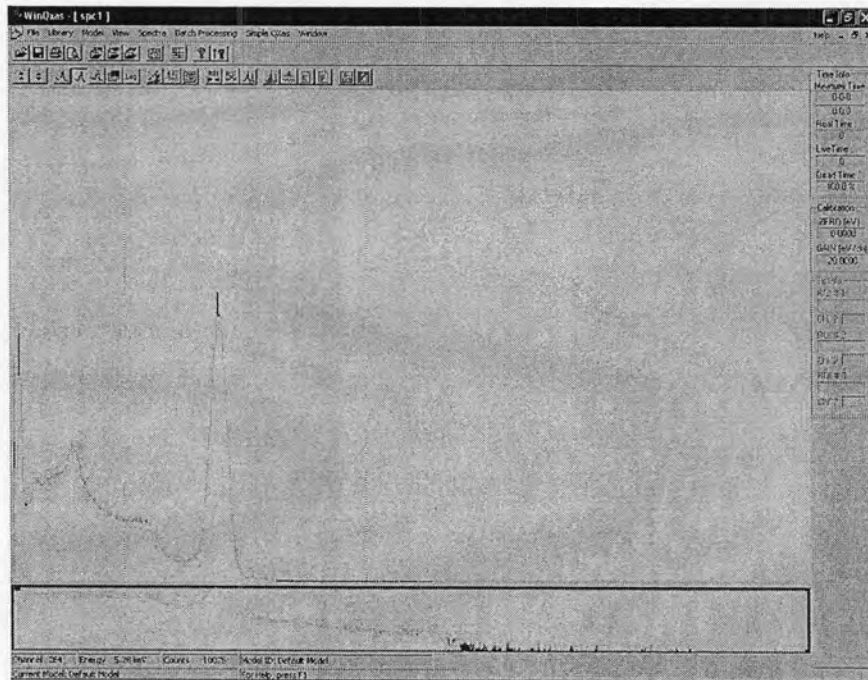
พารามิเตอร์	พลังงาน 1.33 MeV	
	การคำนวณด้วยมือ	โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น
จุดกึ่งกลางพีค	603	603
จำนวนนับรวมของพีค	156421	156421
พื้นที่สุทธิใต้พีค	110155	110155
FWHM (keV)	77.52	75.02

4.2.3 การแสดงผลสเปกตรัมรังสีที่บันทึก

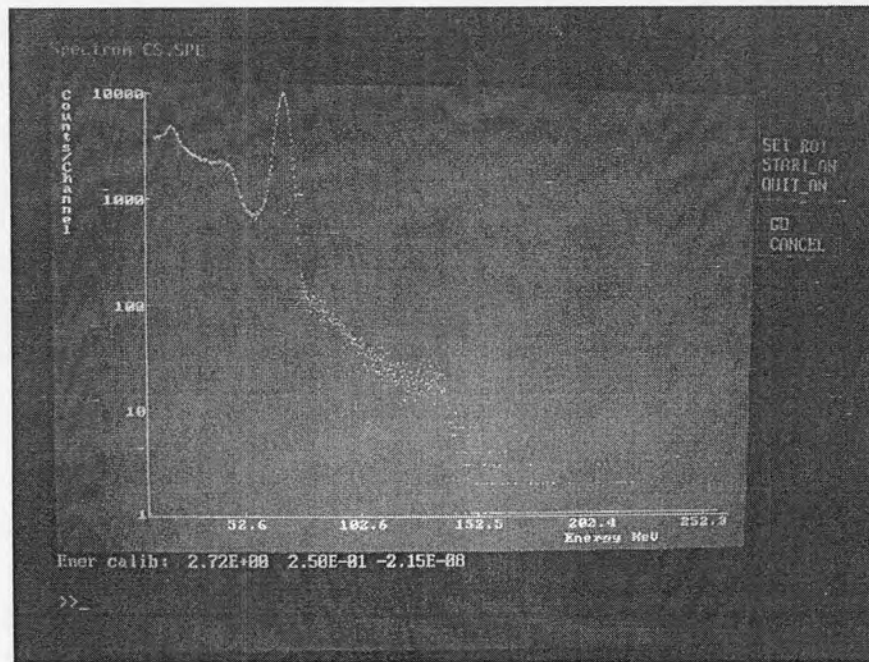
จากการทดสอบการบันทึกสเปกตรัมที่ได้จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในแบบต่าง ๆ แล้วนำไปเปิดโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สเปกตรัมอื่น ๆ เช่น Genie 2000 WinQXAS และ GANAAS ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 4.5 รูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 รูปสเปกตรัมที่เปิด โดยใช้โปรแกรม Genie 2000



รูปที่ 4.6 รูปสเปกตรัมที่เปิด โดยใช้โปรแกรม WinQXAS



รูปที่ 4.7 รูปสเปกตรัมที่เปิด โดยใช้โปรแกรม GANAAS