

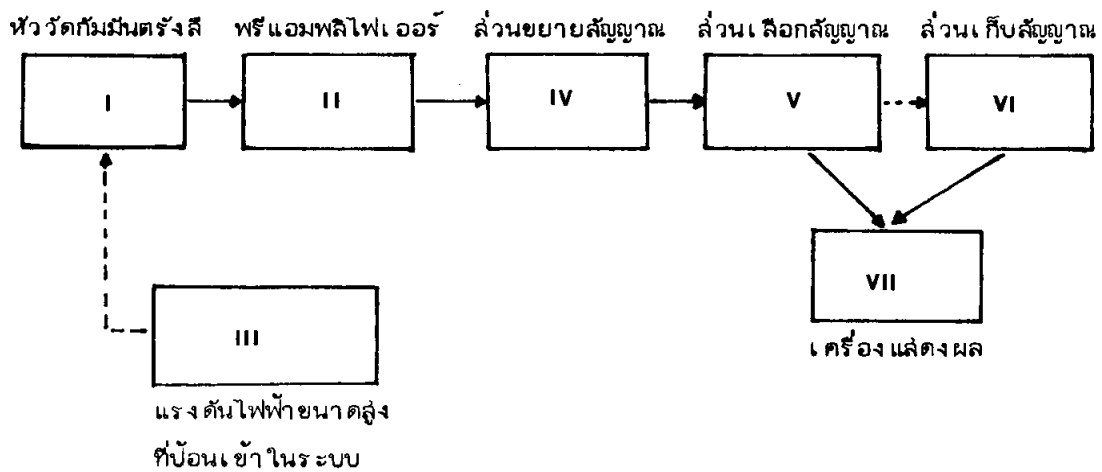
บทที่ 3

ระบบการเก็บรวบรวมข้อมูลและการแสดงผล

3.1 บทนำ

ระบบการนับวัดปริมาณกัมมันตรังสีจำเป็นต้องอาศัยส่วนประกอบต่างๆดังแสดงในรูปที่

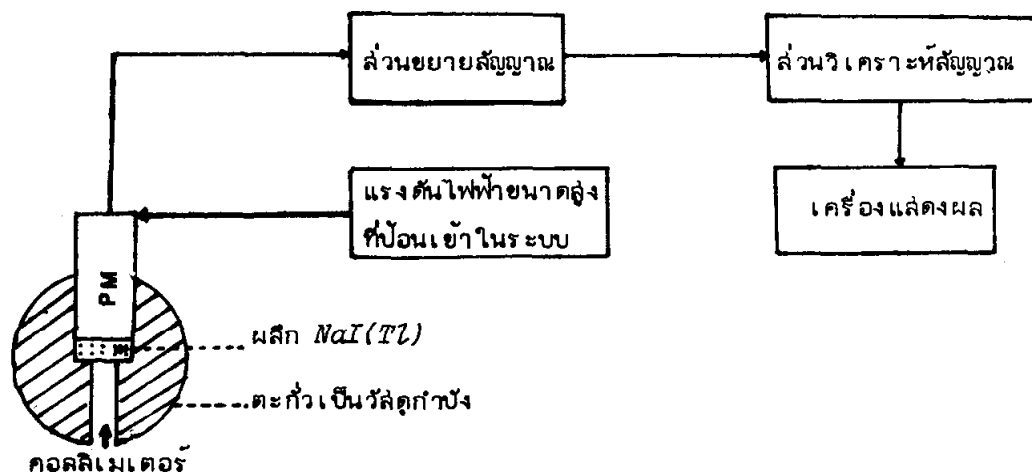
3.1 หัววัดกัมมันตรังสีไม่ว่าชนิดใดก็ตาม (ดังกล่าวละเอียดในบทที่แล้ว) จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อได้รับการป้อนแรงดันไฟฟ้าขนาดสูง หลังจากได้มีขบวนการก่อให้เกิดสัญญาณในหัววัดกัมมันตรังสีขึ้นแล้ว สัญญาณดังกล่าวจะถูกส่งต่อไปยังส่วนขยายเพื่อให้ปริมาณไฟฟ้าถูกนับวัดได้ง่าย จากนั้นจะถูกส่งต่อไปยังส่วนเลือกสัญญาณซึ่งประกอบด้วยตัวกำสัดสัญญาณ ซึ่งทำหน้าที่กำสัดสัญญาณที่ไม่ใช่เกิดจากสารกัมมันตรังสี ต่อไปคือส่วนเก็บสัญญาณ และองค์ประกอบท้ายสุดคือส่วนแสดงผล



