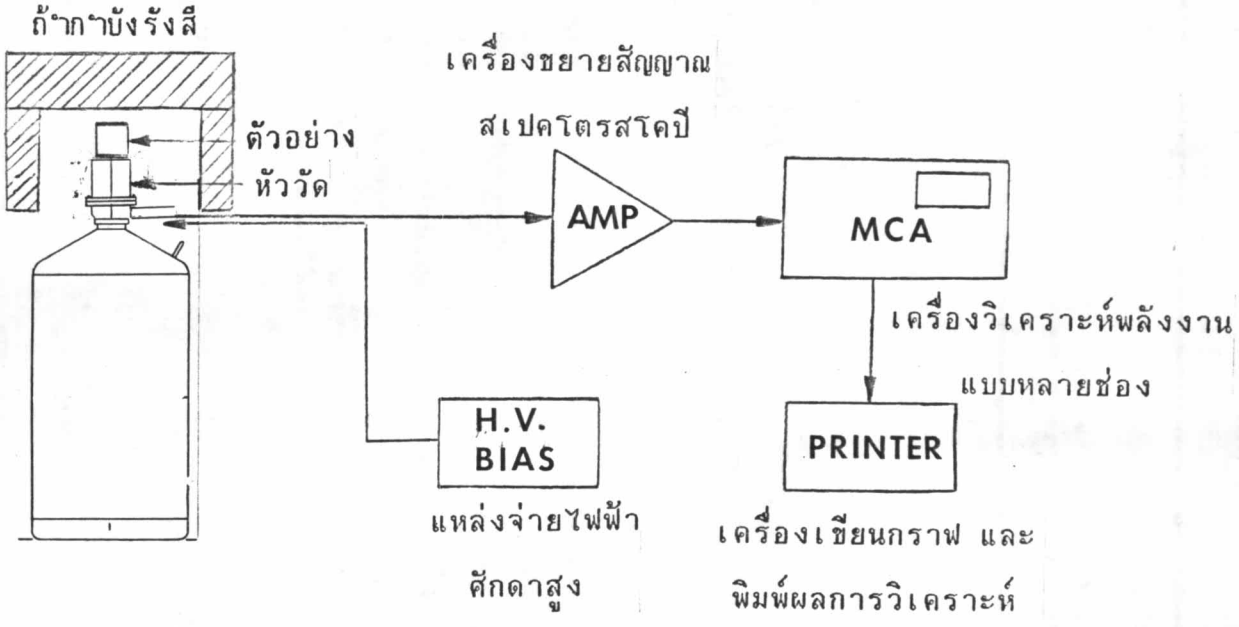
บทที่ 3

การออกแบบอุปกรณ์เครื่องเปลี่ยนตัวอย่าง สำหรับระบบ แกมมาสเปคโตรเมตรี

ระบบวัดแกมมาสเปคโตรเมตรี สำหรับงานวิเคราะห์ด้วยนิวเคลียร์เทคนิค ประกอบด้วยหัววัดรังสีแกมมาซึ่งได้แก่ หัววัดเรืองรังสีชนิดผลึกโซเดียม-ไอโอไดด์ หรือหัววัดรังสีกึ่งตัวนำ ชนิด HPGe, Ge(Li) ซึ่งติดตั้งอยู่ในถ้ำกำบังรังสี และเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง (MCA) ดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 3.1



รูป 3.1 แผนภาพระบบวัดแกมมาสเปคโตรเมตรี

ปัจจุบันระบบวัดแกมมาสเปคโตรเมตรีที่มีใช้กันอยู่ตามหน่วยงานวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์เป็นระบบที่ทำงานด้วยมือ (manual) ซึ่งมีปัญหาและอุปสรรคดังนี้

1. ผู้ปฏิบัติงานจะต้องคอยเฝ้าอ่านผลและเปลี่ยนตัวอย่าง

2. จำนวนเครื่องมีจำกัด จำเป็นจะต้องใช้ชั่วโมงทำงานเครื่องในเวลากลางคืน

3. ฝาถ้ำมีน้ำหนักมากเปิดปิดไม่สะดวก

4. ขนาดของภาชนะใส่ตัวอย่างมีขนาดต่าง ๆ กัน ทำให้รักษาตำแหน่งวางตัวอย่างลำบาก

5. ไม่สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง

6. ไม่สามารถจัดหาระบบเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติที่เหมาะกับระบบวัดเดิมที่มีอยู่ในวงเงินจำกัดได้

จากผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและศึกษาระบบเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติของเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ผลิตขาย พบว่าการจะพัฒนาเครื่องเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติสำหรับระบบแกมมาสเปคโตรเมตรี ให้เหมาะกับระบบที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันจะต้องประกอบด้วยระบบกล 3 ส่วน ได้แก่ ระบบกลสำหรับเปิดปิดฝาถ้ำกำบังรังสี ระบบกลในการเปลี่ยนตัวอย่าง และระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเชื่อมประสานการทำงานกับเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่องแทนลำดับขั้นของการเปลี่ยนตัวอย่างด้วยมือ

