หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การวัดระดับ

งานวัดระดับเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภทเช่น การวัดระดับน้ำมัน น้ำในถังพัก การวัดระดับน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ การวัดระดับเบื้องต้นโดยอาศัยหลักการวัดด้วยวิธีตรงที่ใช้ลูกลอย หรือ ดิพสติค (Dipsticks) ซึ่งเป็นวิธีการวัดแบบง่าย ๆ แต่ถ้าเป็นการวัดระดับในภาชนะที่มีความดันสูง อุณหภูมิสูง เป็นสารเคมีที่มีอันตราย หรือต้องการสัญญาณไฟฟ้าเพื่อไปใช้ในงานอย่างอื่น เช่น เพื่อการควบคุม บันทึกค่า เหล่านี้จะใช้การวัดโดยวิธีตรงไม่ได้จะต้องประยุกต์หลักการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เข้าช่วย เพื่อให้งานการวัดระดับบรรลุผลตามความมุ่งหมายนอกจากนั้นในกระบวนการผลิตที่เป็นกระบวนการต่อเนื่อง ระบบวัดจะต้องไวต่อการตอบสนองการเปลี่ยนแปลงและให้ผลการวัดทันที เพื่อการปรับแก้ระบบควบคุม การวัดจะต้องเลือกหลักการวัดที่ให้ประสิทธิภาพสูง กระทำในขณะที่กระบวนการดำเนินอยู่ได้

2.1 การแบ่งประเภทวิธีการวัดระดับ (Classification of Methods) (9)

วิธีการวัดระดับแบ่งเป็นหลักการใหญ่ ๆ ได้สองประเภท คือ

2.1.1 วิธีการวัดโดยตรง (Direct) ได้แก่

1 การวัดระดับด้วยดิพสติค

2 การวัดระดับด้วยกระจกแก้วมองระดับ

2.1.2 วิธีการวัดโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างอื่นเข้าช่วยในสภาพงานที่มีปัญหาเช่น การวัดระดับน้ำใต้ดินในการขุดเจาะบ่อบาดาล งานวัดระดับของน้ำในหม้อไอน้ำที่มีความดันและอุณหภูมิสูง เพื่อควบคุมการหล่อเลี้ยงน้ำในอัตราที่เหมาะสม หรือการวัดระดับของผงถ่าน เมล็ดพืชในถังเก็บ เหล่านี้จะต้องอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เข้าช่วย ปัจจุบันหลักการวัดที่อาศัยหลักการทางฟิสิกส์เข้าช่วยและมีใช้อยู่ในอุตสาหกรรมได้แก่

2.1.2.1 หลักการของแรงและความดัน (Force and Pressure) ได้แก่

1 การวัดระดับโดยใช้ลูกลอย (Float)

2 การวัดระดับโดยใช้หลักการวัดการเปลี่ยนแปลงของแรงพยุงที่กระทำต่อดิสเพลสเซอร์ (Displacer)

3 การวัดระดับแบบท่อปล่อยอากาศ

4 การวัดระดับแบบวัดความดัน

2.1.2.2 หลักการทางไฟฟ้า (Resistance,Conductance & Capacitance) ได้แก่

1 การวัดระดับโดยใช้หลักการวัดค่าความจุไฟฟ้า

2 การวัดระดับโดยใช้หลักการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า

3 การวัดระดับโดยใช้หลักการวัดค่าความนำไฟฟ้า

2.1.2.3 หลักการเดินทางของเสียง (Ultrasonic)

2.1.2.4 หลักการเดินทางของคลื่นอินฟราเรด

2.1.2.5 หลักการการแผ่รังสีและการดูดกลืนพลังงานของสาร (Radiation)

1 การวัดระดับด้วยเทคนิคการส่งผ่านรังสี

2 การวัดระดับด้วยเทคนิคการสะท้อนรังสี

2.2 <u>การวัดระดับของเหลวด้วยหลักการการแผ่รังสีและการดูดกลืนพลังงาน</u>

เทคนิคการวัดระดับของเหลวด้วยหลักการการแผ่รังสีส่วนใหญ่จะใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา องค์ประกอบที่สำคัญของระบบวัดได้แก่ ต้นกำเนิดรังสี (Radiation source) และระบบวัดรังสี (Radiation detection system)

