

โดย นายจามิกร ชาญสุวรรณ เจ้าหน้าที่งานสรรพสามิตชำนาญงาน ประจำ บ.พีทีที ฟีนอล จำกัด

**KM : Knowledge Management** การจัดการความรู้ หมายถึง การรวบรวมองค์ความรู้ที่มีอยู่ในองค์กรซึ่งกระจัดกระจายอยู่ในตัวบุคคล หรือเอกสาร มาพัฒนาให้เป็นระบบ เพื่อให้ทุกคนในองค์กรสามารถเข้าถึงความรู้ และพัฒนาตนเองให้เป็นผู้รู้ รวมทั้งปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หัวข้อ : **การสอบเทียบเครื่องมือวัด (Instrument Calibration)** คืออะไร

คือ การเปรียบเทียบค่ากันระหว่างสองเครื่องมือวัด โดยเครื่องมือที่ต้องการสอบเทียบ (ในที่นี้จะกล่าวถึงโฟลมิเตอร์ : Flow Meter) จะถูกเทียบกับเครื่องทดสอบ Prover Tank/ Master Meter/ Compact Prover ที่มีความละเอียดแม่นยำสูง (มีมาตรฐานอ้างอิง) ภายใต้สภาวะที่ควบคุม ทำการสอบเทียบด้วยของเหลวตัวกลางที่ปกติใช้มาตรวัดซื้อขายดังกล่าว วัดปริมาณที่อัตราการไหลรับ-จ่าย รวมทั้งความดันและอุณหภูมิปกติ ที่มาตรวัดซื้อขายทำงานจริง เพื่อตรวจสอบว่าอุปกรณ์ซึ่งตัววัดเหล่านั้นมีความถูกต้องหรือไม่ และสามารถสอบกลับไปสู่ค่าอ้างอิงมาตรฐานได้ เราจะเรียกเครื่องมือที่เป็นตัวเปรียบเทียบนี้ว่า “เครื่องมือสอบเทียบ / เครื่องทดสอบ / เครื่องมือวัดอ้างอิง”

**ทำไมต้องสอบเทียบเครื่องมือวัด**

- ตามคำแนะนำของผู้ผลิต
- เครื่องมือวัดเกิดขัดข้อง เช่นระบบไฟฟ้า ระบบอิเล็กทรอนิกส์
- ตามกำหนดระยะของหน่วยงานกำกับ/ควบคุม/ตรวจสอบ (Annually, Quarterly, Monthly)

**องค์ประกอบของการสอบเทียบเครื่องมือวัด**

องค์ประกอบของการสอบเทียบเครื่องมือวัด ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ISO/IEC 17025

ประกอบด้วย 4 ส่วนใหญ่ ๆ คือ เครื่องมือวัดอ้างอิง (Reference Standards Equipment) ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ (Laboratory) บุคลากรผู้ทำหน้าที่ในการสอบเทียบ (Personnel) และวิธีการสอบเทียบ (Method) ปัจจุบันมีวิธีการสอบเทียบมีหลายมาตรฐานใช้ในการอ้างอิง เช่นวิธีการสอบเทียบตามมาตรฐาน ISO, ASTM, API, AGA, DIN, MID และ JIS เป็นต้น

## เครื่องมือสอบเทียบ / เครื่องทดสอบ / เครื่องมือวัดอ้างอิง



Proving / Prover Tank (ระบบเปิด)



Master Meter (ระบบปิด)



Pipe Prover (High Volume)



Compact Prover หรือ Small Volume Prover (SVP)

**\*\* การเลือกเครื่องมือทดสอบ วิธีทดสอบขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของมาตรวัด ผลิตภัณฑ์ที่จะสอบเทียบ**  
สถานที่ ปัจจัยภายนอกต่างๆ ต้องได้รับความเห็นชอบร่วมกันจากทุกๆฝ่าย โรงอุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐ

**ใน**อุตสาหกรรมปิโตรเลียม โรงอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน (Oil Refinery) และ โรงอุตสาหกรรมปิโตรเคมี (Petrochemical Complex) จัดเป็นโรงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ที่ใช้เม็ดเงินลงทุนจำนวนมาก มีการใช้เทคโนโลยีในระดับสูง มีการขนถ่าย การซื้อขายวัตถุดิบ (Raw Material) และผลิตภัณฑ์ (Product) ตลอดเวลา ทั้งในรูปแบบของเหลวและก๊าซ ระหว่างโรงอุตสาหกรรมด้วยกัน จาก โรงอุตสาหกรรมขั้นต้น (Upstream), โรงอุตสาหกรรมขั้นกลาง (Intermediate), โรงอุตสาหกรรมขั้นปลาย (Downstream) จากผู้ขายไปสู่ผู้ซื้อ อีกทั้งการนำไปใช้ในกระบวนการผลิต (production process) การส่งไปจัดเก็บในถังพัก (Run Down Tank) ดังนั้นตัวเลขทางด้านบัญชีจึงมีความสำคัญมาก หากความผิดพลาดเกิดขึ้นเพียง 0.1% ในการคำนวณของเครื่องมือวัดขณะขนส่งผ่านท่อขนาดใหญ่ นั้นอาจหมายถึงการสูญหายจำนวนหลักแสน หรือหลายล้านบาทต่อวัน

**การขนส่งปิโตรเลียม** นั้นมีทั้งทางบกและทางทะเล ทางบกจะมี 3 ทางคือ การขนส่งทางรถบรรทุก การขนส่งทางท่อ และทางรถไฟ ส่วนทางทะเลจะมีการขนส่งทางเรือ และทางท่อ

### เครื่องมือวัด (Instrument)

เครื่องมือวัด ที่มีความสำคัญในการถ่ายโอนในการซื้อขายน้ำมันผลิตภัณฑ์น้ำมัน ก๊าซ ของโรงอุตสาหกรรม จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำสูง เพื่อใช้ในการคำนวณราคามูลค่าของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ ใช้ในการคำนวณภาษีสรรพสามิต และเพื่อตรวจสอบการรั่วไหล (Leak) การแตกต่าง (Diff) การสูญหายการได้เปรียบ (Loss/Gain) และความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy)

### มาตรวัด (Flow Meter)

คำว่า Flow Meter มาจากคำว่า flow (การไหล) + Meter (มาตรวัด, เครื่องวัด) แปลได้ว่า เครื่องมือวัดอัตราการไหล

มาตรวัดเป็นเครื่องมือวัดของไหล แบ่งตามการใช้งานในทางอุตสาหกรรมน้ำมัน ได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ

1. มาตรวัดการไหลที่ใช้ในการซื้อขาย การคำนวณจัดเก็บภาษี Custody Transfer Measurement (class 1) หรือ Custody Transfer Type จะมีความแม่นยำสูง
2. มาตรวัดการไหลที่ใช้ในกระบวนการผลิต Process Flow Measurement (class 2) หรือ Industrial Type โดยผลการวัดจะแสดงค่าเป็นปริมาตร (Volume) หรือ มวล (Mass) ก็ได้

### International Classification for Standards ของโพลมิเตอร์ Custody Transfer

| Class | Typical applications   | Required accuracy class | Reference     |
|-------|------------------------|-------------------------|---------------|
| 1     | Custody transfer       | class 0.5 or class 1.0  | This document |
| 2     | Allocation             | class 1.5               | This document |
| 3     | Utilities and process  |                         | ISO 17089-2   |
| 4     | Flare gas and vent gas |                         | ISO 17089-2   |

ภาพประกอบ : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:17089:-1:ed-2:v1:en>

**\*\* ส่วนเกณฑ์ในการพิจารณาของกรมสรรพสามิต (Permissible Limitation) สำหรับ Custody Transfer**

ค่า Repeatability = 0.05%    ค่า Accuracy = 0.01%

### ชุดมาตรวัด (Flow Metering Skid)



ภาพประกอบ : Jarmikorn Chansuwan

ชุดมาตรวัด (Flow Metering Skid) ในโรงอุตสาหกรรมน้ำมันนั้น จะประกอบไปด้วย **มาตรวัดอัตรา**  
**การไหล (Flow Meter)** **เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter)** **เครื่องวัดความดัน (Pressure**  
**Transmitter)** **เครื่องวัดความหนาแน่น (Densitometer)** และ **เครื่องโพลคอมพิวเตอร์/หรือ**  
**เครื่องประมวลผล (Flow Computer)** สำหรับเครื่องโพลคอมพิวเตอร์จะแยกออกมาติดตั้งภายในตัวอาคาร