รูป 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนประกอบของระบบทั่วไปของการนับวัดกัมมันตรังสี

อย่างไรก็ตาม หลักการคิดและการสุ่มโครงสร้างของระบบการวัดดังกล่าวเป็นเพียงพื้นฐานทั่วไป ในหัววัดบางชนิด เช่น หัววัด GM มักจะมีเฉพาะส่วนที่ III, IV และ VII โดยขาดส่วนที่ II และ VI เป็นต้น แต่สำหรับหัววัดแบบลำแสงตัวนำและหัววัดซินทิลเลชันจำเป็นต้องมีส่วนประกอบดังกล่าวแยกโดยเฉพาะ รูป 3.2 แสดงระบบของหัววัดซินทิลเลชันที่นิยมใช้ในลำชาเวศศาสตร์นิวเคลียร์เพื่อความถูกต้องของค่าที่นับวัด สัญญาณเอาท์พุทของหัววัดจะอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า มีลักษณะสัมพันธ์อยู่ในเทอมของแอมพลิจูด (*amplitude*) ช่วงเวลาการเกิดสัญญาณ และค่า *rise time* ซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้แตกต่างกันตามชนิดของหัววัด และในบางกรณีอาจจะรวมทั้งชนิดของกัมมันตรังสีที่ทำการวัดด้วย กล่าวคือ ชนิดของกัมมันตรังสี เช่น รังสีแกมมาหรือเบต้า และพลังงานที่ปล่อยคล้องกัน

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆขององค์ประกอบระบบการนับวัดปริมาณกัมมันตรังสีพอสมควร เพื่อเป็นพื้นฐานในการใช้เครื่องมือต่อไป



รูป 3.2 ระบบของหัววัดแบบซินทิลเลชัน โดยที่ส่วนทั้งสี่ที่อยู่ในกรอบมักจะรวมเป็นอุปกรณ์ชิ้นเดียว

3.2 พรีแอมพลิไฟเออร์ (preamplifier)

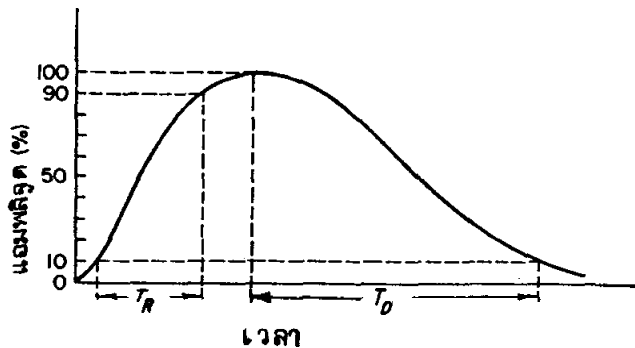
สัญญาณจากหัววัดกัมมันตรังสีที่ถูกส่งต่อไปยังส่วนขยายสัญญาณตามสายเคเบิลอาจถูกรบกวน (*distort*) หรือถูกลดขนาดลงได้ นอกจากนี้หัววัดรังสีมักเป็นเครื่องมือประเภทความจุประจุต่ำแต่มีค่าอิมพีแดนซ์สูง ดังนั้น จึงได้มีการเสนอเครื่องมือที่อยู่ก่อนส่วนขยายสัญญาณเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวปรับค่าอิมพีแดนซ์ให้พอเหมาะที่จะเป็นสัญญาณ "อินพุท" ของเครื่องขยายสัญญาณและเรียกชื่อตามหน้าที่ในระบบวัดรังสีว่า "พรีแอมพลิไฟเออร์" (*preamplifier*) หรือ "ส่วนก่อนขยายสัญญาณ" กรณีที่หัววัดสามารถทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า 10 พิโคคูลอมบ์ (*picocoulomb*) ต่อหนึ่งสัญญาณ (เมื่อต่อกับสายเคเบิลสัญญาณซึ่งยาวน้อยกว่า 1 เมตร) มักจะตัดส่วนก่อนขยายสัญญาณออก