2.2.1 รังสีแกมมา

รังสีแกมมาเป็นรังสีประเภทคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคลื่นสั้น เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานภายในนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี ภายหลังการสลายตัวและปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมา สิ่งสำคัญของการประยุกต์ใช้รังสีแกมมาสำหรับการวัดระดับคือพลังงานและความแรงรังสีจากต้นกำเนิดรังสีในงานอุตสาหกรรมต้นกำเนิดรังสีที่นิยมใช้มากได้แก่ แบเรียม-133 ซีเซียม-137 อเมริเซียม-241 และโคบอลต์-60 ซึ่งให้พลังงานรังสีแกมมาระดับต่างๆกัน (ดังแสดงในภาคผนวก) เมื่อปริมาณรังสีแกมมาส่งผ่านตัวกลางจะเกิดการสูญเสียพลังงานจากอันตรกิริยาทางฟิสิกส์ต่าง ๆ ที่ทำให้รังสีที่เล็ดลอดตัวกลางลดลงตามกฎของแลมเบอร์ต (Lambert law's) ดังแสดงใน

สมการที่ 2.1

$$I = I_o \exp (-\mu x) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.1)$$

I_o คือ ปริมาณรังสีก่อนผ่านตัวกลาง

I คือ ปริมาณรังสีหลังผ่านตัวกลาง

x คือ ความหนาของตัวกลาง

μ คือ สัมประสิทธิการลดพลังงานเชิงเส้น (Linear Attenuation Coefficient) ซึ่งเกิดจากอันตรกิริยาต่างๆได้แก่ โฟโตอิเลคทริค เอฟเฟคท์ คอมป์ตัน เอฟเฟคท์ และแพร์ โปรดัคชั่น อันตรกิริยาเหล่านี้จะมีโอกาสเกิดได้มากน้อยขึ้นกับพลังงานและชนิดของวัสดุตัวกลาง

2.2.2 อันตรกิริยาของรังสีแกมมากับตัวกลาง (10)

อันตรกิริยาของรังสีแกมมากับตัวกลางที่เคลื่อนผ่านทำให้รังสีแกมมาสูญเสียพลังงานในตัวกลางเกิดขึ้นได้ 3 แบบดังนี้

2.2.2.1 โฟโตอิเลคทริค เอฟเฟคท์ (Photoelectric effect)

เป็นอันตรกิริยาที่รังสีแกมมาชนกับอิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอมที่เป็นตัวกลางแล้วถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนนั้นหมด ผลคือรังสีหายไปและอิเล็กตรอนหลุดออกมานอกอะตอม อันตรกิริยาแบบนี้เกิดขึ้นได้ดีในช่วงที่รังสีแกมมามีพลังงานต่ำ คือ 0.5 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ลงมา อันตรกิริยานี้ก่อให้เกิดสัมประสิทธิ์การลดพลังงานแบบโฟโตอิเลคทริค (τ).

2.2.2.2 คอมป์ตัน เอฟเฟคท์ (Compton effect)

เป็นอันตรกิริยาที่รังสีแกมมาชนกับอิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอมที่เป็นตัวกลางแล้วถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนบางส่วน ผลคือรังสีมีพลังงานลดลงและอิเล็กตรอนกระเจิงออกมานอกอะตอมทำมุมซึ่งกันและกัน การลดพลังงานบางส่วนด้วยอันตรกิริยานี้ก่อให้เกิดสัมประสิทธิ์การลดพลังงานแบบคอมป์ตัน (σ)

2.2.2.3 แพร์ โปรดัคชั่น (Pair production effect)

เป็นอันตรกิริยาที่รังสีแกมมาพลังงาน 1.022 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ขึ้นไปวิ่งผ่านอะตอมที่เป็นตัวกลาง แล้วเกิดอันตรกิริยากับสนามไฟฟ้าของอะตอมสลายตัวให้อิเลคตรอนประจุบวกและอิเล็กตรอนประจุลบ หลังจากนั้นอิเล็กตรอนประจุบวกและ

อิเล็กตรอนประจุรวมตัวกันกลายเป็น รังสีแกมมา 2 ตัวแต่ละตัวมีพลังงาน 0.511 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ ทำมุมตรงข้ามกัน การลดพลังงานบางส่วนด้วยอันตรกิริยานี้ก่อให้เกิดสัมประสิทธิ์การลดพลังงานแบบแพร์โปรดัคชั่น (K)