มาตรวัดอัตราการไหล ชนิด Coriolis Flow Meter ในระยะสิบกว่าปีที่ผ่านมา ทั่วโลกเริ่มหันมาใช้มาตรวัดชนิด Coriolis และ Ultrasonic Flow Meter มากกว่าชนิดอื่น เช่น PD Meter, Turbine Meter มาตรวัด Coriolis นั้นสามารถอ่านค่าได้ทั้งชนิด Mass, Volume, Density และได้ทั้ง Liquid และ ก๊าซ และปรับค่า K-Factor ได้ตามความเหมาะสมกว่ามาตรวัดอื่น ส่วน Ultrasonic ใช้หลักการคลื่นอัลตราโซนิก



ภาพประกอบ : จามิกร ชาญสุวรรณ

เครื่องโพลคอมพิวเตอร์หรือเครื่องประมวลผล (Flow Computer) เมื่อติดตั้ง key Pad ออกมาด้านข้างจะมีปุ่ม Dip Switch/Enable และ Disable และที่ด้านหลังเครื่องโพลคอม จะต้องผนึกซีลสรุพสามิตเพื่อป้องกันการปรับแก้ไข (Adjust) โดยไม่ได้รับอนุญาต

## ขั้นตอนการสอบเทียบโพลมิเตอร์ด้วยเครื่องทดสอบ ชนิด Compact Prover

บริษัทผู้เชี่ยวชาญในการสอบเทียบ (Third Party) จะทำการติดตั้งเครื่องทดสอบชนิด Compact Prover หรือ Small Volume Prover (SVP) ที่โรงงาน ด้วยวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน API-MPMS Chapter 4 : Proving system , Section 3 : Compact prover

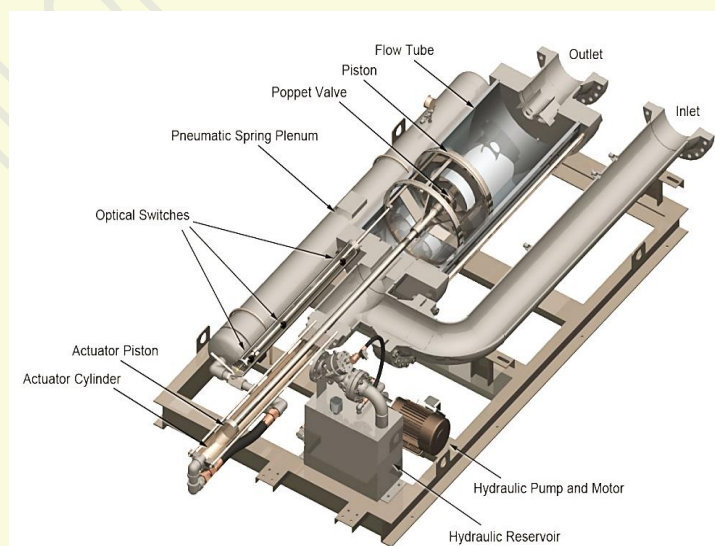
- ปิด Block Valve, drain ผลิตภัณฑ์ที่ค้างท่อทิ้ง, ต่อท่อทดสอบเข้ากับท่อ Line by pass



ภาพประกอบ : จามิกร ชาญสุวรรณ

- ของเหลว จะดันลูกสูบ piston ของตัว Compact Prover จากด้านหนึ่งไปด้านหนึ่ง โดยนำปริมาตรของตัวกระบอกสูบคำนวณกับเวลา จะทราบอัตราการไหล ( Flow rate) เทียบกับมิเตอร์ ทำการทดสอบ 5 run, run ละ 5 part (ลูกสูบ piston วิ่งไปกลับ 5 ครั้ง = 1 run)