พรีแอมพลิไฟเออร์ชนิดง่ายที่สุดเรียก "แคโทด ฟอลโลเวอร์" (*cathode follower*) ทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ระหว่างหัววัดกับส่วนขยายสัญญาณได้ดี เนื่องจากวงจรชนิดนี้ไม่มีค่าอัตราขยาย (*gain*) น้อยกว่าหนึ่ง ("เกน" เป็นค่าอัตราส่วนแอมพลิจูดของสัญญาณขาออกกับสัญญาณขาเข้า) พรีแอมพลิไฟเออร์ได้ถูกวิวัฒนาการให้มีความไวต่อประจุ (หรือกระแส) มาก หัววัดแบบสารกึ่งตัวนำต้องใช้พรีแอมพลิไฟเออร์ที่มีความไวต่อประจุเนื่องจากความจุประจุเป็น - พงค์สัมพันธ์แปรค่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ (รวมทั้งเงื่อนไขอื่นๆที่อยู่ในระบบด้วย) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาคุณสมบัติมักจะกล่าวถึง "ความไวต่อประจุ" มากกว่า "อัตราขยาย" ของพรีแอมพลิไฟเออร์ ซึ่งหมายถึงแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทอันเป็นผลจากการเกิดประจุขึ้นในหัววัดกัมมันตรังสี ซึ่งมีค่าอิมพีแดนซ์สูง สำหรับหัววัดสารกึ่งตัวนำบางชนิดอาจมีค่าดังกล่าวเป็นมิลลิโวลต์ต่อพิโคคูลอมบ์ (*picocoulomb*) หรือมิลลิโวลต์ต่อ *MeV*

3.3 ส่วนขยายสัญญาณ (amplifier)

ส่วนขยายสัญญาณหรือเรียกทับศัพท์ภาษาอังกฤษว่า "แอมพลิฟายเออร์" (*amplifier*) ทำหน้าที่ขยายขนาดของสัญญาณที่ได้จากหัววัดกัมมันตรังสี (หรือได้จากส่วนก่อนขยายสัญญาณ) โดยที่อุปกรณ์ส่วนนี้จะต้องมีอัตราขยายมากพอที่จะทำให้ส่วนเลือกสัญญาณทำงานได้สะดวก ขณะเดียวกันต้องรักษาจุดทำงานของหัววัดให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ด้วย และอัตราขยายต้องมีค่าคงที่แม้ว่าจะมีค่ารบกวนซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า จากอุณหภูมิ หรือจากแพ็คเกจอื่นซึ่งอาจเกิดแบบชั่วขณะหรือเกิดขึ้นเป็นเวลานานก็ตาม นอกจากนี้ ยังต้องประกอบด้วยค่าไรส์ไทม์ (*rise time*) ที่ถูกต้อง เพื่อมิให้เกิดการสูญเสียข้อมูลในการนับวัด กล่าวคือ ไรส์ไทม์ต้องมีค่าพอเหมาะ ไม่ช้าหรือเร็วจนเกินไป (ถ้าเร็วเกินไปจะทำให้ได้ค่านับวัดอันเกิดจากกัมมันตรังสีรบกวนอื่น ๆ นอกเหนือจากปริมาณที่ต้องการนับวัดแท้จริง)

การแบ่งระดับของส่วนขยายสัญญาณมักพิจารณาจากความไวต่อแรงดันไฟฟ้า หรือความไวต่อประจุเช่นเดียวกับการพิจารณาส່วนก่อนขยายสัญญาณ รูป 3.3 แสดงค่าขนาดความถี่ของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยขนาดความถี่ของสัญญาณอาจเป็นค่าแรงดันไฟฟ้า เอาท์พุท หรือกระแสเอาท์พุทที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาจำกัดค่าใดค่าหนึ่ง