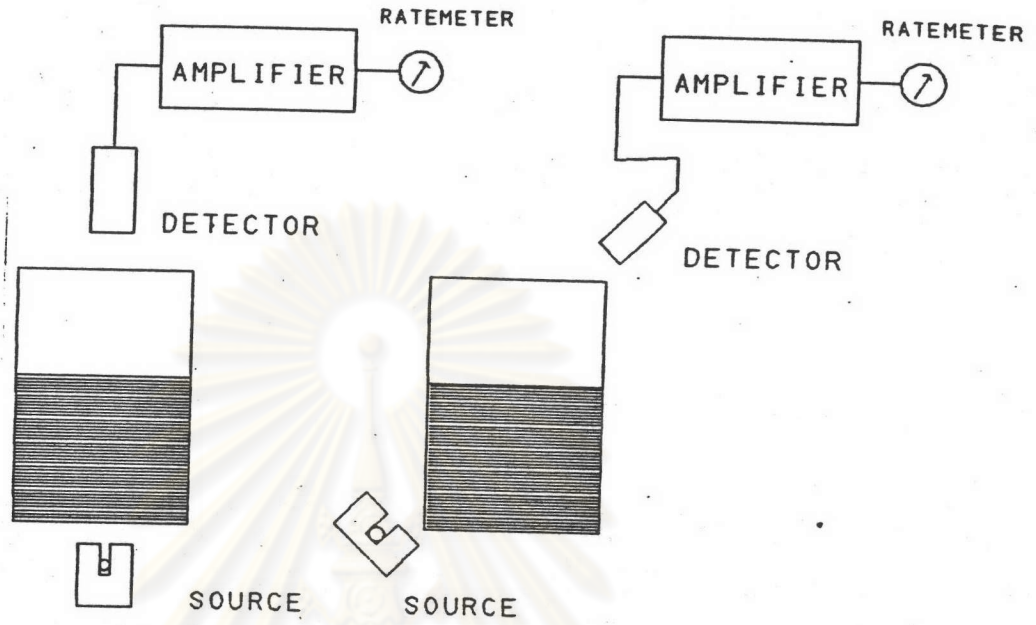
อันตรกิริยาทั้ง 3 แบบ สามารถเขียนเป็นผลรวมของสัมประสิทธิ์การดูดกลืนพลังงาน (Total absorption coefficient) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในการลดความเข้มของรังสีแบบเอกซ์โปเนนเชียลได้ดังสมการที่ 2.2

$$\mu = \tau + \sigma + K \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.2)$$

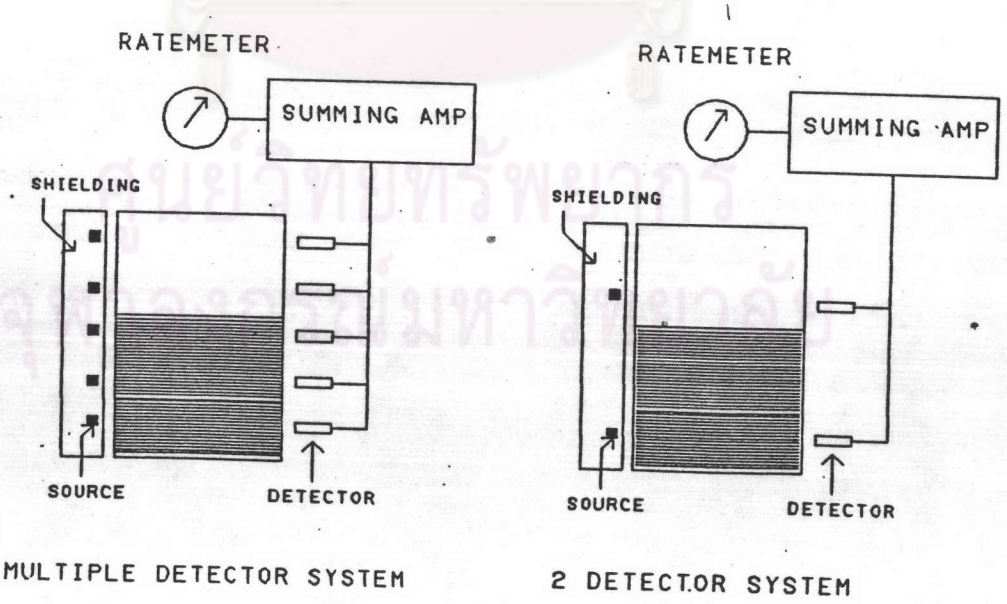
2.2.3 การจัดระบบวัดระดับด้วยวิธีส่งผ่านรังสีแกมมา

การจัดวางตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสีและระบบวัดนิวเคลียร์ในการวัดระดับของเหลวและควบคุมความต่างระดับสามารถจัดได้หลายแบบขึ้นกับลักษณะของภาชนะตลอดจนการใช้งานการจัดวางตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสีและระบบวัดนิวเคลียร์ที่นิยมใช้กันมากมีอยู่ 2 ลักษณะดังแสดง ในรูปที่ 2.1 และ 2.2 ซึ่งเป็นการวัดระดับแบบต่อเนื่องและวัดระดับเฉพาะระดับที่ต้องการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 การจัดวางตำแหน่งระบบวัดระดับของเหลวในถังแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 2.2 การจัดวางตำแหน่งระบบวัดระดับของเหลวในถังด้านข้างเฉพาะระดับ

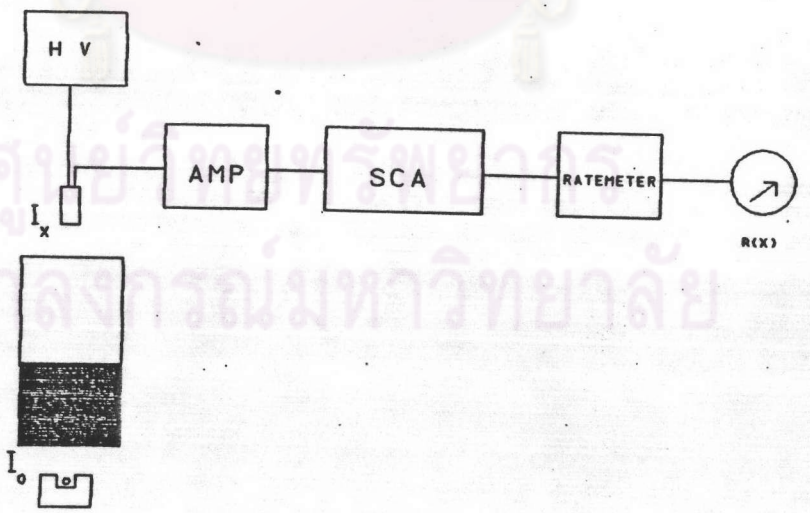
ในรูปที่ 2.1 เป็นการจัดวางตำแหน่งระบบวัดระดับในแนวตั้งให้สามารถวัดระดับของเหลวได้หลายระดับอย่างต่อเนื่องโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสี 1 ชุดในรูปที่ 2.2 เป็นการจัดวางตำแหน่งระบบวัดระดับของเหลวเฉพาะระดับ แต่ละระดับใช้ต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสี 1 ชุด เมื่อต้องการวัดและควบคุมหลายระดับจะต้องใช้ต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีตามจำนวนที่ต้องการสามารถเลือกควบคุมระดับได้เช่นเดียวกัน

2.3 การควบคุมระดับของเหลวด้วยเทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา

การควบคุมระดับของเหลวด้วยเทคนิคการส่งผ่านรังสี อาศัยผลการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างระบบวัดนิวเคลียร์กับระบบควบคุม โดยที่ระบบวัดนิวเคลียร์ทำหน้าที่วัดปริมาณรังสีที่แปรเปลี่ยนสัมพันธ์กับระดับของเหลว ส่งผ่านสัญญาณให้กับระบบควบคุมเพื่อเปรียบเทียบกับระดับอ้างอิงที่ตั้งไว้ ผลการเปรียบเทียบระดับสัญญาณจากการวัดปริมาณรังสีและศักดาอ้างอิงจะส่งออกไปควบคุมวาล์วและเครื่องสูบที่จัดไว้