3.1 <u>การออกแบบระบบเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติ</u>

เครื่องเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น เลือกใช้ระบบกลซึ่งใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ และระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากชิ้นส่วนและอุปกรณ์หาได้ง่าย ราคาไม่สูง สะดวกต่อการบำรุงรักษา ระบบกลของเครื่องแบ่งเป็นส่วนสำคัญอยู่ 4 ส่วน ดังนี้

3.1.1 ระบบกลสำหรับขับเคลื่อนปิดเปิดฝาถ้ำตะกั่ว ขับเคลื่อนฝาถ้ำน้ำหนัก 65 กิโลกรัมซึ่งเป็นฝาถ้ำที่มีใช้อยู่เดิม ด้วยมอเตอร์สำหรับจักรเย็บผ้าขนาด 100 วัตต์ เนื่องจากมีแรงบิดตัวเริ่มต้นสูง เลือกเฟืองทดอัตราส่วน 1:2 และขับเฟืองเกลียวตัวหนอนซึ่งมีช่วงชัก 0.72 เมตร

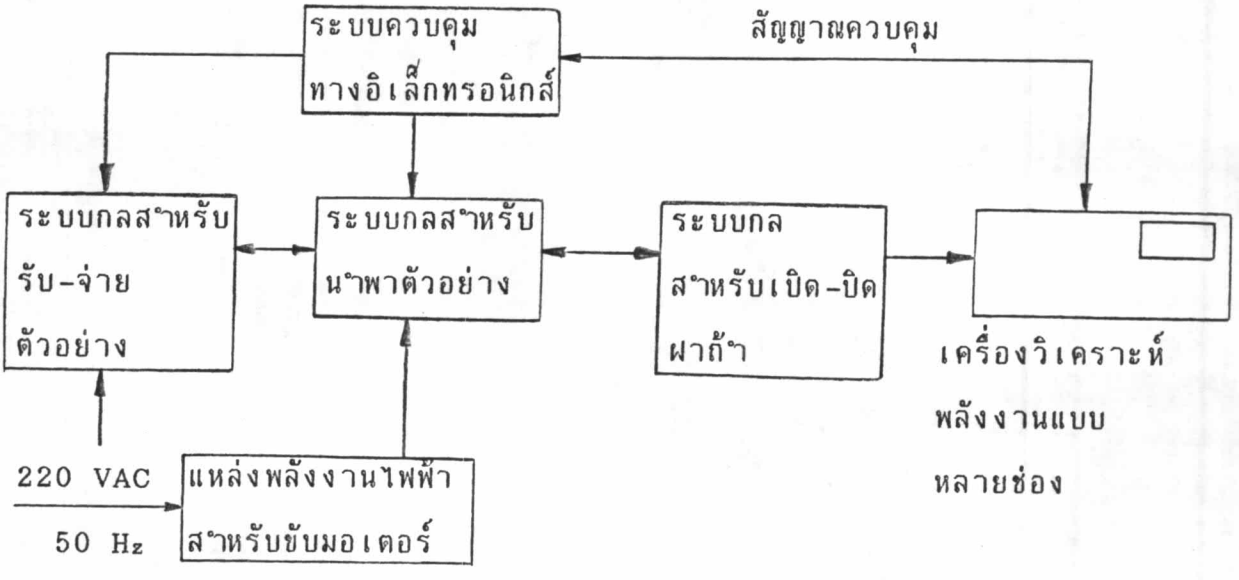
3.1.2 ระบบกลสำหรับรับจ่ายตัวอย่างออกแบบให้มีขนาดความจุ 16 ตัวอย่างแบบจานหมุน ขับเคลื่อนด้วยระบบโซ่และเฟือง (เพื่อให้มีจังหวะเริ่มต้น

และหยุดอิสระสำหรับให้สปริงปรับตำแหน่งจานด้วยแรงกดสะดวก) อัตราทดรอบ 1:2 ขับด้วยมอเตอร์ขนาด 100 วัตต์ การจ่ายตัวอย่างแต่ละครั้ง จะมีระบบส่งตัวอย่าง ซึ่งขับเคลื่อนด้วยระบบเฟืองเกลียวช่วงชัก 0.12 เมตร

3.1.3 ระบบกลสำหรับนำพาตัวอย่าง ทำหน้าที่นำตัวอย่างจากระบบจ่ายตัวอย่างไปยังถ้ำวัดขณะเริ่มวัด และนำมาเก็บไว้ที่เดิมเมื่อสิ้นสุดการวัด ระบบกลในการนำพาตัวอย่างอาศัยมือกลจับตัวอย่างซึ่งเคลื่อนตัวได้ในแนวตั้ง และขับเคลื่อนด้วยสายลวดสลิงในแนวนอน ระยะทางจากระบบจ่ายตัวอย่างถึงถ้ำกำบังรังสี 1.00 เมตร ใช้มอเตอร์ขนาด 60 วัตต์ อัตราทดรอบ 1:2

3.1.4 ระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ควบคุมลำดับการทำงานซึ่งกำหนดจากลำดับขั้นการทำงานดั้งเดิม ทำงานแบบวงรอบปิดด้วยคำสั่งจากเครื่องวิเคราะห์พลังงานหลายช่อง และสวิตช์ไมโครตรวจสอบตำแหน่งของระบบขับเคลื่อน

ระบบต่าง ๆ ทำงานเชื่อมโยงกันตามแผนภาพในรูปที่ 3.2 หลังจากบรรจุตัวอย่างในจานรับจ่ายตัวอย่างครบ และกดปุ่มสัญญาณเริ่มต้น ระบบจะทำงานตามลำดับขั้นการวัดและเริ่มวงรอบใหม่ต่อเนื่องจนกระทั่งตัวอย่างในจานรับจ่ายตัวอย่างหมด



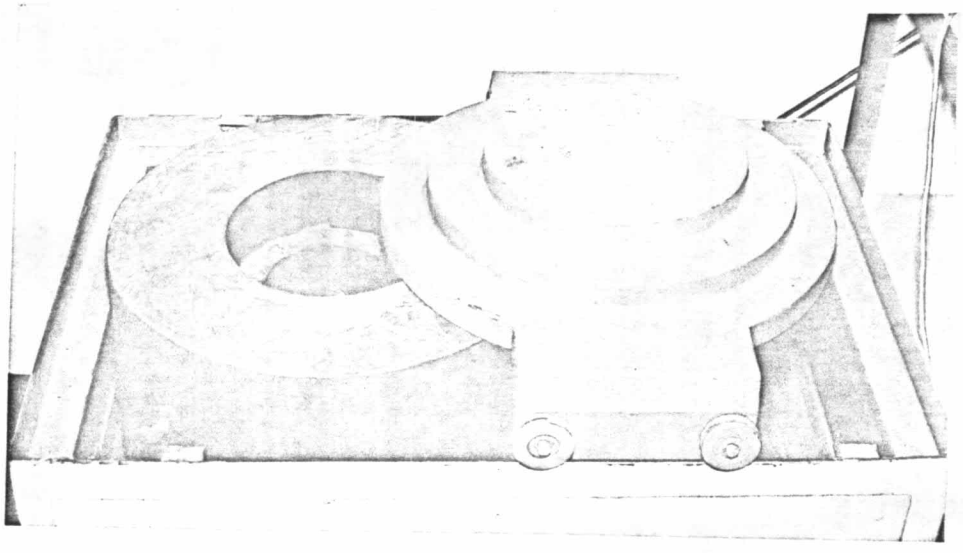
รูปที่ 3.2 แผนภาพการเชื่อมโยงสัญญาณของระบบกลและระบบควบคุมในเครื่องเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติของระบบวัดแกมมาสเปคโตรเมตรี

016504

3.2 การออกแบบระบบเคลื่อนฝาเปิดปิดถ้ำ

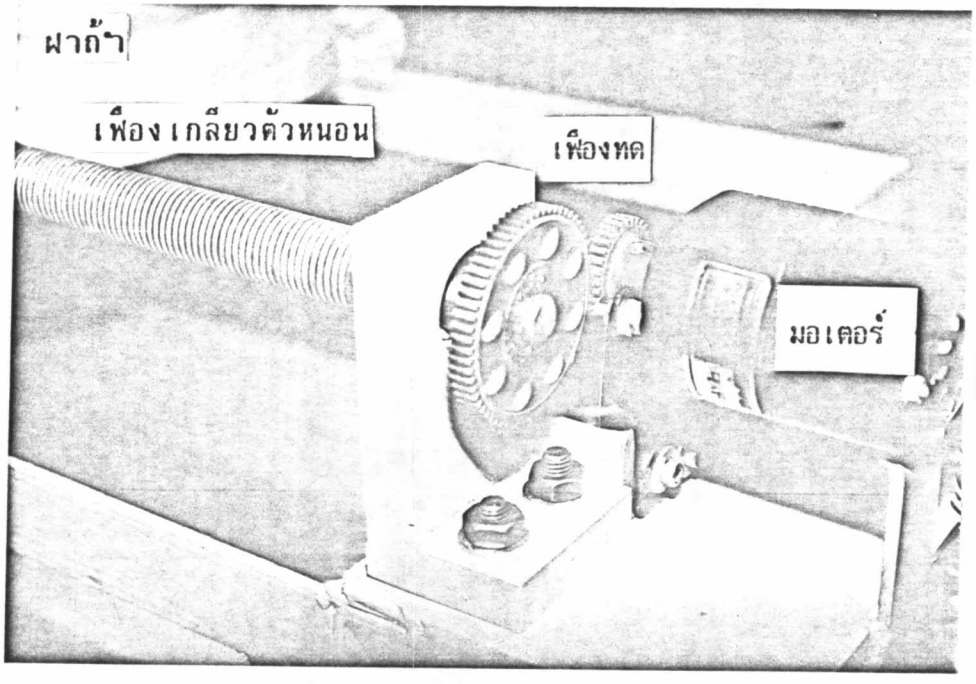
ลักษณะของถ้ำตะกั่วกำบังรังสี เพื่อป้องกันการรบกวนรังสีแกมมาจากภายนอกไปยังหัววัด โดยทั่วไปจะมีการออกแบบฝาเปิดปิดสำหรับใส่ตัวอย่างใน 2 ลักษณะ คือ แบบแรกเป็นแบบหมุนในแนวรัศมี ดังรูปที่ 3.3 และแบบฝาเคลื่อนในแนวระนาบ ดังรูป 3.4