รูป 3.3 รูปร่างสัญญาณ การแปรค่าของแอมพลิจูดสัญญาณตามเวลา

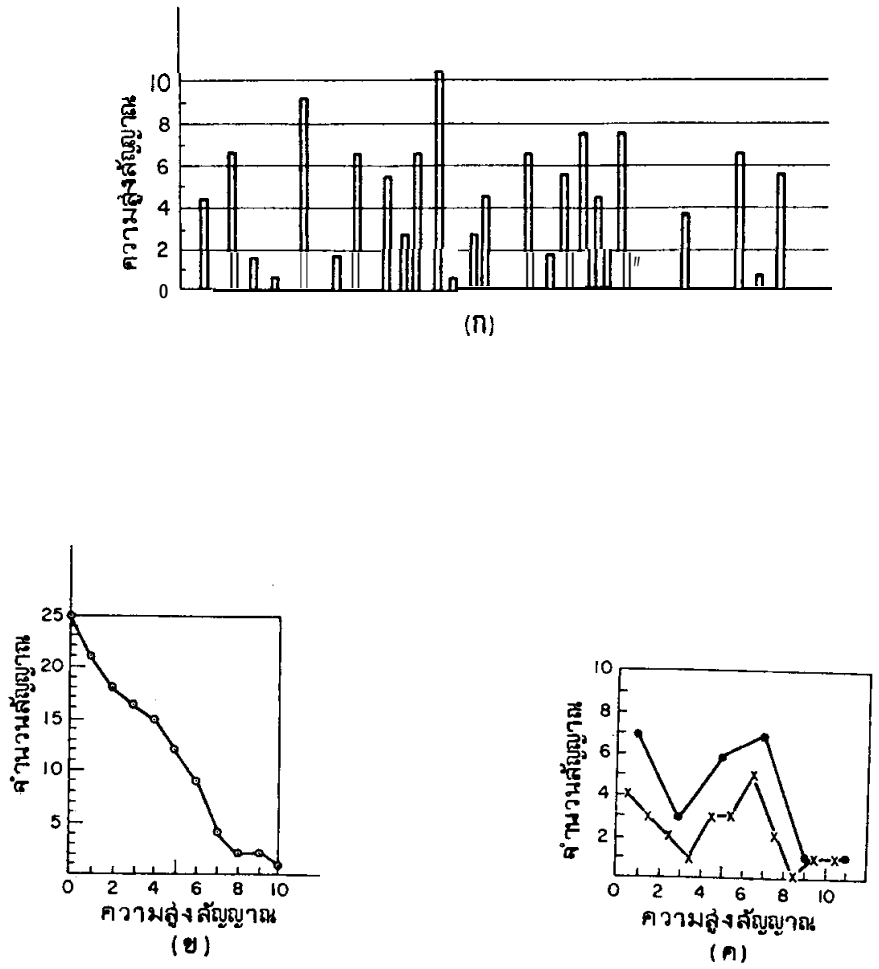
- "โรสไทม์" หรือ "เวลาที่เพิ่มขึ้น" (*rise time*) หรือ T_R คือช่วงเวลาที่ความสูงของสัญญาณเริ่มเพิ่มขึ้นขนาดจาก 10 % จนถึง 90 % ของค่าสูงสุด
- "เวลาการสลายตัว" (*decay time*) หรือ T_D เป็นช่วงเวลาที่สัญญาณมีขนาดลดลงจากค่าสูงสุดจนถึงค่าเพียง 10 % ของค่าสูงสุด
- "ดีเลย์ไทม์" (*delay time*) เป็นช่วงเวลาที่สัญญาณจะเพิ่มขึ้นขนาดจนถึง 50 % ของค่าสูงสุด
- "ช่วงเวลาเกิดสัญญาณ" (*pulse duration*) ในทางปฏิบัติค่านี้วัดจากสัญญาณเริ่มต้นจนถึงเวลาที่สัญญาณมีค่าลดลงถึง 10 % ของค่าสูงสุด