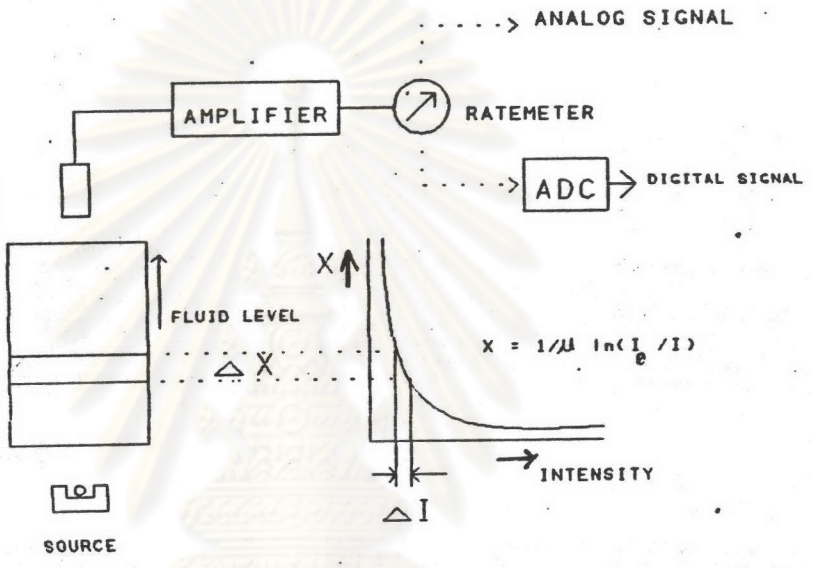
2.3.1 ระบบวัดนิวเคลียร์

ระบบวัดนิวเคลียร์ประกอบด้วยต้นกำเนิดรังสี หัววัดรังสี แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูงอุปกรณ์ขยายสัญญาณ อุปกรณ์วิเคราะห์พลังงานช่องเดียวและอุปกรณ์แสดงผล ซึ่งมีการจัดระบบให้เชื่อมโยงสัญญาณกันดังแผนภาพรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แผนภาพของระบบวัดนิวเคลียร์

จากแผนภาพที่ 2.3 หัววัดรังสีจะทำหน้าที่เปลี่ยนปริมาณรังสีที่วัดเป็นสัญญาณไฟฟ้า ป้อนให้อุปกรณ์ขยายสัญญาณทำการขยายและเปลี่ยนรูปสัญญาณให้อยู่ในรูปที่เหมาะสม แล้วส่งผ่านเข้าสู่ อุปกรณ์วิเคราะห์พลังงานช่องเดียวเพื่อเลือกวัดเฉพาะพลังงานที่ต้องการ เรทมิเตอร์เปลี่ยนรูปความเข้มรังสีให้อยู่ในรูปของระดับศักดาไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระดับของเหลว ในถังบรรจุการวัดระดับของเหลวเป็นการประยุกต์หลักการวัดความหนาของวัสดุตัวกลาง โดยที่ระดับของเหลวที่แปรเปลี่ยน เปรียบเสมือนความหนาของวัสดุที่แปรเปลี่ยนไปดังในรูปที่ 2.4



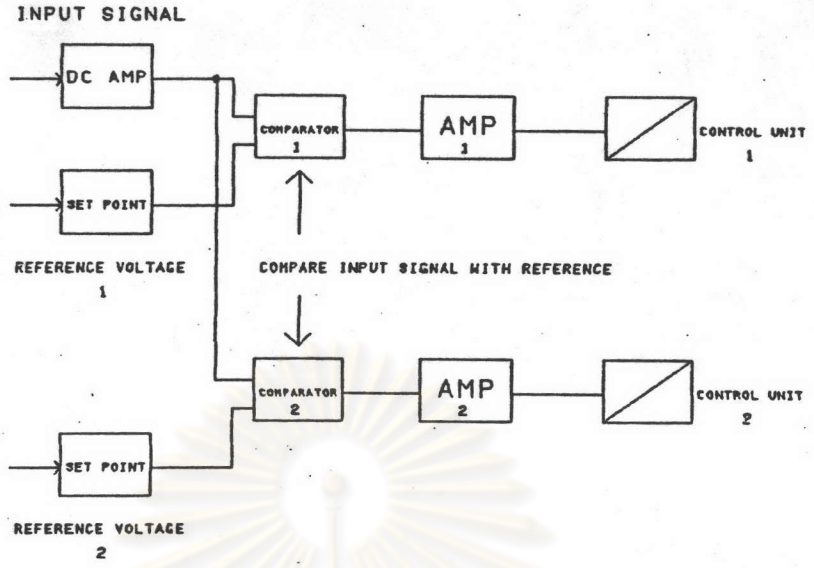
รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับของเหลวและปริมาณความเข้มรังสีจากระบบวัดระดับของเหลว

