

ความรู้เบื้องต้น

เรื่องการวัดและเครื่องมือวัด

สมนึก บุญพาไสว

1. บทนำ

การวัดเป็นเรื่องที่เรารู้กันมาแล้วตั้งแต่ชั้นประถม ดูเหมือนจะเป็นเรื่องง่าย ๆ สำหรับคนทั่วไป แต่เป็นเรื่องใหญ่สำหรับคนที่ทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

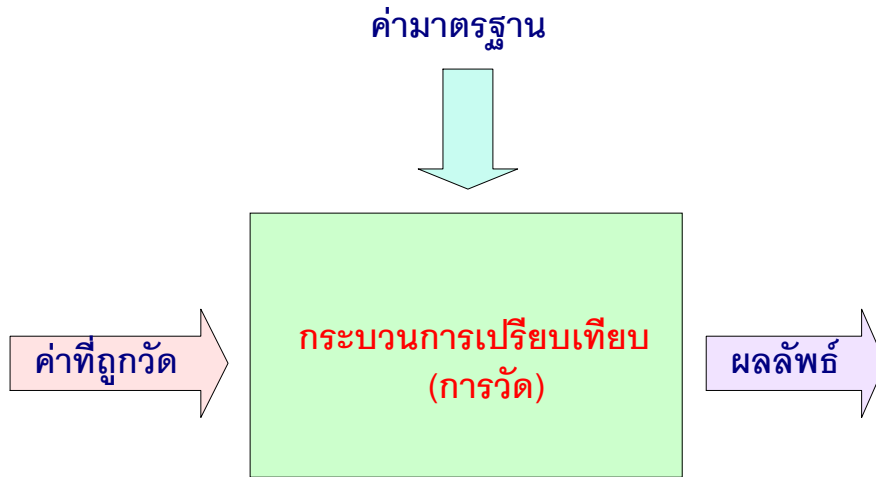
เครื่องมือวัดได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เพื่อให้การวัดมีความถูกต้อง ความเที่ยง ใช้ง่าย สะดวก และอ่านค่าได้รวดเร็ว

การวัดได้มีผู้นิยามว่าเป็นการแยกสัญญาณจากระบบหรือกระบวนการ สัญญาณที่แยกได้แทนพารามิเตอร์หรือตัวแปรสมรรถนะของระบบ ความสามารถในการควบคุมระบบจะดีขึ้นได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์การวัด ตัวอย่างที่ดีก็คือ ร่างกายของมนุษย์ มนุษย์รับรู้ว่าสารต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวได้โดยผ่านตัวรับรู้ เช่น ตา-มองเห็น จมูก-ได้กลิ่น หู-ได้ยิน ฯลฯ เป็นต้น สารจะถูกเปลี่ยนเป็นคลื่นไฟฟ้าและถูกส่งผ่านไปยังสมองซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลและตัดสินใจเคลื่อนไหว เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ สมรรถนะหรือประสิทธิภาพการทำงานจะลดลงเมื่อการรับรู้เลวลง เช่น ความสามารถในการขับรถลดลง เมื่อความสามารถในการมองเห็นลดลง หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าความสามารถของมนุษย์สามารถปรับปรุงขึ้นได้ ถ้าการรับรู้ได้รับการขยายขีดจำกัด

จุดประสงค์แรกของการวัดในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีคือ เพื่อแสดงค่าหรือแนวโน้มของตัวแปรบางตัว ซึ่งเป็นปริมาณทางกายภาพ ค่าหรือแนวโน้มนี้อ่านได้จากอุปกรณ์หรือเครื่องมือวัด คำถามพื้นฐานที่สำคัญก็คือ ค่าหรือแนวโน้มของปริมาณที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับค่าจริงอย่างไร หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าจะสร้างรูปแบบการวัดอย่างไร เพื่อให้การวัดแสดงผลข้อมูลได้ถูกต้องไม่คลุมเครือ จะใช้ระบบการวัดอย่างไรเพื่อให้นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรสามารถแปลผลข้อมูลที่ได้ออกมาได้อย่างง่าย ๆ และมีความมั่นใจในข้อมูลนั้น

2. กระบวนการวัดและความสำคัญของการวัด

กระบวนการวัดหรือการทำการวัดเป็นการเปรียบเทียบ ค่ามาตรฐาน(standard) กับค่าที่วัดได้(measurand) ซึ่งเป็นปริมาณทางกายภาพที่ถูกสังเกตและเป็นปริมาณที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการวัดแล้วได้ผลลัพธ์ออกมา แผนภูมิกระบวนการวัดแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หลักการเบื้องต้นของกระบวนการวัด

การวัดเป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับงานวิจัย ออกแบบ และพัฒนา การวัดยังเป็นส่วนประกอบหลักในกระบวนการควบคุม การทำงานในปัจจุบันยังต้องการการวัดสำหรับการตรวจสอบสมรรถนะที่ถูกต้อง เช่น โรงไฟฟ้าสมัยใหม่ ความเที่ยงตรงในระบบการผลิตทั้งหลาย โดยเฉพาะเครื่องจักรกลซีเอ็นซี อุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ปริมาณที่วัด เช่น อุณหภูมิ ความดัน อัตราไหล และแอมพลิจูดของการสั่น ซึ่งต้องคอยเฝ้าดูให้คงที่เพื่อความมั่นใจในสมรรถนะที่ถูกต้องของระบบ

การใช้เครื่องมือวัดในกระบวนการอุตสาหกรรม เครื่องจักรที่ทำงานอัตโนมัติ หุ่นยนต์ การควบคุมแบบต่าง ๆ และอุปกรณ์เกี่ยวกับความปลอดภัย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดในการวัด นอกจากนี้ระบบเครื่องมือวัดยังทำหน้าที่ขยายการรับรู้ของมนุษย์ การวัดมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อระบบการค้า เพราะราคาของสินค้า ตั้งอยู่บนพื้นฐานของจำนวนวัสดุ ค่าพลังงาน ค่าใช้จ่ายของเวลาและแรงงาน เงื่อนไขบังคับอื่น ๆ การวัดที่ถูกต้อง เที่ยงตรง และรวดเร็ว จะช่วยให้สามารถลดค่าใช้จ่ายดังกล่าวได้