**\*\* ขั้นตอนในการสอบเทียบเครื่องมือวัดโพลมิเตอร์ ในที่นี้คงอธิบายได้ไม่ครบขั้นตอน ซึ่งมีเนื้อหาและรายละเอียดค่อนข้างมาก จะมีอธิบายไว้ในตำรา EP.02 (Petroleum Gas Oil Petrochemical)**



ภายในเครื่องทดสอบ Compact Prover (cross section view)

ภาพประกอบ : <https://www.emerson.com/documents/automation/data-sheet-legacy-compact-prover-en-43910.pdf>

### เกณฑ์ในการพิจารณาของกรมสรรพสามิต (Permissible Limitation) ผลการสอบเทียบมาตรวัด

ค่าความแม่นยำของมาตรวัด (Accuracy) ไม่เกิน  $\pm 0.02\%$

ค่าการทำซ้ำของมาตรวัด (Repeatability) ไม่เกิน  $\pm 0.05\%$

**\*\* มาตรวัดที่ใช้กับผลิตภัณฑ์เอทานอล (Ethanol)**

ค่าความแม่นยำของมาตรวัด (Accuracy) ไม่เกิน  $\pm 0.5\%$

ค่าการทำซ้ำของมาตรวัด (Repeatability) ไม่เกิน  $\pm 0.05\%$  หรือตาม Meter Specification



ค่าชดเชย (ตัวคูณมิเตอร์) ปรับแก้ที่ Flow Computer

ภาพประกอบ : จามิกร ชาญสุวรรณ

**Meter Factor** คือ ค่าชดเชย (ตัวคูณมิเตอร์)

$$\text{Meter Factor} = \frac{\text{ปริมาตรที่อ่านได้จากตัวมาตรฐาน}}{\text{ปริมาตรที่อ่านได้จากมาตรวัด}}$$

**K-Factor** = อัตราส่วนระหว่างสัญญาณพัลส์ Pulse Output ต่อค่าน้ำหนัก (Pulse/mass) หรือ (Pulse/Volume) ปริมาตรจริง เช่น Pulse/kg, Pulse/Ton, Pulse/m<sup>3</sup>, Pulse/litre

เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม พัลส์ (Pulse=สัญญาณทางไฟฟ้า) ถูกใช้เป็นสัญญาณออก (Output) สำหรับการนับจำนวน หรือนับปริมาณในลักษณะของความถี่ (frequency) และตอบสนองได้รวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลง

**ความถี่ (frequency)** คือ จำนวนลูกคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งใดๆ ในหนึ่งหน่วย เวลา แทนด้วยสัญลักษณ์ มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที ( $s^{-1}$ ) หรือ เฮิรตซ์ (Hz)

**K-Factor new** = K-Factor old / M.F.

**K-Factor** = เป็นค่าประจำตัวของตัวมิเตอร์ คำนวณมาจากโรงงานผลิต ระบบอิเล็กทรอนิกส์

ถ้าเป็น Flow Meter รุ่นเก่าจะทำการปรับเพื่องดในการแก้ค่า k-factor

**REPEATABILITY** : ผลการปฏิบัติงานซ้ำๆ

ความสามารถในการทำซ้ำเป็นรากฐานของความแม่นยำ หากการทำซ้ำได้สูง แต่ไม่มีความแม่นยำ ก็ไม่สามารถมีความแม่นยำสูงได้

$$\% \text{ Repeatability} = \left\{ \frac{\text{Meter Factor (Max.)}}{\text{Meter Factor (Min.)}} - 1 \right\} \times 100$$

**ACCURACY** : ความแม่นยำ

ขีดความสามารถของอุปกรณ์เครื่องมือวัด แสดงค่าที่แท้จริงในการวัด ยิ่งเครื่องมือวัดมีความแม่นยำมากเท่าใด ราคา ก็จะยิ่งสูงมากขึ้น

$$\% \text{ Accuracy} = \left\{ \text{Meter Factor (Average)} - 1 \right\} \times 100$$

**\*\* สำหรับเครื่องทดสอบ แบบ Compact Prover ที่ใช้สอบเทียบมาตรวัด จะต้องได้รับการสอบเทียบของตัวมันเองด้วย โดยการควบคุมของ สำนักชั่งตวงวัด กรมการค้าภายใน 1 ครั้ง/ปี โดยทำการสอบเทียบกับถังตวงมาตรา \*\***

**\*\* ส่วนมาตรวัดผลิตภัณฑ์ก๊าซ (GAS) จะนำไปทดสอบที่ศูนย์ปฏิบัติการก๊าซ จ.ชลบุรีของ ปตท. มาตรฐาน American Gas Association (AGA) Report No.7 (การคำนวณและการติดตั้ง) สำหรับ Gas Turbine Meter, AGA No.3 สำหรับ Orifice Meter (Differential Meter), AGA No.9 สำหรับ Ultrasonic Flow Meter และ AGA No.11 สำหรับ Coriolis Flow Meter**

ในการสอบเทียบเครื่องมือวัดนั้น จะต้องคำนึงถึงสภาวะอ้างอิง (Reference Condition) และปัจจัยตัวแปรการแก้ไข (Correction Factors) ที่สำคัญเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยหลายตัว เพราะน้ำมันผลิตภัณฑ์น้ำมันในประเทศไทยเราเป็นประเทศเขตร้อน แต่ในการซื้อขายหรือการคำนวณภาษี เราอ้างอิงจากมาตรฐานของสถาบันเมืองนอกเป็นหลัก เช่น ASTM, API MPMS, AGA, OIML เป็นต้น

### สภาวะอ้างอิง (Reference Condition)

มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ *ความดันอ้างอิง (Reference Pressure)* และ *อุณหภูมิอ้างอิง (Reference Temperature)*

### ความดันอ้างอิง (Reference Pressure)

การกำหนดความดันอ้างอิงของของเหลวแต่ละชนิด มีความแตกต่างกัน

น้ำมันดิบ และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมสำเร็จรูป กำหนดความดันอ้างอิงมีค่าเท่ากับ ความดันบรรยากาศ 101.325 kPa หรือ 14.696 psia (0.0 psig)

( kPa : กิโลปาสกาล, psia = pounds-force per square inch absolute ความดันเกจรวมกับ ความดันบรรยากาศรอบๆ บริเวณนั้น, psig : แรงดันปอนด์/ตารางนิ้วที่ระดับน้ำทะเล)

### อุณหภูมิอ้างอิง (Reference Temperature)

ทั่วโลกในแต่ละประเทศทั้งเขตหนาวและเขตร้อน จะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก ในประเทศเขตนาวจะกำหนดอุณหภูมิอ้างอิงไว้ดังนี้

- ใน Eastern Bloc (ยุโรปตะวันออก โซเวียต โปแลนด์ เยอรมัน โรมาเนีย เซโกสโลวัก ฮังการี บัลแกเรีย และอัลบาเนีย), ประเทศบราซิล *อุณหภูมิอ้างอิง 20 C°*
- ในยุโรปตะวันตก (ออสเตรีย เบลเยียม ฝรั่งเศส ลักเซมเบิร์ก เนเธอร์แลนด์ สวิตเซอร์แลนด์ และสหราชอาณาจักร) *อุณหภูมิอ้างอิง 15 C°*
- ในสหรัฐอเมริกา (US Bbl) *อุณหภูมิอ้างอิง 60 F° (API Gravity)*
- ส่วนประเทศไทยเมืองร้อนจะกำหนด *อุณหภูมิอ้างอิง ไว้ที่ 30 C° เป็นตัวเลขกลมๆ*

## โชนตะวันตกจึงกำหนดสถานะอ้างอิง เพื่อให้เกิดความยุติธรรมในการซื้อขายและคำนวณปริมาตร

**International System (SI) Units** : ประเทศที่ใช้หน่วยวัดระบบ SI

Pressure : 14.696 psia (101.325 kPa)

Temperature : 59.0 °F (15.0 °C)

**United States Customary** (API MPMS Chapter 12-Section 2, 1995)

Pressure : 14.696 psia (101.325 kPa)

Temperature : 60.0 °F (15.56 °C)

**Thailand Only**

Pressure : 14.696 psia (101.325 kPa)

Temperature : 30 °C

## ปัจจัยตัวแปรการแก้ไข (Correction Factors)

ปัจจัยตัวแปรการแก้ไข ในการคำนวณหาค่าปริมาณในการวัด มี 6 ตัวสำคัญ จัดเป็นตัวแปรคูณ (Multipliers)

1. **Meter Factor** คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรจริงที่อ่านได้จากตัวมาตรฐาน กับปริมาตรที่อ่านได้จากเครื่องบันทึกที่ตัวมิเตอร์  
**Meter Factor** คือ ตัวคูณมาตรฐาน ในการปรับให้เครื่องคำนวณปริมาณการไหล (มาตรวัด) อ่านค่าปริมาณการไหลได้ถูกต้อง (ภายหลังการสอบเทียบ)  
**Meter Factor** เป็นตัวแปรที่ไม่มีหน่วย ถูกใช้เพื่อทำการแก้ไขปรับค่าปริมาตร ที่แสดงโดยมาตรวัดไปเป็นค่าปริมาตรที่แท้จริง
2. **CTW** (Correction for the Effect of Temperature on Water)  
การแก้ไขค่าสำหรับอิทธิพลของอุณหภูมิมีผลต่อน้ำ
3. **CTL** (Correction for the Effect of Temperature on a Liquid)  
การแก้ไขค่าสำหรับอิทธิพลของอุณหภูมิมีผลต่อของเหลว
4. **CTS** (Correction for the Effect of Temperature on Steel)

การแก้ไขค่าสำหรับอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยมีผลต่อโลหะ

#### 5. CPS (Correction for the Effect of Pressure on Steel)

การแก้ไขค่าสำหรับอิทธิพลของความดันเฉลี่ยมีผลต่อโลหะ

#### 6. CPL (Correction for the Effect of Pressure on Liquid)

การแก้ไขค่าสำหรับอิทธิพลของความดันมีผลต่อของเหลว

ปัจจัยตัวแปรการแก้ไขต่างๆ ขึ้นอยู่กับเครื่องทดสอบด้วยว่าเป็นชนิดอะไร ระบบเปิดหรือปิด

ในรายละเอียดเชิงลึกนั้น ต้องขอคำแนะนำจากทางบริษัทที่รับสอบเทียบเครื่องมือวัด หรือ 3<sup>rd</sup> Party จะให้คำแนะนำต่างๆ ได้ครบถ้วน ถูกต้องแม่นยำมากที่สุด.

### Reference :

“Why Calibration of Your Measuring Instruments is Important”

<https://translate.google.com/translate?hl=th&sl=en&u=https://www.surecontrols.com/why-calibration-of-your-measuring-instruments-is-important/&prev=search&pto=aue>

<https://flowlabservice.co.th/2017/02/08/%e0%b8%97%e0%b8%b3%e0%b9%84%e0%b8%a1%e0%b8%95%e0%b9%89%e0%b8%ad%e0%b8%87%e0%b8%aa%e0%b8%ad%e0%b8%9a%e0%b9%80%e0%b8%97%e0%b8%b5%e0%b8%a2%e0%b8%9a/>

“ทำไมต้องสอบเทียบ ? Why need calibration?”

Flowlab & Service CO.,LTD

“เกร็ดความรู้ด้านการสอบเทียบ EP.1: Compact Prover”

<https://youtu.be/XnsDgKZncUE>

“Flow Meter Accuracy & Repeatability””

<https://www.bronkhorst.com/int/blog-1/flow-meter-accuracy-repeatability/>

“การปรับเทียบเครื่องมือวัดการไหล”

[http://www.thailandindustry.com/indust\\_newweb/articles\\_preview.php?cid=12533](http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.php?cid=12533)

“Water Draw Pipe Prover”

<https://www.intertek.com/petroleum/metering/water-draw-pipe-prover/>