รูป 3.3 ถ้ำกำบังรังสีแบบฝาหมุนในแนวรัศมี



รูป 3.4 ถ้ำกำบังรังสีแบบฝาเคลื่อนในแนวระนาบ

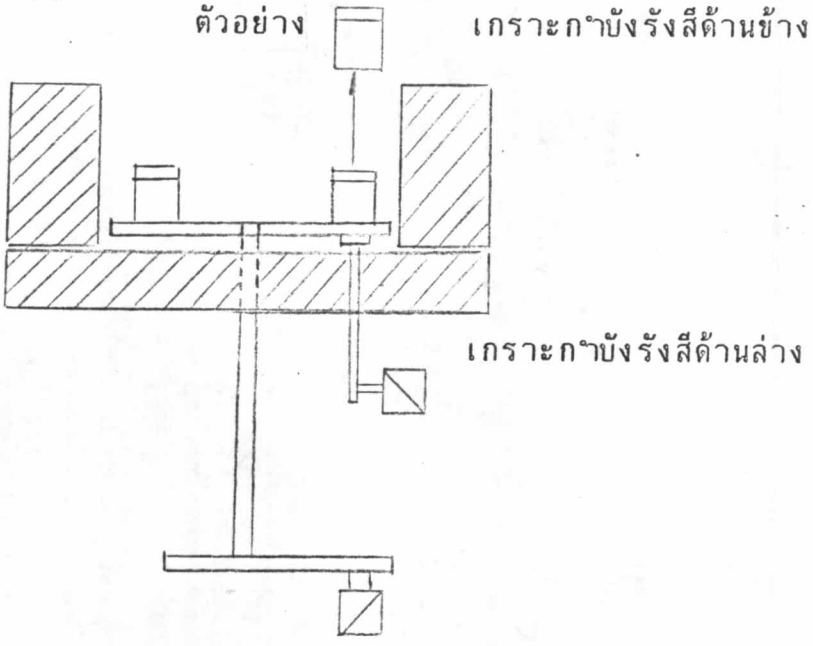
ระบบเปลี่ยนตัวอย่างที่พัฒนาขึ้นนี้ เลือกพัฒนาให้เหมาะกับแบบฝาเลื่อนในแนวระนาบ เนื่องจากมีใช้ในหน่วยงานวิเคราะห์ภายในประเทศมากกว่าแบบแรก การขับเคลื่อนใช้เฟืองเกลียวตัวหนอนทำด้วยเหล็ก เพื่อรับแรงในการเคลื่อนฝาซึ่งมีน้ำหนักมาก ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ดังแสดงในรูป 3.5



รูป 3.5 ระบบกลสำหรับขับเคลื่อนฝาเปิดปิดถ้วย

3.3 การออกแบบระบบกลสำหรับรับจ่ายตัวอย่าง

ระบบรับจ่ายตัวอย่างเลือกแบบจานหมุน วัสดุใช้อลูมิเนียมเนื่องจากมีน้ำหนักเบาและขึ้นรูปชิ้นงานได้ง่ายมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.40 เมตร แบ่งช่องใส่ตัวอย่าง 16 ตัวอย่างดังแสดงในรูป ก.1 (ภาคผนวก) จานรับจ่ายตัวอย่างขับเคลื่อนด้วยเพลาและโซ่ โดยขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ แต่ละช่องตัวอย่างหยุดด้วยสลักกลดึงรั้งด้วยสปริง ระบบส่งตัวอย่างเลือกระบบกลแบบเฟืองเกลียวหนอนทำด้วยเหล็ก ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ดังแสดงชุดระบบกลรับจ่ายตัวอย่างในรูป 3.6



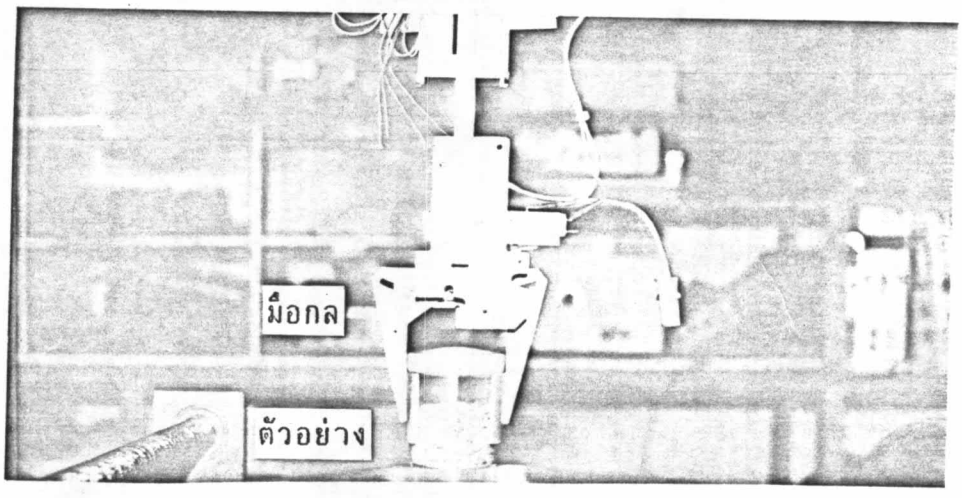
รูป 3.6 ระบบกลสำหรับรับจ่ายตัวอย่าง

เนื่องจากระบบนี้เป็นส่วนที่สำคัญต่อการเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติกล่าวคือ ตัวอย่างที่จะทำการวัดทั้งหมดจะมาอยู่รวมกัน ทำให้ความแรงรังสีสูงขึ้น การรบกวนตัวหัววัดรังสีจะสูงขึ้นด้วย จึงต้องมีการกำบังรังสีกลุ่มภาชนะบรรจุตัวอย่างเหล่านี้ ขณะเดียวกันการรับจ่ายตัวอย่างที่วัดจะต้องมีความเที่ยงตรง จึงจำเป็นต้องจำกัดขนาดภายนอกของภาชนะบรรจุ เพื่อสะดวกต่อการออกแบบมือกลจับตัวอย่าง และการบังคับตำแหน่งการวางตัวอย่างให้แม่นยำทุกครั้ง ดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.4, 3.5 และ 3.6

3.4 การออกแบบระบบกลสำหรับนำส่งตัวอย่าง

ระบบกลสำหรับนำส่งตัวอย่าง ประกอบด้วย 2 ระบบย่อย คือ ระบบกลในการนำส่งตัวอย่างและระบบมือกลจับตัวอย่าง เคลื่อนที่ในแนวตั้ง ดังรูป 3.7 ด้วยเหตุผลของการรบกวนของรังสีจากตัวอย่างในภาชนะที่เตรียมวัดในจานเปลี่ยนตัวอย่าง ทำให้ไม่สามารถวางระบบรับจ่ายตัวอย่างให้ติดกับถ้ำกำบังรังสีได้

จากการพิจารณาออกแบบเกราะกำบังรังสีที่ทำด้วยตะกั่วดังรายละเอียดในภาคผนวก ค. ตามหัวข้อ 3.6 พบว่า เมื่อใช้ตะกั่วหนา 4 เซนติเมตร วางห่าง 1.00 เมตร จะไม่มีผลต่อการรบกวนการวัด ดังนั้นจึงต้องมีระบบนำส่งตัวอย่างระหว่างระบบรับจ่ายตัวอย่างและหัววัดรังสี โดยเลือกแบบขับเคลื่อนด้วยสายสลิง เนื่องจากระบบเฟืองหนอน เมื่อมีระยะยาว การตัดเกลียว เพลาระยะยาวจะคดโก่งง่าย จึงเลือกแบบสายสลิงขับเคลื่อนมือกล ปากจับตัวอย่างกางและหุบด้วยขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า (Solenoid Coil) ตำแหน่งจับตัวอย่างเป็นตำแหน่งที่ไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวด เพื่อป้องกันการปล่อยตัวอย่างหล่นสู่พื้นเมื่อไฟฟ้าขัดข้องอาจจะเกิดการเปรอะเปื้อนรังสี เมื่อภาชนะบรรจุแตก ก้านมือกลเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยระบบเฟืองหนอนขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ มีก้านกันชนหัววัดรังสีป้องกันการทำงานผิดพลาดและอันตรายต่อหัววัดรังสีซึ่งมีราคาแพง

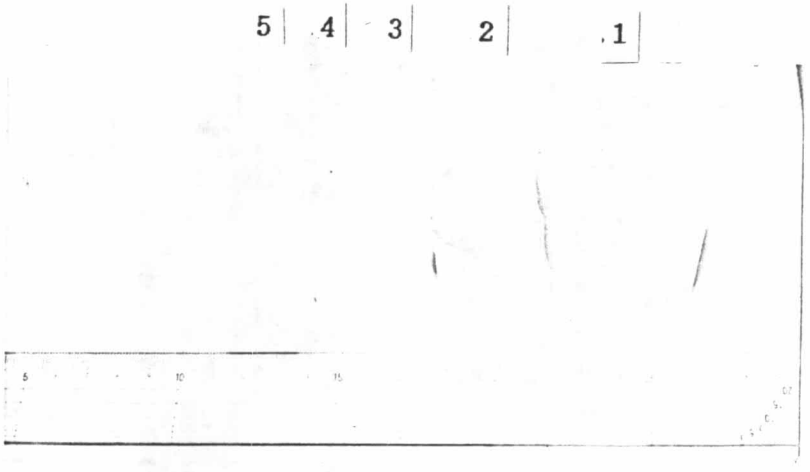


รูป 3.7 มือกลจับตัวอย่าง

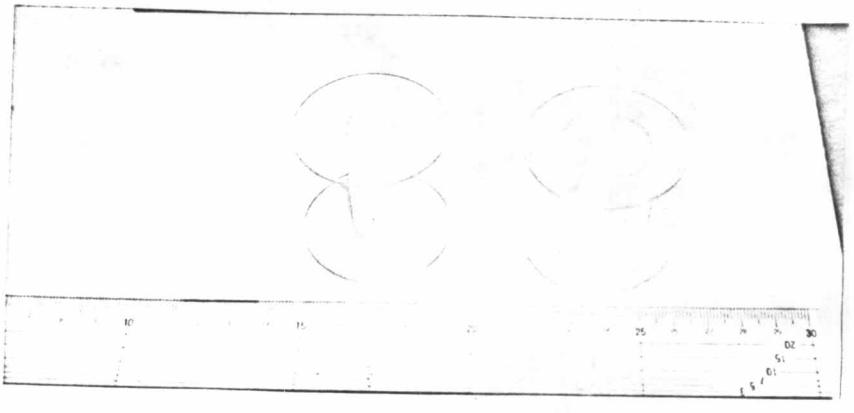
3.5 การออกแบบอุปกรณ์ประกอบภาชนะบรรจุตัวอย่าง

โดยทั่วไปภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ใช้กันอยู่ คือ ขวดยาพลาสติก ขนาดต่าง ๆ ดังรูป 3.8 ขนาดของขวดพลาสติกจะขึ้นกับปริมาณของตัวอย่าง เนื่องจากภาชนะเหล่านี้ราคาถูกหาง่าย การพัฒนาเครื่องเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติจึงต้องกำหนดขนาดภาชนะใหญ่ที่สุดเป็นขนาดมาตรฐาน เพื่อสะดวกในการออกแบบมือกลและการควบคุมตำแหน่งการวาง

ในที่นี้เลือกภาชนะบรรจุหมายเลข 1 เป็นโครงภายนอกสำหรับบรรจุภาชนะบรรจุตัวอย่างขนาดอื่นลงตรงช่องกลางบนหัววัดรังสี วัสดุที่ใช้ทำจากพลาสติกประเภทอคริลิค (Acrylic) เหมือนกับภาชนะบรรจุทั่วไป โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 12 มม. และ 26 มม. ตามลำดับ เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 45 มม. ดังรูป 3.9



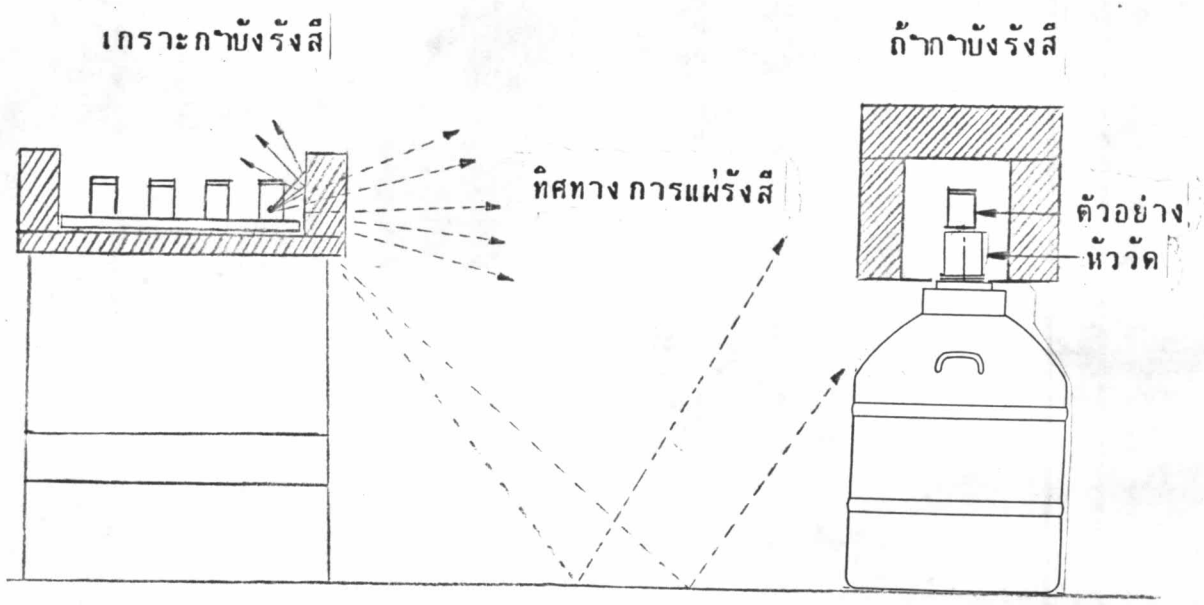
รูป 3.8 ขวดยาพลาสติกขนาดต่าง ๆ ที่ใช้บรรจุตัวอย่าง



รูป 3.9 อุปกรณ์ประกอบภาชนะบรรจุตัวอย่าง

3.6 การออกแบบเกราะกำบังรังสี

เมื่อนำตัวอย่างทั้ง 16 ตัวอย่างที่ใส่ภาชนะมาบรรจุในจานรับจ่าย แต่ละครั้งที่จะทำการวัดทำให้มีความแรงรังสีสูงขนาดเอ็กซ์โปเชอร์เรท (Exposure Rate) ไม่เกิน 4.5 mR/hr ที่ระยะ 5 ซม. จึงต้องมีการกำบังรังสีแกมมาเพื่อความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงานและรบกวนการวัดรังสีน้อยที่สุด การพิจารณาระยะห่างระหว่างตัวอย่างกับหัววัด เลือกศึกษาที่รังสีพลังงานสูง (Na-24 2.754 MeV) และคำนวณหาความเหมาะสมของความหนาของตะกั่วดังตาราง ที่ ค.1, ค.2 และเส้นกราฟในภาคผนวก พบว่าเมื่อลดเอ็กโปเชอร์เรทที่ผนังของระบบรับจ่ายตัวอย่างให้เหลือ 1 mR/hr และเพื่อให้การรบกวนต่ำเลือกระยะห่าง 1 เมตร ต้องใช้ตะกั่วหนา 4 ซม. ขณะเดียวกันเพื่อป้องกันการกระเจิงรังสีในแนวด้านล่างของจานใส่ภาชนะบรรจุตัวอย่างใช้แผ่นตะกั่วหนา 2.5 ซม. ดังแสดงรายละเอียดในรูป 3.10