3. มาตรฐานของการวัด

มาตรฐานของการวัดมีหลายแบบที่แตกต่างกันซึ่งสามารถจำแนกตามหน้าที่และชนิดของการประยุกต์ใช้

มาตรฐานนานาชาติ (International standards) เป็นอุปกรณ์ที่สร้างและออกแบบตามข้อกำหนดของการประชุมนานาชาติ อุปกรณ์เหล่านี้จะแสดงหน่วยของการวัดปริมาณทางกายภาพด้วยความถูกต้องสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยการใช้เทคนิคขั้นสูงในการผลิตและเทคโนโลยีการวัด อุปกรณ์เหล่านี้จะถูกเก็บรักษาโดย The international Bureau of Weights and Measures ในประเทศฝรั่งเศส ตัวอย่างเช่น กิโลกรัมต้นแบบนานาชาติ ความยาวคลื่นของ Kr^{86} หลอดสีส้มแดง และนาฬิกา cesium เป็นมาตรฐานนานาชาติสำหรับ มวล ความยาว และ

เวลา ตามลำดับ อย่างไรก็ตามมาตรฐานเหล่านี้ไม่มีให้ผู้ใช้ทั่ว ๆ ไปสำหรับสอบเทียบประจำวัน

มาตรฐานปฐมภูมิ (Primary standards) เป็นอุปกรณ์ที่เก็บรักษาโดยองค์กรมาตรฐานหรือห้องปฏิบัติการแห่งชาติ ในส่วนต่าง ๆ ของโลก อุปกรณ์เหล่านี้จะแสดงปริมาณหลักมูล ปริมาณอนุพันธ์ และถูกปรับเทียบอย่างอิสระโดยการวัดสัมบูรณ์ หน้าที่หลักอย่างหนึ่งของการเก็บรักษาค่ามาตรฐานปฐมภูมิ คือ เพื่อการสอบเทียบ หรือ ตรวจสอบ และรับรองมาตรฐานทุติยภูมิ มาตรฐานปฐมภูมิเหล่านี้หายากสำหรับผู้ใช้ทั่ว ๆ ไปที่ต้องการสอบเทียบมาตรฐานชิ้นงาน

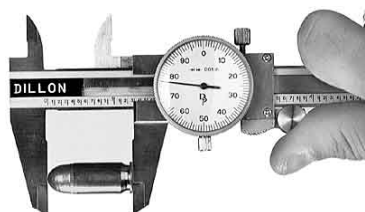
มาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary standards) เป็นมาตรฐานอ้างอิงพื้นฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ งานวิจัย งานวัดอุตสาหกรรม อุปกรณ์มาตรฐานเหล่านี้ถูกเก็บรักษาไว้ในห้องปฏิบัติการ หน้าที่สำคัญอย่างหนึ่งของห้องปฏิบัติการคือ รักษาและสอบเทียบมาตรฐานทุติยภูมิกับค่ามาตรฐานปฐมภูมิของห้องปฏิบัติการ/องค์กรมาตรฐานแห่งชาติเป็นระยะ มาตรฐานทุติยภูมิเป็นสิ่งที่ผู้ใช้ทั่ว ๆ ไปสามารถหามาใช้เพื่อตรวจสอบหรือวัดปริมาณทางกายภาพ

4. วิธีการเบื้องต้นของการวัด

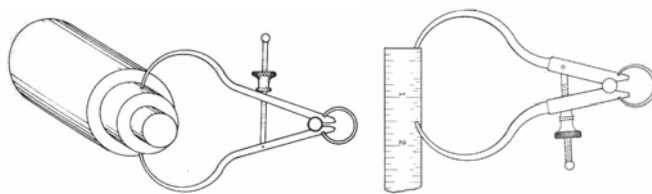
การวัดมีวิธีการพื้นฐาน 2 วิธี คือ

1. การเปรียบเทียบโดยตรง (Direct comparison) เป็นการเปรียบเทียบค่าที่วัดกับค่ามาตรฐานปฐมภูมิ หรือ ค่ามาตรฐานทุติยภูมิ เช่น การใช้ตลับเมตรวัดความยาวของโต๊ะ ตลับเมตรถือเป็นค่ามาตรฐานทุติยภูมิ เพราะตลับเมตรที่ใช้ยอมไม่ใช้ตลับเมตรอันแรกที่ใช้เปรียบเทียบความยาวกับความยาวคลื่นแสง

2. การเปรียบเทียบโดยอ้อม (Indirect comparison) การวัดแบบนี้ไม่ได้ใช้ค่ามาตรฐานเปรียบเทียบโดยตรง เช่นใช้อุปกรณ์ที่ไม่มีเสกวัดขนาดชิ้นงานก่อนแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน การวัดปริมาณที่เกินความสามารถของประสาทสัมผัสของมนุษย์ที่จะรับรู้ได้ เป็นการเปรียบเทียบที่ผ่านระบบการปรับเทียบ (Calibration system) ก็เป็นการเปรียบเทียบโดยอ้อม วิธีการนี้ ใช้อุปกรณ์รับรู้ส่งผ่านสัญญาณที่เชื่อมต่อกันเป็นระบบการวัด อุปกรณ์เหล่านี้จะทำหน้าที่แปลงผันปริมาณพื้นฐานที่วัดเป็นสัญญาณอะนาลอก จากนั้นก็แสดงออกมาในรูปของการกระจัดของตัวชี้ หรือตัวเลข การประมวลผลสัญญาณที่วัดได้อาจทำได้หลายรูปแบบ ในปัจจุบันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ช่วยให้ระบบการวัดทำได้สะดวกและง่ายขึ้น