สัญญาณเอาต์พุตของหัววัดกัมมันตรังสีอาจถูกกำหนดลักษณะสมบัติโดยช่วง เวลาการเกิดประจุ หรือช่วง เวลาการจับเก็บประจุ โรสไทม์ของส่วนขยายสัญญาณควรมีค่าสั้นกว่าช่วง เวลาจับเก็บประจุของหัววัดกัมมันตรังสี หน้าที่สำคัญของส่วนขยายสัญญาณคือ

- ขยายสัญญาณ
- ศึกษาร่าง สัญญาณ

3.4 ส่วนวิเคราะห์สัญญาณ (pulse height analyzer)

สัญญาณที่ส่งจากหัววัดกัมมันตรังสีไปยังส่วนขยาย จะถูกลำส่งต่อไปยังส่วนวิเคราะห์ - ความสูงของสัญญาณเพื่อทำการเลือก เฉพาะสัญญาณที่เกิดจากพลังงานกัมมันตรังสีที่ต้องการวัด ส่วนที่เกิดจากกัมมันตรังสีอื่นถือว่าเป็นกัมมันตรังสีรบกวนหรือที่เรียกว่า "แบ็คกราวนด์" (*background*) ซึ่งอุปกรณ์ส่วนนี้จะกำจัดออกไป ตัวอย่างดัง แสดงในรูป 3.4 เป็นสัญญาณมีความสูงต่างๆ



รูป 3.4 แสดงสเปกตรัมของสัญญาณ

- (ก) ส่วนขยายสัญญาณขาออก แสดงสัญญาณที่จะถูกวิเคราะห์
 - (ข) พล็อตแบบรวมค่าแอมพลิจูดในสเปกตรัมของสัญญาณ
 - (ค) พล็อตแบบ "ดีเฟอเรนเชียล" โดยใช้ค่าแอมพลิจูดของสัญญาณเดียวกันกับข้อ(ข)
- x แทนสัญญาณสูง 1 หน่วย และ แทนสัญญาณสูง 2 หน่วย

มัลติแชนแนลอะนาลายเซอร์ (*multichannel analyser*) สามารถใช้หาสเปกตรัม (*spectrum*) ของกัมมันตภาพรังสีได้รวดเร็วกว่าแบบซิงเกิลแชนแนลอะนาลายเซอร์ (*single channel analyser*) โดยแบ่งสัญญาณออกเป็น 256 - 512 กรุป ถ้าวัดพลังงานแกมม่า - 140 keV จาก ^{99m}Tc ด้วยหัววัด NaI(Tl) จะได้รูปการกระจายของมัลติแชนแนลอะนาลายเซอร์ดังแสดงในรูป 3.5 พลังงานสูงสุดที่พิกมีค่า 140 keV สัญญาณจากพลังงานต่ำมักเนื่องมาจากอิเล็กตรอนซึ่งได้จากการชนกันแบบคอมป์ตัน (*Compton*) ซึ่งโฟตอนที่กระเจิง (*scattered*) สามารถหลุดพ้นจากผลึกได้ อย่างไรก็ตามเมื่อรังสีแกมม่า 140 keV ถูกดูดกลืนในผลึก พลังงานดังกล่าวจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนที่โฟโตแคธโอดปริมาณไม่เท่ากันสม่ำเสมอ เป็นสาเหตุให้พิค-

3.4 อธิบายการเกิดของพิคตุติยภูมิต่อไปนี้ พร้อมทั้งกล่าวถึง โทษหรือประโยชน์ที่ผู้สัง เกตุได้รับ

- ก) พิคเกิดจากการสะท้อนกลับ
- ข) พิคจากการหลบหาย
- ค) พิครวม
- ง) พิคเนื่องจากผลของกัมมันตรังสีพิคตุยภูมิ

3.5 คอลลิเมเตอร์มีความสำคัญอย่างไรในการนับวัดกัมมันตรังสี