



สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)
Synchrotron Light Research Institute (Public Organization)
เอกสารความรู้ (knowledge documents)

ประเภทเอกสาร

- TR: รายงานเชิงเทคนิค (TECHNICAL REPORT)
 TN: รายงานเชิงเทคนิค (ฉบับย่อ) (TECHNICAL NOTE)
 MN: คู่มือการดำเนินงาน (Operation Manual) / คู่มือการใช้งาน (Instruction Manual) /
แผนปฏิบัติการ (Operation Plan)

หมายเลขเอกสาร(For QDS) KM Document No.	SLRI-TR-2025-077
ชื่อเรื่อง Title	สร้างเครื่อง Motor Control for XRF Scanning Mobile
ชื่อฝ่าย Department	ฝ่ายพัฒนาเทคนิคและวิศวกรรม
วันที่เผยแพร่ Release date	30 ตุลาคม 2568
ระดับการเปิดเผยข้อมูล Level of Disclosure	<input type="checkbox"/> ข้อมูลในรายงานเป็นความลับ (Undisclosed)
	<input type="checkbox"/> เปิดเผยข้อมูลเฉพาะภายในฝ่ายหรือส่วนงาน (Information can be disclosed within department/section)
	<input checked="" type="checkbox"/> เปิดเผยข้อมูลได้สำหรับพนักงานของสถาบันฯ และอนุญาตให้บันทึกข้อมูลเข้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบ Knowledge Management ภายในสถาบันฯ (Information can be disclosed for SLRI staffs and can be part of SLRI's Knowledge Management System)
	<input checked="" type="checkbox"/> เปิดเผยข้อมูลได้เพื่อเป็นองค์ความรู้สาธารณะ เช่น เว็บไซต์ของสถาบันฯ (Information is available for public)
คำสำคัญ Keyword	ระบบควบคุมการทำงานของมอเตอร์,Orentalmotor

รายชื่อผู้จัดทำรายงานหรือผู้ดำเนินโครงการ (Name)	ส่วนร่วมในการปฏิบัติงานในโครงการ Responsible tasks in the project
ดร.สมชาย ต้นขจรภรณ์	หัวหน้าโครงการ
พีระพัฒน์ ถิ่นหนองแขง	วิศวกรออกแบบ
สรารุณี หงวนกระโทก	ช่างเทคนิคทำระบบควบคุม

นฤพนธ์ วงประชานกุล	เขียนโปรแกรม
วิรุณกาญจน์ คำพิทักษ์	เขียนโปรแกรม

Customer : Thai Synchrotron National Lab

Nakhon Ratchasima, Thailand



TECHNICAL REPORT

Motor Control for XRF Scanning Mobile



October 30, 2025

ผู้จัดทำ นายสรวิทย์ หงวนกระโทก

บทคัดย่อ

ระบบควบคุมมอเตอร์สำหรับเครื่องสแกน XRF แบบเคลื่อนที่ (XRF Scanning Mobile) เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาการทำงานระหว่างการตรวจวิเคราะห์วัสดุด้วยรังสีเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray Fluorescence) กับระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความคล่องตัวในการสแกนพื้นผิววัสดุในพื้นที่ต่าง ๆ งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมมอเตอร์ที่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกนต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับตำแหน่งและความเร็ว เพื่อให้การสแกนเป็นไปอย่างต่อเนื่องและแม่นยำ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวสแกนได้อย่างเสถียร ลดข้อผิดพลาดในการวัด และเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของวัสดุในภาคสนาม

1. บทนำ

เทคนิค X-ray Fluorescence (XRF) เป็นวิธีการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความแม่นยำสูง ไม่ทำลายตัวอย่าง และสามารถวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็วโดยปกติแล้ว เครื่องมือ XRF มักติดตั้งอยู่ในห้องปฏิบัติการหรือสถานที่ที่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนย้าย เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งาน จึงมีแนวคิดในการพัฒนา XRF Scanning Mobile ซึ่งเป็นระบบที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย และเหมาะสมสำหรับงานตรวจวิเคราะห์ในพื้นที่ที่เข้าถึงยาก เช่น การสำรวจแร่ในพื้นที่ห่างไกลการตรวจสอบวัสดุในโรงงานอุตสาหกรรม หรือการวิเคราะห์โบราณวัตถุในสถานที่จริงระบบการเคลื่อนที่ที่มีความแม่นยำเป็นหัวใจสำคัญของโครงการ เนื่องจากหัวสแกนที่ติดตั้งกับมอเตอร์ต้องสามารถควบคุมตำแหน่งและทิศทางได้อย่างละเอียด เพื่อให้ผลการสแกนมีความถูกต้องและเชื่อถือได้

ความสำคัญของโครงการ

โครงการนี้มีความสำคัญทั้งในเชิงวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในด้านต่อไปนี้:

1. การเพิ่มขีดความสามารถในการวิจัย

ช่วยให้นักวิจัยสามารถวิเคราะห์วัสดุในพื้นที่จริงได้ทันที โดยไม่ต้องเคลื่อนย้ายตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการ ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

2. การสนับสนุนอุตสาหกรรมและการผลิต

ช่วยตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ในสายการผลิตได้รวดเร็วและแม่นยำ ส่งเสริมการควบคุมคุณภาพและลดความสูญเสียในกระบวนการ

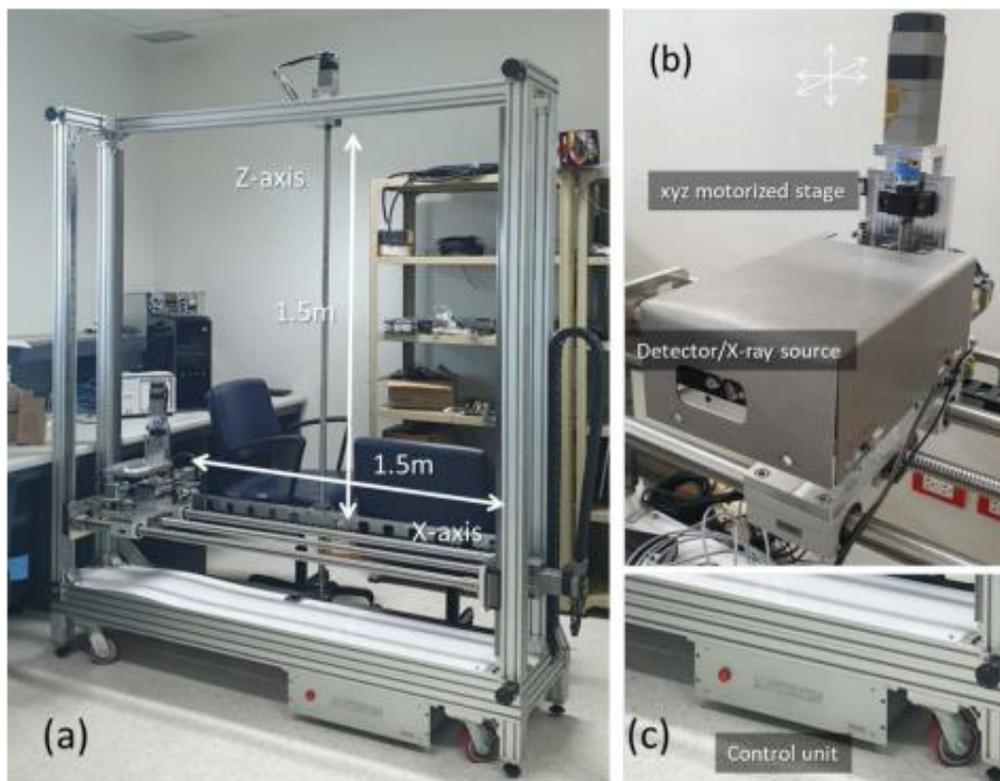
3. การพัฒนาเทคโนโลยีที่เคลื่อนย้ายได้

ระบบ XRF แบบเคลื่อนที่สามารถใช้งานได้หลากหลายสถานการณ์ ช่วยเพิ่มความสะดวกและขยายขอบเขตการใช้งานของเทคโนโลยี XRF

4. ความก้าวหน้าในระบบควบคุมมอเตอร์

การพัฒนาชุดควบคุมมอเตอร์สำหรับโครงการนี้ไม่เพียงช่วยปรับปรุงการทำงานของระบบ XRF แต่ยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาระบบควบคุมอื่นๆ ที่ต้องการความแม่นยำสูง

ด้วยเหตุผลเหล่านี้ โครงการ XRF Scanning Mobile จึงถือเป็นความก้าวหน้าที่สำคัญและมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในหลายสาขา



รูปที่ 1 เครื่อง XRF Scanning Mobile

2.วัตถุประสงค์

เพื่อการพัฒนาเครื่องมือทางด้านงานวิจัยและการนำเครื่อง XRF Scanning Mobile ไปใช้ในการทดลองศึกษาทางวิจัยต่างๆใช้ร่วมกับเครื่อง X-Ray Source ขับเคลื่อนหัววัด X-Ray และ Detector ในการวัดค่าของธาตุหรือวัตถุที่เราทำการศึกษา

3.แนวคิด/ทฤษฎี/หลักการ

การดำเนินงาน

ระบบควบคุมมอเตอร์สำหรับ โครงการ XRF Scanning Mobile ใช้มอเตอร์ AZD46AK และ Driver AZD-KD Built-in Controller ที่ออกแบบมาให้รองรับการทำงานแบบอัตโนมัติและปรับแต่งได้หลายแกนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดทางเทคนิคดังนี้:

1. สเปกของมอเตอร์ AZD46AK

- ประเภทมอเตอร์: Stepper Motor แบบ Closed Loop พร้อม Absolute Encoder ในตัว
- แรงดันไฟฟ้า: 24V DC
- แรงบิดสูงสุด: 2.2 Nm
- ความเร็วรอบสูงสุด: 3000 RPM
- Encoder: Mechanical Absolute Encoder (ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง)
- ความละเอียดของการควบคุม: Step Angle 0.72° (หรือ Micro-Stepping สูงสุด 0.0072°)

2. Driver AZD-KD Built-in Controller

- พีเจอร์ทหลัก: -ระบบควบคุมแบบ Built-in Controller ไม่ต้องพึ่งพาคอนโทรลเลอร์ภายนอก
- รองรับการควบคุมผ่าน RS-485 Communication Protocol
 - รองรับคำสั่ง Motion Profiles เช่น การควบคุมตำแหน่ง (Position), ความเร็ว (Velocity), และแรงบิด (Torque)

แหล่งจ่ายไฟฟ้า: 24V DC

พอร์ตการเชื่อมต่อ: -RS-485: สำหรับการควบคุมและสื่อสารกับมอเตอร์แต่ละแกน

-I/O Digital Signals: สำหรับควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณภายนอก

3. โครงสร้างการเชื่อมต่อ

3.1 แหล่งจ่ายไฟ

- ใช้ Power Supply ขนาด 24V DC, 300-500W (ขึ้นอยู่กับโหนดและจำนวนแกนที่ทำงานพร้อมกัน)
- เดินสายไฟจาก Power Supply ไปยัง AZD-KD Driver ทั้ง 5 ตัว

3.2 การเชื่อมต่อ RS-485

- เชื่อมต่อ Driver ทั้ง 5 ตัวแบบ RJ45 ผ่าน RS-485
- กำหนด ID สำหรับแต่ละ Driver (ID 1 ถึง ID 5)
- ตั้งค่าความเร็วการสื่อสาร (Baud Rate) เช่น 9600, 19200, หรือ 115200 bps

3.3 การเชื่อมต่อมอเตอร์

- เดินสายจาก AZD-KD Driver ไปยังขั้วต่อของมอเตอร์แต่ละแกน
- ใช้สาย Encoder ที่มากับมอเตอร์เพื่อส่ง Feedback กลับไปยัง Driver

4. การตั้งค่าพารามิเตอร์และการทำงาน

4.1 การตั้งค่าบน AZD-KD Driver

กำหนดค่าพารามิเตอร์พื้นฐาน:

- แรงดันและกระแส: ตั้งค่าให้เหมาะสมกับมอเตอร์ AZD46AK
- โปรไฟล์การเคลื่อนที่: เช่น ความเร็วเริ่มต้น (Start Speed), ความเร็วสูงสุด (Max Speed), และการเร่ง/ลดความเร็ว (Acceleration/Deceleration)

เลือกโหมดควบคุม:

- Position Control: ใช้คำสั่งจาก RS-485 เพื่อควบคุมตำแหน่ง
- Speed Control: ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์
- Multi-Axis Synchronization: ตั้งค่าการทำงานหลายแกนให้ทำงานสอดคล้องกัน

4.2 การตั้งค่าซอฟต์แวร์

ใช้ซอฟต์แวร์ MEXE02 จาก Oriental Motor เพื่อ:

- o ตั้งค่าพารามิเตอร์ของ Driver
- o ตรวจสอบสถานะมอเตอร์และ Driver

- ทดสอบการทำงานของแต่ละแกน

4.3 การควบคุมผ่าน RS-485

- ใช้ Controller (เช่น PC) ส่งคำสั่งควบคุมผ่าน RS-485
- ตัวอย่างคำสั่ง:
 - กำหนดตำแหน่งเป้าหมาย (Target Position)
 - กำหนดความเร็วรอบ (Speed)
 - ตรวจสอบสถานะมอเตอร์ (Status Check)

5. การออกแบบการทำงานของระบบ (สำหรับ XRF Scanning Mobile)

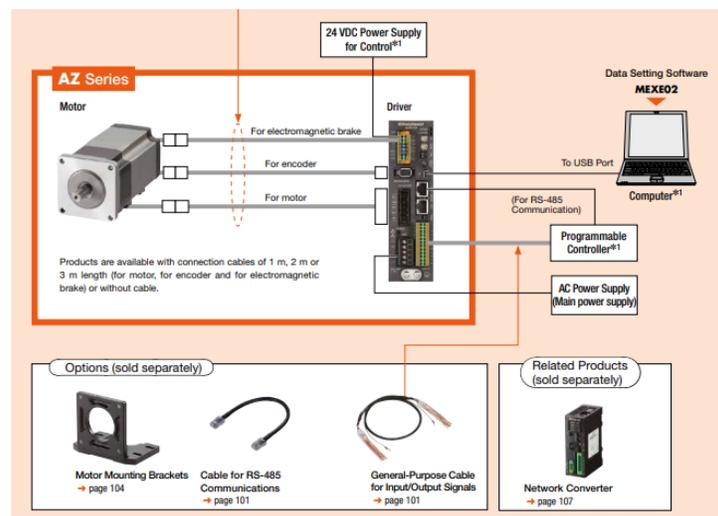
5.1 โครงสร้างระบบหลายแกน (5 แกน)

- แกน X และ Y: สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ (Horizontal and Vertical Movement)
- แกน Z: สำหรับปรับระดับความสูงของหัวสแกน
- แกนที่ 4 และ 5: สำหรับปรับมุมหรือหมุนชิ้นงาน

5.2 การตั้งค่า Motion Profiles

ตั้งค่าการเคลื่อนที่ของแต่ละแกนให้สอดคล้องกับความเร็วและระยะทางที่ต้องการ

กำหนดจุดหยุด (Stop Point) หรือโซนสแกนให้สอดคล้องกับการทำงานของระบบ XRF



รูปที่ 2 แผนผังการเชื่อมต่อมอเตอร์ AZ series ยี่ห้อ Oriental Motor

4.สรุปและอภิปรายผลการดำเนินงาน

การออกแบบ พัฒนาและทดสอบการทำงาน

การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมมอเตอร์สำหรับ XRF Scanning Mobile ประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ การออกแบบฮาร์ดแวร์, การพัฒนาและทดสอบซอฟต์แวร์, และการปรับแต่งระบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้:

1. กระบวนการออกแบบฮาร์ดแวร์

1.1 การออกแบบกล่องควบคุมมอเตอร์ (Motor Control Unit Design)

- วัตถุประสงค์: ออกแบบกล่องควบคุมมอเตอร์ เพื่อรองรับการเชื่อมต่อ Driver, มอเตอร์, และระบบสื่อสาร
- รายละเอียด:
 - กล่องควบคุมมอเตอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ RS-485 สำหรับการสื่อสารระหว่าง Controller และ Driver
 - รวมวงจรจ่ายไฟ (24V DC) พร้อมวงจรป้องกันแรงดันเกิน (Overvoltage Protection)
 - เพิ่มวงจร I/O สำหรับสัญญาณควบคุม เช่น Limit Switch top , Limit Switch Bottom, Home sensor
- เครื่องมือที่ใช้:
 - ทดสอบวงจรด้วยเครื่องมือโปรแกรม MEX02

1.2 การเดินสาย (Wiring Design)

- แหล่งจ่ายไฟ: ใช้สายไฟมาตรฐานแรงดันต่ำ (Low Voltage Cable) ขนาดที่รองรับกระแสสูงสุดของระบบ
- สายสื่อสาร (RS-485): ใช้สาย Twisted Pair เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน (Noise)
- สายควบคุมมอเตอร์และ Encoder: ใช้สายที่มีฉนวนกันสัญญาณรบกวนสำหรับงานอุตสาหกรรม

2. การพัฒนาและทดสอบซอฟต์แวร์

2.1 การพัฒนาโปรแกรมควบคุม

- เครื่องมือที่ใช้:

- พัฒนาโปรแกรม User Interface โดยใช้โปรแกรม LabView สำหรับควบคุมผ่าน RS-485
- ใช้โปรโตคอล Modbus RTU ในการสื่อสารระหว่างคอนโทรลเลอร์และไดรเวอร์
- พีเจอร์หลักในโปรแกรมควบคุม:
 - การตั้งค่าตำแหน่งเป้าหมาย (Target Position) และความเร็ว (Speed)
 - การประมวลผลข้อมูล Feedback จาก Encoder
 - การตรวจสอบสถานะมอเตอร์และการจัดการข้อผิดพลาด

2.2 การประมวลผลสัญญาณ

- ข้อมูลจาก Encoder:
 - ตำแหน่งและสถานะของมอเตอร์แต่ละแกน
 - ตรวจสอบความแม่นยำของการเคลื่อนที่และปรับแก้ในกรณีที่มี Error
- การทดสอบและปรับจูน:
 - ใช้ MEXE02 Software เพื่อตั้งค่าพารามิเตอร์ Driver
 - ทดสอบการทำงานของมอเตอร์แต่ละแกนด้วย Motion Profile ที่กำหนด

3. การปรับแต่งให้เหมาะสมกับการใช้งาน XRF Scanning

3.1 การตั้งค่าระบบเคลื่อนที่

- กำหนดระยะการเคลื่อนที่ (Scan Area) ให้เหมาะสมกับขนาดตัวอย่าง
- ปรับความเร็วและการเร่ง/ลดความเร็วให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ XRF
- ซิงโครไนซ์การทำงานของมอเตอร์หลายแกนเพื่อความราบรื่น

3.2 การตรวจสอบและบำรุงรักษา

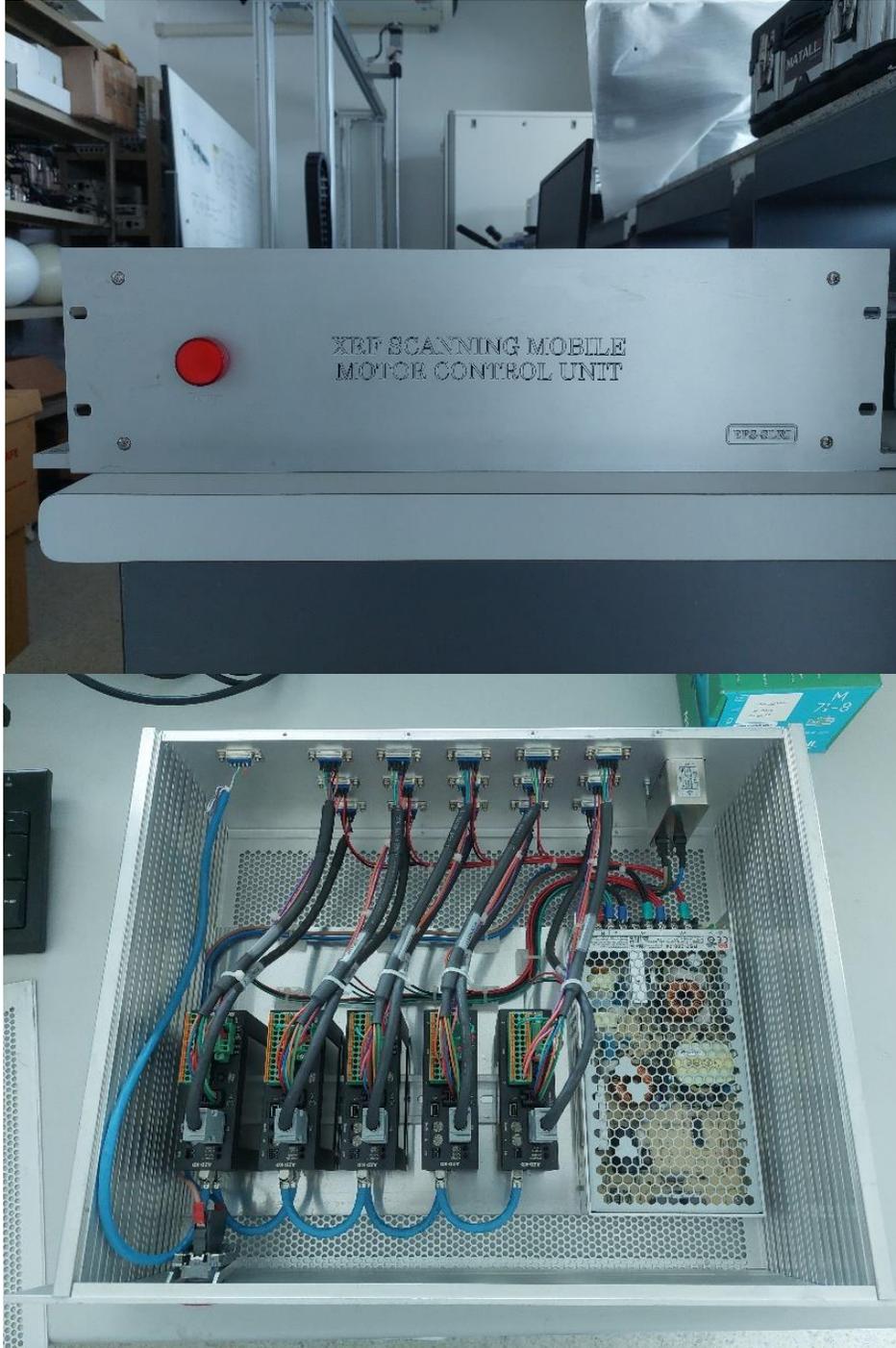
- ใช้ระบบตรวจจับข้อผิดพลาดอัตโนมัติ (Error Detection) เพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้งาน
- ตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบมอเตอร์และ Driver เป็นประจำ

3.3 การทดสอบการทำงานจริง (Field Testing)

- ทดลองใช้งานระบบกับตัวอย่างที่หลากหลาย
- เก็บข้อมูลผลการสแกนเพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงการตั้งค่า

ผลลัพธ์ที่ได้

ระบบควบคุมมอเตอร์ที่ออกแบบและพัฒนาให้รองรับการใช้งานในโครงการ XRF Scanning Mobile สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำและมีเสถียรภาพ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของกระบวนการสแกนได้

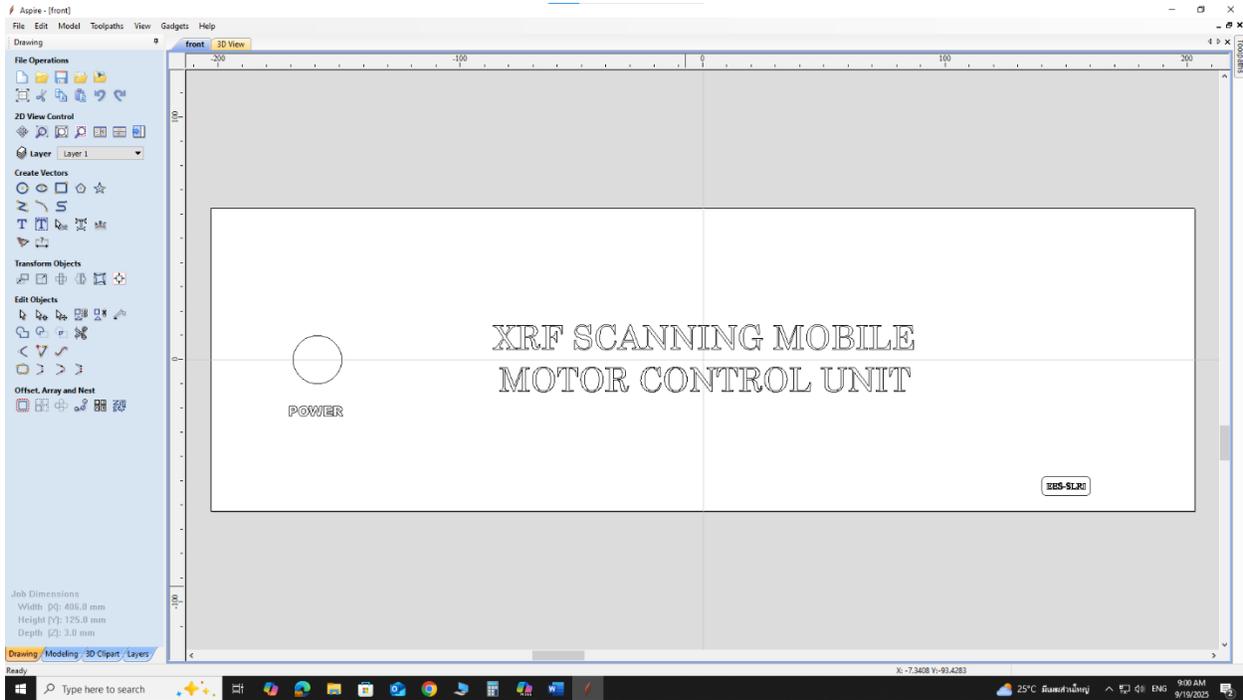


รูปที่ 3 แสดงกล่องควบคุมมอเตอร์ XRF Scanning Mobile

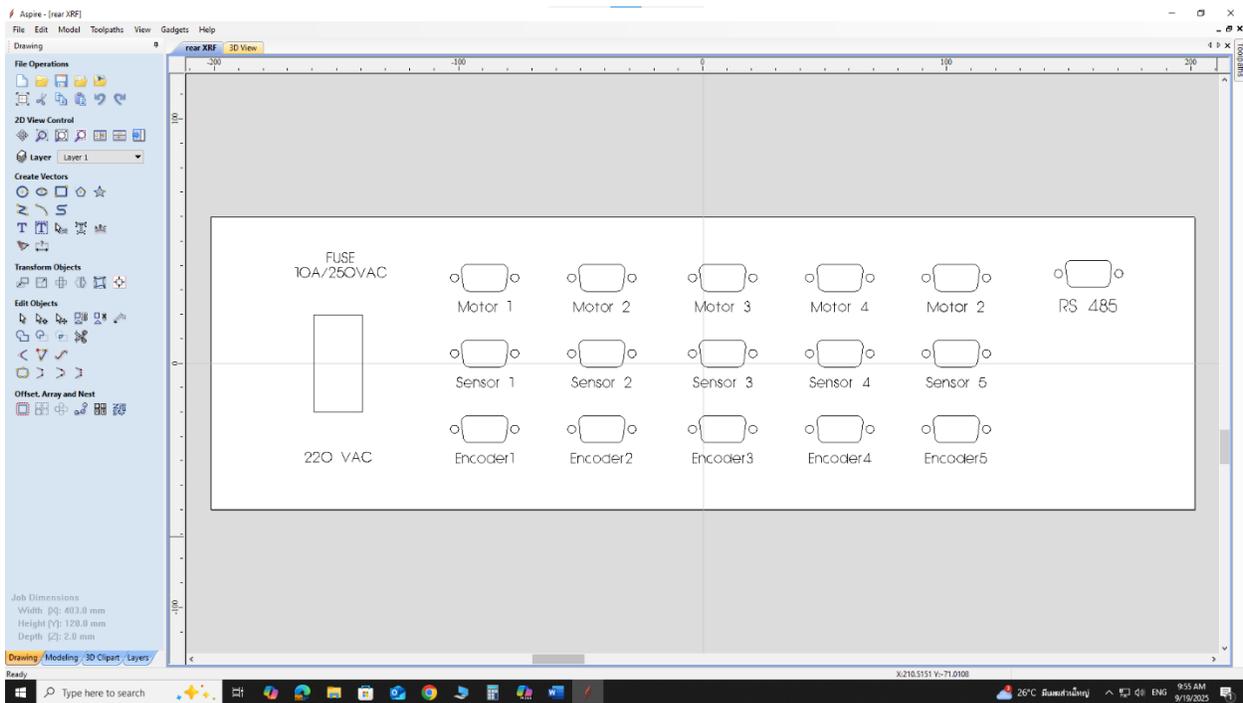
วิธีการสร้างกล่องควบคุมมอเตอร์

1.การออกแบบกล่องควบคุมมอเตอร์

- ใช้ Program Aspire 4.0 ออกแบบเพื่อการเจาะรูสำหรับพอร์ตเชื่อมต่อต่างๆ



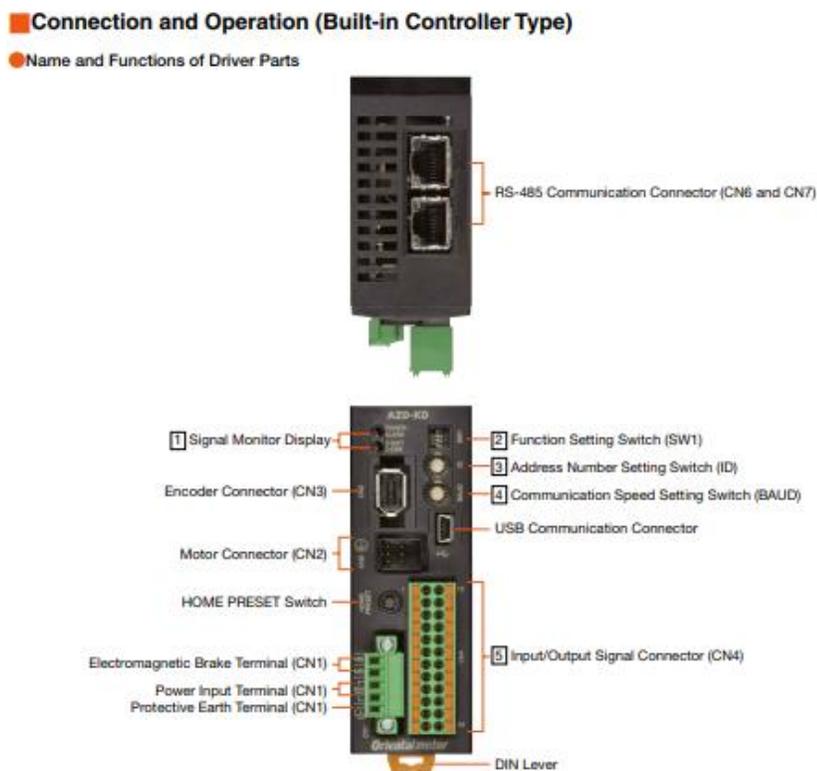
รูปด้านหน้ากล่องควบคุมมอเตอร์



รูปด้านหลังกล่องควบคุมมอเตอร์

- ใช้เครื่อง CNC ทำการเจาะแผ่นเพลทหน้ากล่องหลังกล่องและแกะตัวหนังสือควบคุมมอเตอร์
- ทำการยึดอุปกรณ์ลงกล่อง วางตำแหน่งให้เหมาะสม
- ต่อวงจรไฟฟ้า 220Vac ⇨ Switching Power Supply ⇨ ไฟฟ้าออก 24 Vdc ⇨ Control Motor 1-5
- ต่อสัญญาณ Motor ⇨ DB 9(Port Motor) 1-5
- ต่อสัญญาณ Sensor ⇨ DB 9(Port Motor) 1-5
- ต่อสัญญาณ Encoder ⇨ DB 9(Port Motor) 1-5
- ต่อสัญญาณ Control ⇨ DB 9(Port RS485) ดังแสดงรูปที่ 4

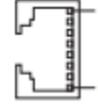
รูปที่ 4 แสดง Port Connection ของ Driver Motor AZD-KD



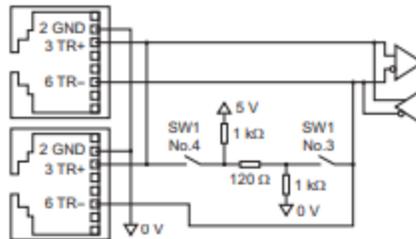


■ Pin assignment list

Pin No.	Signal name	Description
1	N.C.	Not used
2	GND	GND
3	TR+	RS-485 communication signal (+)
4	N.C.	Not used
5	N.C.	
6	TR-	RS-485 communication signal (-)
7	N.C.	Not used
8	N.C.	

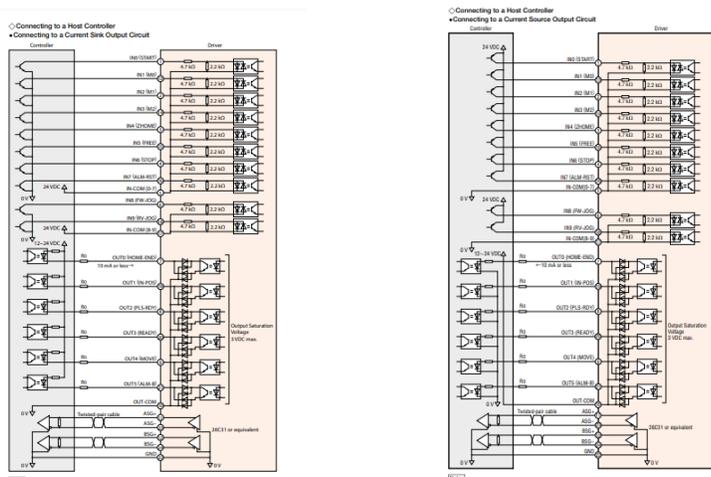


■ Internal input circuit



- ต่อสายสัญญาณควบคุม Port RS 485 ⇨ DB9

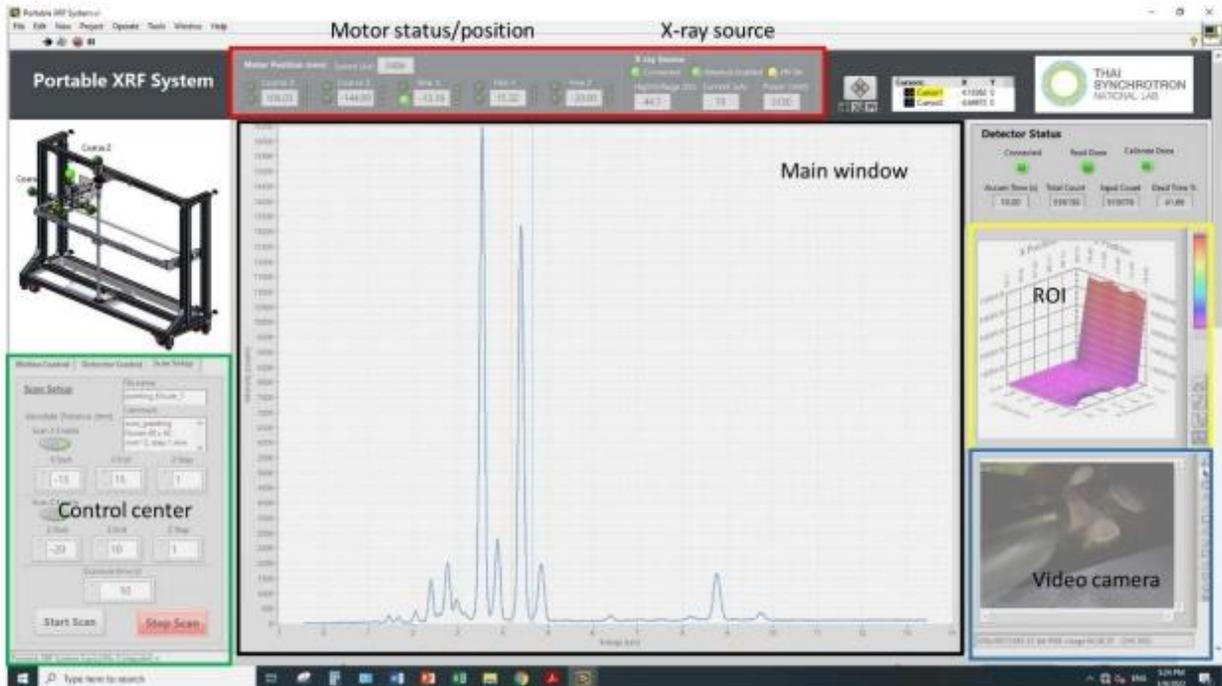
- | | | |
|------------|---|------|
| RJ45 | | DB9 |
| 1.ขา 2 GND | ⇨ | ขา 5 |
| 2.ขา 3 TR+ | ⇨ | ขา 3 |
| 3.ขา 6 TR- | ⇨ | ขา 4 |



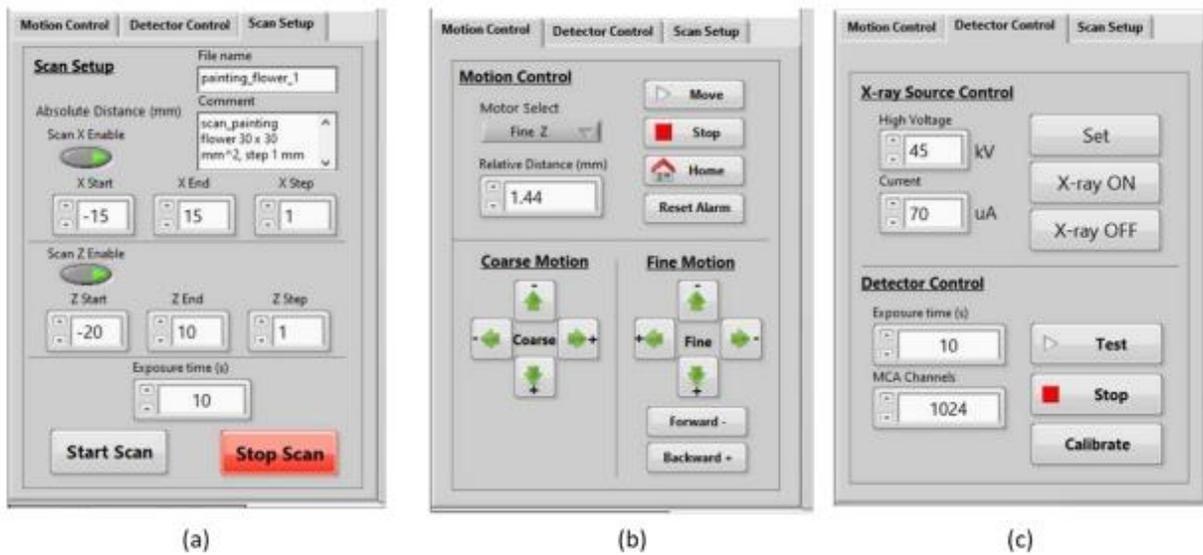
รูปที่ 5 แสดง Port Connection I/O ของ Driver Motor AZD-KD



รูปที่ 6 Software MEX02 สำหรับใช้ทดสอบการทำงานของมอเตอร์เบื้องต้น



รูปที่ 7 หน้าจอโปรแกรม Portable XRF scanning



รูปที่ 8 แสดงเมนู Control Center ของโปรแกรม Portable XRF

4.สรุปและอภิปรายผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานในการจัดสร้างชุดควบคุมมอเตอร์ประกอบกับแมคคานิคโครงสร้าง การเคลื่อนที่สำหรับหัววัด Detector XRF ซึ่งเป็นหัววัดค่าคุณสมบัติของธาตุแต่ละชนิดและ หัววัดนี้จะต้องเคลื่อนที่ตลอดเวลาตามระยะที่เราทำการวัดที่ได้กำหนดพื้นที่ไว้ ซึ่งผลจากการ ทดสอบระบบนั้นค่าที่ได้ในการทำงานของชุดขับเคลื่อนเป็นที่น่าพอใจ เครื่องสามารถทำงาน ได้สมูทแม่นยำและไม่มีค่าผิดพลาดต่อการวัดค่าธาตุต่างของ Detector XRF ผลลัพธ์อีกอย่าง คือการเคลื่อนย้ายเครื่อง XRF Scanning Mobile ไปวัดค่าที่ไหนก็ได้เพราะเครื่องเคลื่อนย้าย ได้มีขนาดเล็กและน้ำหนักไม่มากและราคาถูกกว่าที่เราซื้อเครื่องสำเร็จ

5. ผู้ใช้ประโยชน์

- นักธรณีวิทยา: ใช้เครื่อง XRF Scanning Mobile ในการวิเคราะห์แร่ธาตุในพื้นที่สำรวจ.
- นักโบราณคดี: ตรวจสอบองค์ประกอบของโบราณวัตถุโดยไม่ทำลาย.
- อุตสาหกรรมรีไซเคิล: คัดแยกโลหะมีค่าหรือวัสดุรีไซเคิล.
- หน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อม: ตรวจสอบสารปนเปื้อนในดินหรือน้ำในพื้นที่ห่างไกล.

เครื่อง XRF Scanning Mobile จึงเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากในงานที่ต้องการความรวดเร็ว แม่นยำ และความยืดหยุ่นในการวิเคราะห์ธาตุในสถานที่ต่างๆ.

6. เอกสารอ้างอิง

- ข้อมูลของ ORIENTAL MOTOR OPERATING MANUAL Driver ที่ <https://www.orientalmotor.com/>