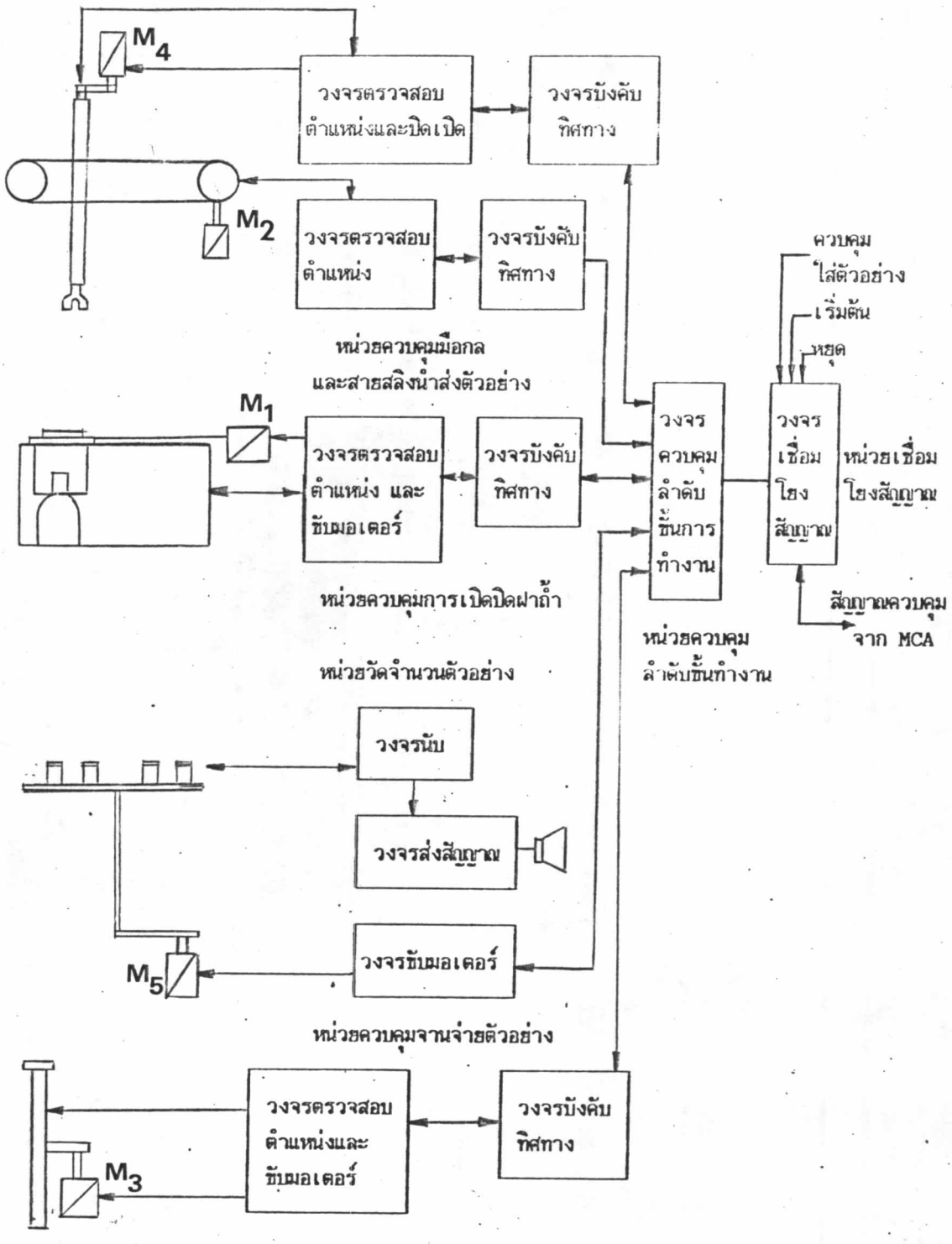
รูป 3.10 แสดงการกระเจิงรังสีในทิศทางต่าง ๆ

3.7 การออกแบบระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับควบคุมลำดับขั้นการทำงานของระบบกลให้ประสานกัน ประกอบด้วย หน่วยควบคุมมือกลและสายสลิงนำส่งตัวอย่าง หน่วยควบคุมการเปิดปิดฝาถ้ำกำบังรังสี หน่วยควบคุมจานเปลี่ยนตัวอย่าง หน่วยควบคุมก้านส่งตัวอย่าง หน่วยควบคุมลำดับขั้นทำงาน หน่วยวัดจำนวนตัวอย่าง และหน่วยเชื่อมโยงสัญญาณ แต่ละหน่วยมีการเชื่อมโยงการทำงานดังแผนภาพ รูป 3.11

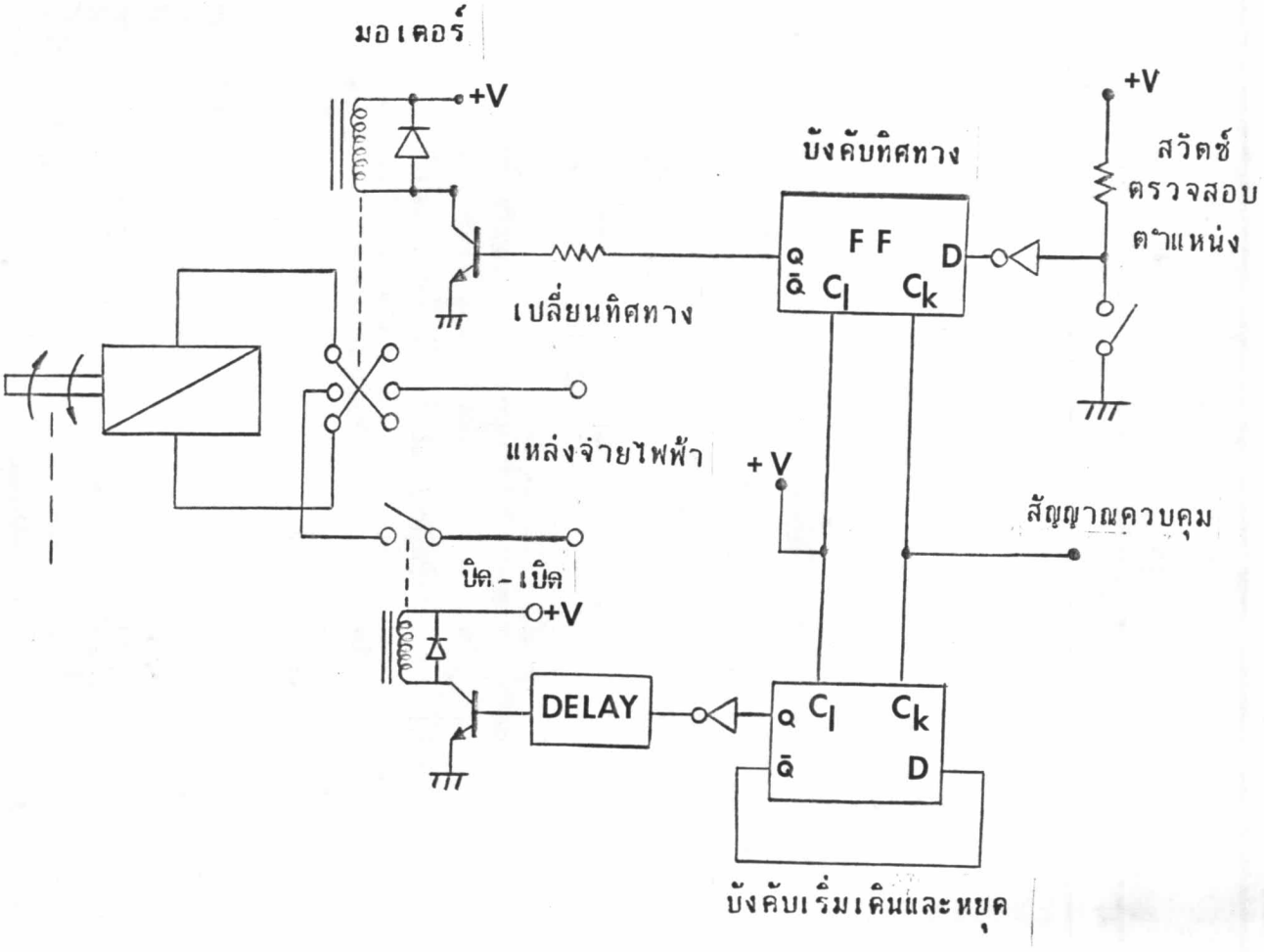
วรจรหลักในหน่วยต่าง ๆ มีดังนี้

1. วงจรตรวจสอบตำแหน่ง ด้วยสวิตช์ไมโคร และรีเลย์
2. วงจรบังคับทิศทาง
3. วงจรควบคุมลำดับขั้นการทำงาน กระตุ้นวงจรฟลิบฟลอบ



รูปที่ 3.11 แผนภาพของระบบควบคุมการทำงาน

วงจรขับมอเตอร์และบังคับทิศทาง เป็นระบบกลไฟฟ้า(Electromechanics) ประกอบด้วย รีเลย์กลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์เดินและหยุด วงจรฟลิบฟลอบ สำหรับบังคับตำแหน่งเริ่มต้นและหยุด โดยใช้สวิตช์ไมโครเป็นอุปกรณ์ตรวจสอบ ดังแสดงในแผนภาพ รูป 3.12



รูป 3.12 วงจรบังคับทิศทางและขับมอเตอร์ในหน่วยควบคุมระบบกลขับเคลื่อน