รูปที่ 2 ก. การวัดโดยตรง

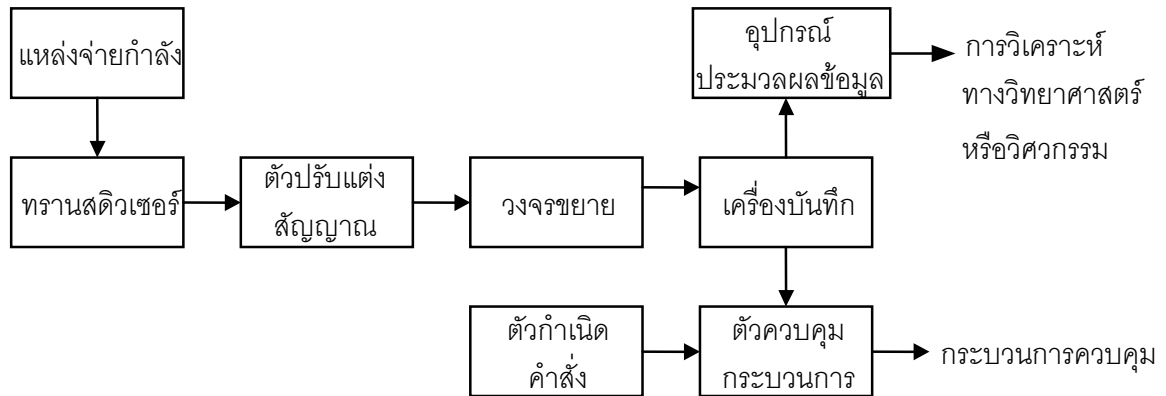


ข. การวัดโดยอ้อม

ระบบเครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นระบบที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยี สารกึ่งตัวนำได้มีความก้าวหน้าอย่างมาก และได้นำมาพัฒนาเป็น ตัวรับรู้ (Sensor) และทรานสดิวเซอร์ (Transducer)

5. ระบบเครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์

ระบบเครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สมบูรณ์โดยทั่ว ๆ ไปประกอบด้วยส่วนย่อยอย่างน้อย 6 ส่วน ใน 8 ส่วน ดังแสดง ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมแสดงระบบเครื่องมือวัดอิเล็กทรอนิกส์

ทรานสดิวเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการเปลี่ยนแปลงปริมาณทางกล หรือ ปริมาณทางความร้อนเป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณที่สามารถวัดค่าได้ เช่นปริมาณทางไฟฟ้า

แหล่งจ่ายกำลัง (Power supply) เป็นอุปกรณ์จ่ายพลังงานให้กับส่วนต่าง ๆ ของระบบ เครื่องมือวัด

วงจรปรับแต่งสัญญาณ (Signal conditioners หรือ Conditioning circuits) เป็นวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่ปรับแต่งสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์ ให้มีปริมาณทางไฟฟ้ามากพอที่จะนำไปใช้งานได้ เช่น Wheatstone bridge, Filters, Compensators ฯลฯ

วงจรรขยาย (Amplifier) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ ใช้ในระบบที่แรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่ส่งออกจากทรานสดิวเซอร์ หรือ วงจรปรับแต่งสัญญาณ มีปริมาณน้อย (ขนาด mV หรือ น้อยกว่า)

เครื่องบันทึก (Recorder) เป็นอุปกรณ์วัดแรงดันไฟฟ้า ใช้แสดงผลในรูปแบบที่สามารถอ่านและแปลผลได้ อาจเป็นแบบอะนาลอก หรือ ดิจิตอล

อุปกรณ์ประมวลผลข้อมูล (Data processor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับระบบเครื่องมือวัด ทำงานร่วมกับ ตัวแปลงผันสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to digital converters ,

ADC) ทำให้สัญญาณออก (Output signal) อยู่ในรูปของรหัสดิจิทัล จากนั้นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลจะทำการประมวลผลข้อมูล และแสดงผลออกมาเป็นกราฟ หรือตาราง

ตัวกำเนิดคำสั่ง (Command generator) ทำหน้าที่ผลิตแรงดันไฟฟ้าควบคุมที่ใช้แทนการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ที่สำคัญ ในกระบวนการที่กำหนดให้

ตัวควบคุมกระบวนการ (Process controller) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจสอบและปรับแต่งปริมาณใด ๆ ที่ต้องการรักษาไว้ที่ค่าเฉพาะค่าหนึ่งเพื่อผลิตวัสดุ หรือผลิตภัณฑ์ ในกระบวนการที่ถูกควบคุมให้เป็นไปตามความต้องการ

6. ความถูกต้อง ความผิดพลาด และความไม่แน่นอน

ความถูกต้อง (Accuracy) ของระบบการวัดสามารถประมาณได้ในระหว่างการเปรียบเทียบเครื่องมือวัด สมมติว่ารู้ค่าที่แท้จริงของอินพุต เราสามารถบอกความถูกต้องของเอาต์พุตจากการวัดได้ ความถูกต้องของระบบการวัดหมายถึงความสามารถของระบบที่แสดงผลลัพธ์ของการวัดได้อย่างถูกต้อง ความถูกต้องสัมพันธ์กับค่า**ความผิดพลาด** (Error, e) โดยที่

$$e = \text{ค่าที่วัดได้} - \text{ค่าที่แท้จริง}$$

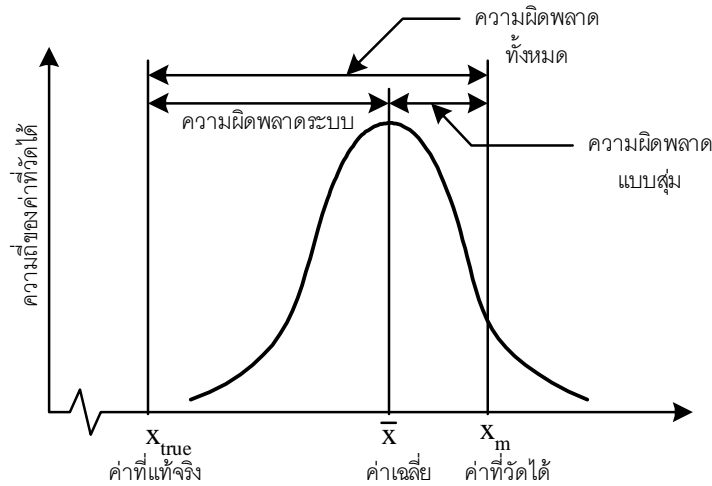
เราได้นิยามการวัดว่าเป็นกระบวนการเปรียบเทียบเพื่อกำหนดค่าของตัวแปรทางกายภาพ และความผิดพลาดคือ ผลต่างของค่าที่วัดได้ของตัวแปรกับค่าแท้จริง แต่การวัดค่าตัวแปรในกระบวนการต่าง ๆ นั้นเราไม่มีทางรู้ค่าที่แท้จริงของตัวแปรนั้นคือไม่มีทางรู้ค่าผิดพลาดที่แท้จริง ดังนั้นเราจะใช้การประมาณความผิดพลาดที่เป็นไปได้ในการวัดเพื่อหาขอบเขตของความผิดพลาดที่แท้จริง ค่าประมาณนี้เรียกว่า **ความไม่แน่นอน** (Uncertainty) ของค่าที่วัดได้

สิ่งที่สำคัญที่เราต้องจำไว้คือ ทุก ๆ การวัดไม่ว่าจะวัดโดยวิศวกรหรือนักวิทยาศาสตร์จะต้องมีความผิดพลาดเกิดขึ้น และความผิดพลาดนี้จะอยู่ตลอดไป ไม่เคยมีและจะไม่มีกรณีที่มีคนวัดตัวแปรและได้รับค่าที่แท้จริงของตัวแปรนั้น

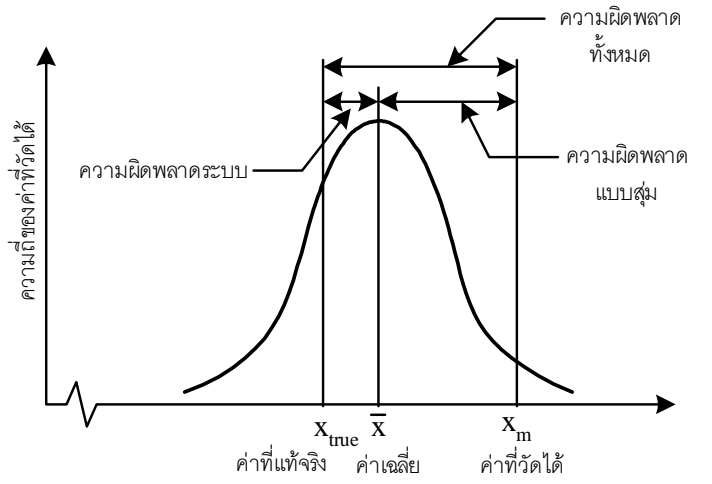
เมื่อใดก็ตามที่ทำการวัด แหล่งกำเนิดของความผิดพลาดจะถูกวมเข้าไปเป็นส่วนประกอบของผลลัพธ์ที่เป็นตัวไม่ทราบค่า ถ้าการวัดทำซ้ำภายใต้เงื่อนไขการทำงานที่คงที่ผลลัพธ์ที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงหรือเบี่ยงเบนในรูปแบบที่ไม่แน่นอน นั้นหมายความว่าส่วนประกอบของความผิดพลาดที่ถูกวมเข้าไปในการวัดครั้งที่ 2 จะไม่มีความสัมพันธ์กับส่วนประกอบของความผิดพลาดในครั้งแรก ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้เรียกว่า **ความผิดพลาดแบบสุ่ม** สำหรับการวัดที่กระทำต่อเนื่อง ในการวัดแต่ละครั้งมีความผิดพลาดแบบสุ่มเป็นส่วนประกอบที่รวมเข้าไปในผลการวัด แต่ไม่มีส่วนประกอบใดที่มีความสัมพันธ์กันที่สามารถนำไปทำนายผลการวัดครั้งต่อ ๆ ไปได้ โดยการใช้ความรู้เกี่ยวกับความผิดพลาดในการวัดครั้งก่อน ๆ ความผิดพลาดแบบสุ่มสามารถลดลงได้เมื่อเพิ่มจำนวนการวัดให้มากขึ้น

ความผิดพลาดซึ่งเกิดขึ้นโดยมีความสม่ำเสมอและประมาณคงเดิม ในการวัดค่าของปริมาณเดียวกันซ้ำ ๆ กัน ซึ่งอาจ เกิดจากสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความสั่นสะเทือน

ความดัน สัญญาณรบกวนที่ปนมากับแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น และส่งผลต่อการทำงานของเครื่องมือวัด หรือจากตัวเครื่องมือวัดเอง เช่น ความผิดของกลไกการทำงานในเครื่องมือวัด ที่มีกลไกเป็นส่วนประกอบ ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำลดลงเนื่องจากการใช้งาน หรือคุณสมบัติประจำตัวเป็นต้น ความผิดพลาดในลักษณะดังกล่าวเราเรียกว่า **ความผิดพลาดระบบ** ความผิดพลาดระบบจะคงที่ไม่สามารถทำให้ลดลงได้ด้วยการเพิ่มจำนวนครั้งของการวัด



ก.



ข.

รูปที่ 4

ความผิดพลาดเหล่านี้ถึงแม้จะทราบแหล่งที่ก่อให้เกิดอยู่บ้าง แต่การหาปริมาณความผิดพลาดแน่นอนจากแต่ละแหล่งเป็นเรื่องที่ยากมาก ถึงแม้ผลรวมความผิดพลาดทั้งหมดมีความเป็นไปได้ที่มีค่าสม่ำเสมอ แต่ความผิดพลาดจากแต่ละแหล่งจะไม่ส่งผลความผิดพลาดอย่างสม่ำเสมอ ความผิดพลาดระบบเป็นค่าคงตัวสำหรับช่วงของการทดลอง และมีผลต่อทุก ๆ การวัดของตัวแปรด้วยปริมาณที่เท่ากัน เราไม่สามารถสังเกตความผิดพลาดระบบในข้อมูลการวัดได้

แต่สำหรับระบบการวัดที่ได้มีการตั้งเป้าไว้แล้ว ผู้วัดจะสังเกตเห็นความผิดพลาดระบบ (เช่น การวัดเพื่อทดสอบเทียบเครื่องมือวัด) จำไว้ว่าผู้ทำการทดลองจะไม่เห็นเป้าหมายของการทดลอง แต่สมมติว่าเป้าหมายที่ต้องการคือค่าเฉลี่ยของการวัด

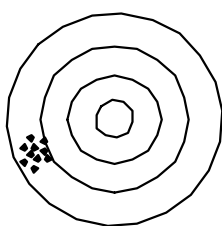
ความผิดพลาดนิยามว่าเป็นความแตกต่างระหว่างค่าที่แท้จริงของพารามิเตอร์ที่ถูกรวัด และค่าที่วัดได้ ในเมื่อเราไม่เคยรู้ค่าที่แท้จริง เราจึงไม่เคยรู้ความผิดพลาด ถ้าเรารู้ความผิดพลาดเราจะสามารถแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องได้ นั่นคือเหตุผลหลักที่ต้องปรับเทียบเครื่องมือวัด ในการวัดค่าปริมาณในกระบวนการ ความผิดพลาดเป็นตัวไม่ทราบค่าและเราไม่สามารถทราบค่าได้ สิ่งที่ต้องการต่อไปคือการประมาณความถูกต้องหรือความไม่แน่นอนของการอ้างถึงความผิดพลาด ความผิดพลาดในค่าคงตัวปรับเทียบเป็นตัวไม่ทราบค่า แต่ความไม่แน่นอนเป็นการประมาณขีดจำกัดหรือขอบเขตของความผิดพลาด ด้วยระดับความเชื่อมั่นค่าหนึ่ง

ดังนั้นความไม่แน่นอนคือการประมาณขอบเขตของความผิดพลาดซึ่งเราคาดว่าความผิดพลาดจะอยู่ในช่วงนั้น ภายใต้ ชุดของเงื่อนไขที่กำหนดให้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการวัด **ความไม่แน่นอนไม่ใช่ความผิดพลาดเป็นเพียงการประมาณขอบเขตของความผิดพลาดเท่านั้น**

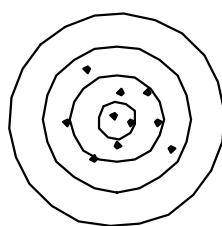
7. ความเที่ยง

ความเที่ยง (Precision) หรือความสามารถในการวัดซ้ำได้ (Repeatability) ของระบบการวัดหมายถึง ความสามารถ ของระบบในการอ่านค่าเฉพาะได้ซ้ำ ๆ โดยเป็นอิสระจากการป้อนค่าเฉพาะของอินพุต ความผิดพลาดความเที่ยงหรือความผิดพลาดแบบสุ่ม (Precision or random error) เป็นการวัดความแปรปรวนแบบสุ่มที่คาดหวังในระหว่างการทดลองวัดซ้ำ

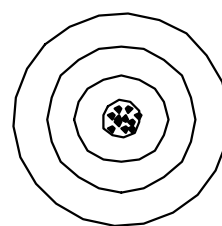
แนวคิดของความเที่ยง ความถูกต้อง ความผิดพลาดแบบสุ่มและความผิดพลาดระบบ ในการวัดสามารถแสดงได้ โดยการยิงเป้า ดังแสดงในรูปที่ 5 เมื่อเป้าหมายคือวงกลมใจกลางเป้า จุดดำคือตำแหน่งที่เป้าถูกยิง



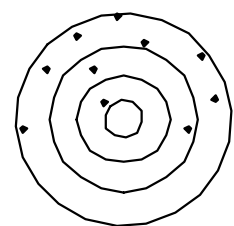
ก) ความเที่ยงสูง
ความถูกต้องต่ำ



ข) ความถูกต้องเฉลี่ยดี
ความเที่ยงต่ำ



ค) ความถูกต้องสูง
ความเที่ยงสูง



ง) ความถูกต้องต่ำ
ความเที่ยงต่ำ

รูปที่ 5 แสดงระดับความถูกต้องและความเที่ยง

รูปที่ 5 ก) กระสุนทั้งหมดเข้าเป้าเป็นบริเวณแคบ ๆ แต่ห่างจากวงกลมใจกลางเป้าแสดงว่า มีความเที่ยงสูง แต่มีความถูกต้องต่ำ มีความผิดพลาดแบบสุ่มต่ำ แต่ความผิดพลาดระบบสูง

รูปที่ 5 ข) กระสุนกระจายอยู่รอบ ๆ ใจกลางเป้า แสดงถึงค่าเฉลี่ยความถูกต้องดี แต่ความเที่ยงค่อนข้างต่ำ ความผิดพลาดแบบสุ่มและความผิดพลาดระบบต่ำ

รูปที่ 5 ค) กระสุนทั้งหมดเข้าวงกลมใจกลางเป้ามีการกระจายของรอยกระสุนเล็กน้อย แสดงถึงมีความเที่ยงสูง ความถูกต้องสูง ความผิดพลาดแบบสุ่มต่ำ และความผิดพลาดระบบต่ำ

รูปที่ 5 ง) การกระจายของรอยกระสุนมาก แสดงถึงความเที่ยงต่ำ ความถูกต้องต่ำ ความผิดพลาดระบบและความผิดพลาดแบบสุ่มสูง

8. ความผิดพลาดในกระบวนการวัด

ความผิดพลาดส่วนใหญ่สามารถจัดได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. ความผิดพลาดระบบ หรือความผิดพลาดไปแอส (Systematic, bias error) ได้แก่

- ความผิดพลาดสอบเทียบ (Calibration error)
- ความผิดพลาดภาระ (Load error)
- ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของเครื่องมือ
- ขีดจำกัดของความละเอียดของระบบ

2. ความผิดพลาดความเที่ยงหรือความผิดพลาดแบบสุ่ม (Precision, or random error)

ได้แก่

- ความผิดพลาดของผู้ใช้
- ความผิดพลาดเนื่องจากอุปกรณ์ถูกรบกวน
- ความผิดพลาดเนื่องจากสภาวะแวดล้อมการวัดไม่คงที่
- ความผิดพลาดเนื่องจากความไวของระบบการวัดไม่เพียงพอ

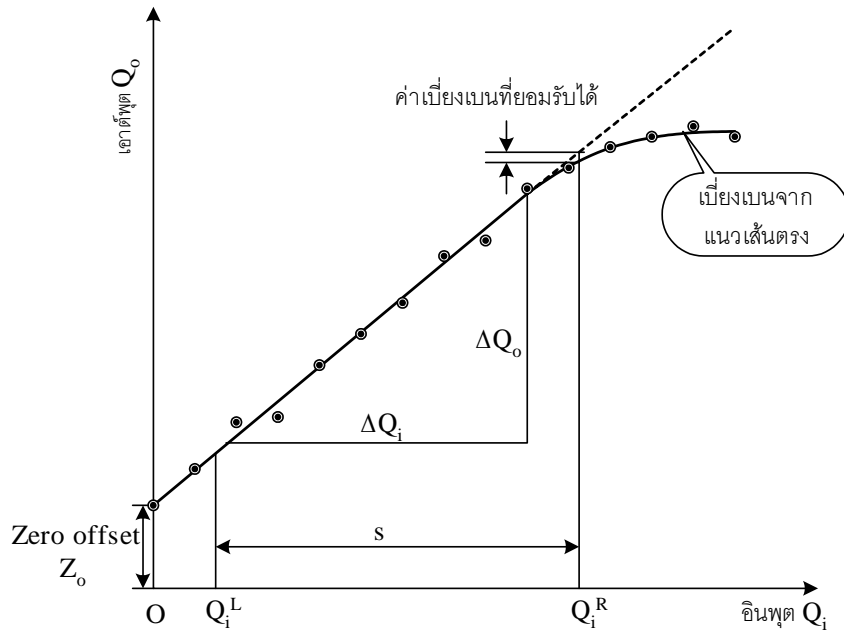
ระบบเครื่องมือวัดที่ออกแบบดีนั้นจะจำกัดค่าความผิดพลาดให้น้อยที่สุดซึ่งจะต้องอยู่ภายใต้ขอบเขตที่ยอมรับได้ โดยค่าที่วัดได้นั้นจะมีความเที่ยงตรง ในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมหรือการควบคุมกระบวนการ ความผิดพลาดสามารถเกิดขึ้นได้จากสาเหตุต่อไปนี้

8.1 การสะสมความผิดพลาดที่ยอมรับได้ในแต่ละส่วนของระบบ

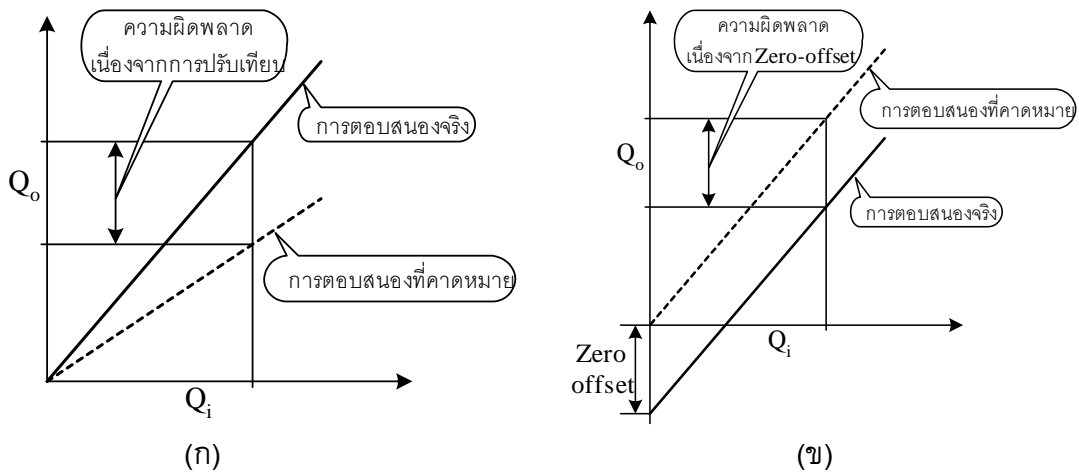
อุปกรณ์ทุกตัวในระบบเครื่องมือวัดจะมีความถูกต้องในขอบเขตที่จำกัด ซึ่งผู้ผลิตจะระบุไว้ เช่น เครื่องบันทึกสัญญาณมีความถูกต้อง 2% ของค่าเต็มสเกล ดังนั้นเมื่อนำเครื่องบันทึกสัญญาณนี้ไปใช้งานจึงต้องอยู่ในช่วงการวัดที่ให้ ความถูกต้องที่กำหนด เครื่องมือวัดที่มีความถูกต้อง 2% สามารถให้ค่าความผิดพลาดได้มากกว่า 2% หรือเกิด ความไม่แน่นอนในการวัดถ้านำไปใช้นอกช่วงจำกัดที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

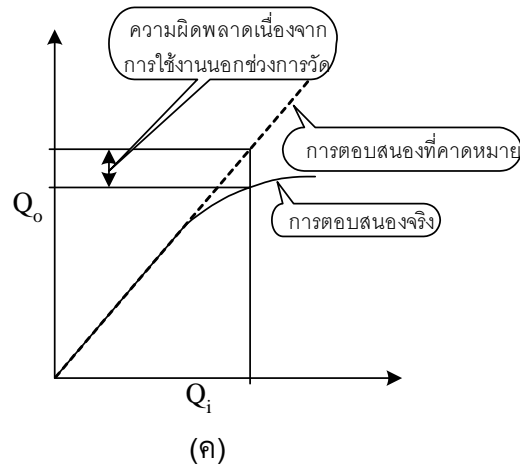
8.2 การทำหน้าที่ไม่ถูกต้องของเครื่องมือวัด

สาเหตุของการทำหน้าที่ไม่ถูกต้องของเครื่องมือวัด เนื่องมาจากอุปกรณ์แต่ละส่วนของเครื่องมือวัดไม่ได้รับการดูแลและบำรุงรักษาตามระยะเวลาที่ผู้ผลิตกำหนด ไม่ได้รับการสอบเทียบ (Calibration) อย่างสม่ำเสมอ หรือไม่มีการปรับค่าเอาต์พุตให้เป็นศูนย์เมื่ออินพุตเป็นศูนย์ (Zero offset) หรือใช้เครื่องมือนอกช่วงการวัด (Span) ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้



รูปที่ 6



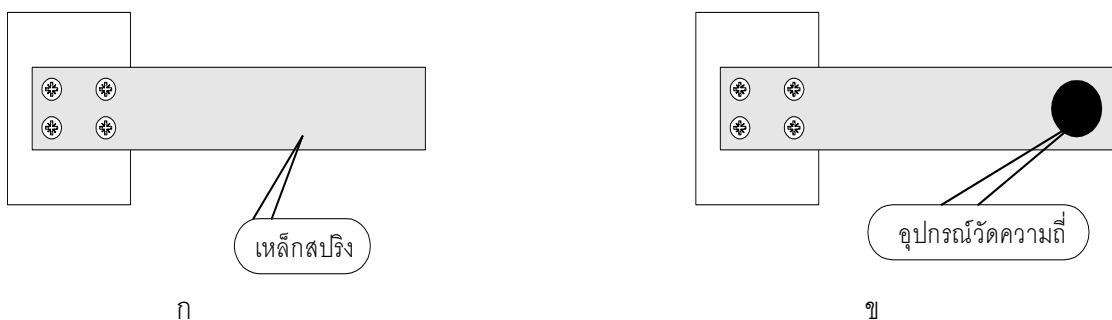


รูปที่ 7 แสดงความผิดพลาดซึ่งเป็นผลของ (ก) การปรับเทียบ (ข) Zero- offset และ (ค) การใช้งานผิดช่วง

8.3 ผลของการติดตั้งทรานสดิวเซอร์บนกระบวนการ

การเลือกและการติดตั้งทรานสดิวเซอร์ในกระบวนการนั้นจะต้องไม่เกิดผลกระทบหรือทำให้กระบวนการเปลี่ยนไป ไม่เช่นนั้นแล้วจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้น และการวัดจะไม่มีคามหมายหรือนำไปสู่ความผิดพลาด ในการวัดส่วนมากขนาดและน้ำหนักของทรานสดิวเซอร์ควรจะเล็กกว่าขนาดและน้ำหนักของส่วนประกอบที่ต้องการวัด หรือกระบวนการ และในขณะเดียวกันทรานสดิวเซอร์ควรใช้แรงหรือพลังงานจากกระบวนการเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ทำงานได้ โดยไม่มีผลต่อกระบวนการ

ตัวอย่างความผิดพลาดที่เกิดจากทรานสดิวเซอร์ พิจารณาการวัดความถี่จากการสั่นของเหล็กสปริง ดังรูปที่ 8 ความถี่ของเหล็กสปริงนี้ขึ้นอยู่กับค่าคงตัวของสปริงและมวลของเหล็กสปริง เมื่อนำอุปกรณ์วัดความถี่ไปติดตั้งบนเหล็กสปริง จะทำให้มวลรวมของเหล็กสปริงเปลี่ยนไป และการกระจายมวลบนแผ่นเหล็กสปริงไม่สม่ำเสมอ มีผลให้ความถี่ที่อุปกรณ์วัดได้ผิดพลาดไปจากความถี่ที่แท้จริง



รูปที่ 8 ความถี่ของเหล็กสปริงที่วัดได้จะมีความผิดพลาด เมื่อมวลของอุปกรณ์ที่ติดตั้งมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับมวลของเหล็กสปริง

อีกตัวอย่างหนึ่งเช่นการต่อมาตรวัดทางไฟฟ้าเข้ากับวงจรโดยมาตรวัดนั้นเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของวงจร และใช้พลังงานส่วนหนึ่งในวงจรในการแสดงค่า ดังรูปที่ 9

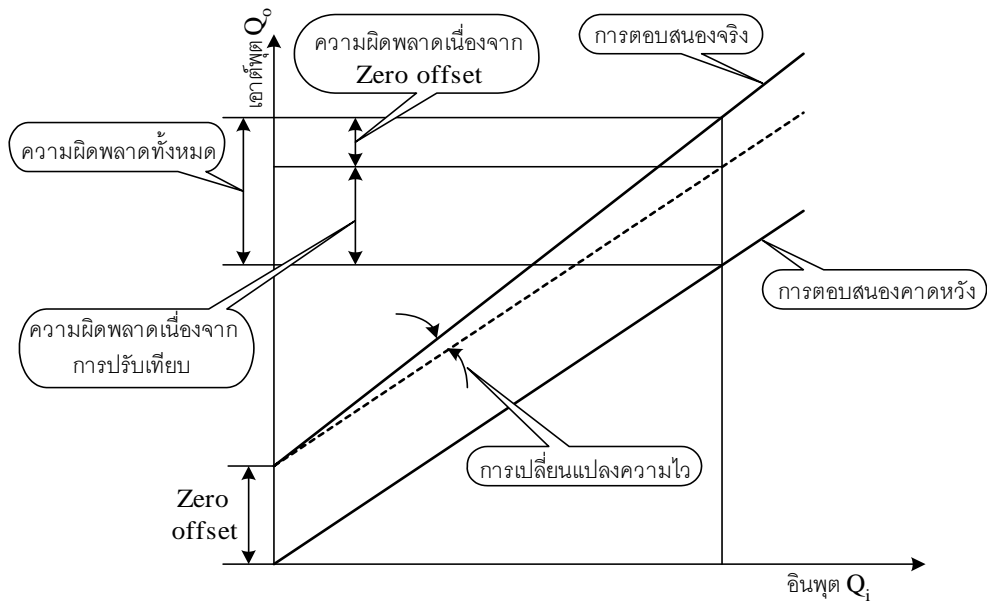


รูปที่ 9 กระแสที่ไหลในวงจร (ก) จะมีค่ามากกว่ากระแสในวงจร (ข) เนื่องจากกระแสส่วนหนึ่งถูกมาตรวัดกระแสใช้ไป

8.4 ความผิดพลาดเนื่องจากความไวคู่

ตามปกติแล้วทรานสดิวเซอร์จะถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการวัดปริมาณอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เช่น วัดความดัน หรือวัดแรง อย่างไรก็ตามตัวทรานสดิวเซอร์อาจมีความไวต่อปริมาณอื่นด้วย เช่น อุณหภูมิ หรือความเร่ง ถ้านำทรานสดิวเซอร์ไปวัดปริมาณบางอย่าง เช่น ความดัน ในกระบวนการที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ก็สามารถเกิดความผิดพลาดขึ้นได้จากความไวคู่ คือทรานสดิวเซอร์วัดปริมาณสองปริมาณในเวลาเดียวกัน ผลของความไวคู่แสดงดังรูปที่ 9 จากรูปจะเห็นว่า ความผิดพลาด 2 อย่างเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณทั้งสองมีผลทำให้ทรานสดิวเซอร์ หรือเครื่องมือวัดเปลี่ยนแปลง พร้อมกันในช่วงของการวัด ความผิดพลาดอย่างแรกคือ เลื่อนศูนย์ (Zero shift) เป็นผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณที่ 2 หลังจากที่ได้ทำการปรับศูนย์เพื่อทำการวัดปริมาณที่ 1 แล้ว ความผิดพลาดอย่างที่สองคือ การเปลี่ยนความไวของทรานสดิวเซอร์ ความไวของเครื่องมือวัดจะเป็นความไวรวมของปริมาณทั้งสอง ความผิดพลาดทั้งสองจะมีความสำคัญต่อ ทรานสดิวเซอร์ที่ได้รับการออกแบบไม่ดี

ในบางการทดลองปริมาณที่สองเปลี่ยนเป็นฟังก์ชันของเวลา ในกรณีนี้ Zero offset และความไวก็จะเปลี่ยนเป็น ฟังก์ชันของเวลาด้วย การเปลี่ยนแปลง Zero offset หมายถึง การไหลเลื่อนศูนย์ (Zero drift) และการเปลี่ยนแปลงความไว เรียกว่า การไหลเลื่อนความไว (Sensitivity drift)



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงในการตอบสนองของเครื่องมือวัดเนื่องจากผลของความไวคู่

8.5 ความผิดพลาดเนื่องจากแหล่งอื่น ๆ

แหล่งกำเนิดความผิดพลาดอื่น ๆ ที่สำคัญได้แก่

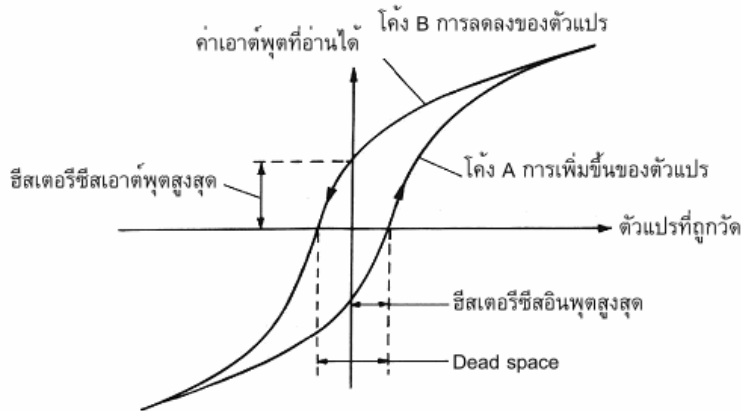
-สายต่อหรือสายไฟ (Lead wire) ความต้านทานของสายต่อจะมีผลทำให้เกิดการลดทอน สัญญาณที่มา จากทรานสดิวเซอร์

-สัญญาณรบกวน (Noise) ส่วนใหญ่เกิดจากแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งหลายซึ่งสายต่อจะเป็นตัวเก็บสัญญาณรบกวนเหล่านี้

-ตัวผู้วัดเอง ผู้วัดจะต้องบันทึกความไวของแต่ละส่วนของระบบเครื่องมือวัดให้ถูกต้อง และต้องทำการปรับศูนย์ในแต่ละส่วนให้ถูกต้อง และสุดท้ายต้องอ่านค่าจากตัวแสดงผลให้ถูกต้อง

9 ฮีสเทอรีซิส

ฮีสเทอรีซิส (Hysteresis) เป็นปรากฏการณ์ที่เอาต์พุตที่ได้ในขณะที่เพิ่มอินพุตขึ้น กับเอาต์พุตในขณะที่ลดอินพุตลง (อินพุตมีค่าเดียวกัน) มีค่าไม่เท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 11 ฮีสเทอรีซิสเป็นลักษณะเฉพาะของเครื่องมือวัดบางประเภทซึ่งมีผลต่อความถูกต้องและความเที่ยงของเครื่องมือวัด



10. บทสรุป

งานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ต้องใช้ข้อมูลจากการวัดโดยใช้เครื่องมือวัดจะถูกต้องหรือผิดพลาดขึ้นอยู่กับความรู้ความเข้าใจอย่างดีของผู้ใช้เครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ นับตั้งแต่วิธีการใช้จนถึงการจดบันทึกตัวเลขที่ได้จากการวัด ผู้ที่ทำการวัดปริมาณทางกายภาพจะต้องรู้ว่าอะไรบางอย่างอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าที่ได้จากการวัดมีความคลาดเคลื่อน และต้องหาวิธีที่จะทำให้ความคลาดเคลื่อนในการวัดครั้งนั้นมีน้อยที่สุด เป็นไปไม่ได้ที่จะสามารถวัดปริมาณที่ไม่ทราบค่าได้ถูกต้องเพราะเราไม่เคยรู้เลยว่าปริมาณที่กำลังวัดอยู่นั้นมีค่าที่แท้จริงเป็นเท่าไร นั่นหมายความว่าเราไม่เคยรู้ค่าความผิดพลาดในการวัด สิ่งที่ได้จากการวัดคือค่าเฉลี่ยจากการวัดหลาย ๆ ครั้ง บวกกับความไม่แน่นอนซึ่งก็คือขอบเขตของค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการวัดครั้งนั้น

เอกสารอ้างอิง

B C Nakra and K K Chaudhry, Instrumentation Measurement and Analysis, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 1991.

Beckwith, T. G., Marangoni, R. D. and Lienhard V, J. H., Mechanical Measurements, 5th ed., Addison Wesley Publishing Company, Reading, 1993.

Dally, J. W., Riley. W. F., and Mcconnell, K. G., Instrumentation for Engineering Measurement, 2nd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, 1993.

Dieck, Ronald H., Measurement Uncertainty Methods and Application, 2nd ed., Instrument Society of America, Research Triangle Park, 1997

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