2.3.2 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมระดับของเหลวสามารถเชื่อมโยงกับระบบวัดนิวเคลียร์ได้ทั้ง แบบที่ใช้ฮาร์ดแวร์ล้วนและแบบที่มีศูนย์ประมวลผลกลาง

2.3.2.1 ระบบควบคุมที่ใช้ฮาร์ดแวร์ล้วน

มีหลักการทำงานโดยการรับสัญญาณเชิงเส้น (Analog signal) จากเรทมิเตอร์มาเปรียบเทียบกับศักดาไฟฟ้าอ้างอิง ตามเงื่อนไขแล้วผ่านสัญญาณที่ได้สู่วงจรเชื่อมโยง เพื่อควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เมื่อต้องการเพิ่มจุดวัดและควบคุมจะต้องเพิ่มชุดวงจรเปรียบเทียบตามจำนวนที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แผนภาพของระบบควบคุมที่ออกแบบโดยใช้ฮาร์ดแวร์ล้วน

ระบบควบคุมที่ออกแบบโดยฮาร์ดแวร์ล้วน เหมาะสำหรับงานที่ใช้กับระบบควบคุมเฉพาะงาน มีข้อจำกัดและข้อเสียในการใช้งานดังนี้

1 มีความยุ่งยากในการออกแบบตามความต้องการของผู้ใช้

2 ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นจำนวนมาก

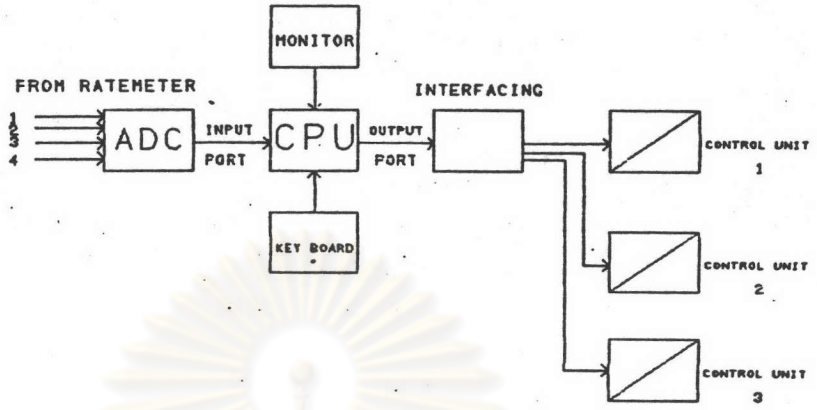
3 ทำงานเฉพาะอย่างตามเงื่อนไขการออกแบบแก้ไขขั้นตอนการทำงานเพิ่มเติมลำบาก

4 ไม่มีระบบการเก็บฐานข้อมูลของของเหลวที่ใช้งาน ทำให้ต้องมีการปรับเทียบของเหลวใหม่ทุกครั้ง เมื่อมีการเปลี่ยนของเหลวที่ใช้งาน

5 ไม่มีระบบรายงานผลทางจอภาพ

2.3.2.2 ระบบควบคุมที่มีศูนย์ประมวลผลกลาง

มีหลักการทำงานโดยการรับสัญญาณไฟฟ้าเชิงเส้นจากเรทมิเตอร์ผ่านเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณเชิงเส้นให้เป็นเชิงเลขเพื่อเปลี่ยนสัญญาณเชิงเส้นเป็นเชิงเลขป้อนให้ไมโครคอมพิวเตอร์ นำข้อมูลมาประมวลผลตามโปรแกรมที่จัดไว้ไมโครคอมพิวเตอร์ส่งผลการประมวลผลข้อมูลออกทางวงจรเชื่อมโยงควบคุมอุปกรณ์ภายนอกดังรูปที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลงแก้ไขระบบสามารถทำได้สะดวก โดยปรับปรุงโปรแกรมและระบบเชื่อมโยงสัญญาณเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 2.6 แผนภาพของระบบควบคุมที่ออกแบบโดยโดยมีศูนย์ประมวลผลกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย