



กรณีศึกษาความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันของก๊าซธรรมชาติ ในสถานีส่งจ่ายก๊าซธรรมชาติ

A Case Study on Measurement Errors of Turbine Flow Meters in Natural Gas Transmission Station

ปานพวงศ์ ศิริวัน¹ และ มาลี สันติคุณาภรณ์^{2*}

Panupong Siriwan¹ and Malee Santikunaporn^{2*}

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

¹ Master's Degree Student, Master of Engineering Program in Energy and Environmental Technology Management, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University

² รองศาสตราจารย์ ดร., ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

² Assoc. Prof., Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University

*Corresponding author, E-mail: smalee@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

การใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ (Natural Gas for Vehicles: NGV) มีการติดตั้งมิเตอร์สำหรับวัดปริมาณก๊าซ เช่น เครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล (Coriolis Flow Meter) และเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน (Turbine Flow Meter) ในสถานีส่งจ่ายก๊าซธรรมชาติเพื่อวัดปริมาณก๊าซที่ใช้ในการบริการ อย่างไรก็ตาม พบว่า ผลการวัดจากมิเตอร์ทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันเกินเกณฑ์ยอมรับ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นระหว่างลูกค้าและผู้ให้บริการ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแตกต่างของผลการวัดปริมาณก๊าซจากมิเตอร์ทั้งสองชนิด เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในการใช้งาน เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลการวัดจากสถานีก๊าซตัวอย่าง การสำรวจพื้นที่การใช้งานจริง และการศึกษาลักษณะการใช้งาน รวมถึงการวิเคราะห์หลักการวัดและการคำนวณปริมาณก๊าซจากมิเตอร์ทั้งสองชนิด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การใช้งานที่อัตราการไหลต่ำ (ต่ำกว่าค่ายอมรับของอุปกรณ์) และการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความดันอยู่ด้านหลังเครื่องมือวัด ส่งผลให้เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน วัดปริมาณก๊าซสูงกว่าเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล (เฉลี่ย 2.85%) นอกจากนี้ ความแตกต่างในหลักการวัดและตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณยังส่งผลให้ผลลัพธ์แตกต่างกัน และอัตราการไหลสูญเสียภายในระบบท่อที่สูงขึ้นจากการติดตั้งมิเตอร์ในตำแหน่งที่มีอุปกรณ์หลายชิ้น ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน มักให้ค่าปริมาณก๊าซที่สูงกว่าเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล การใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลจะเหมาะสมกว่าสำหรับการอ้างอิงการวัดปริมาณก๊าซของสถานีส่งจ่ายก๊าซธรรมชาติ



เพื่อแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนจากการวัดอัตราการไหลแบบกังหัน ควรพิจารณา เปลี่ยนขนาดของอุปกรณ์วัดให้เหมาะสมและพิจารณาปรับการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความดันให้อยู่ด้านหน้าของเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน เพื่อควบคุมให้ความดันในการวัดความดันขณะวัดคงที่

คำสำคัญ: การใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ, เครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล, เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน

Abstract

The use of natural gas as a fuel for vehicles (NGV) involves the installation of meters such as Coriolis flow meter and Turbine flow meter to measure gas volume at natural gas distribution stations. However, it has been found that the measurements from these two types of meter sometimes differ above acceptable limits, which affects the trust between customers and service providers. This research aims to investigate the factors influencing the discrepancies in gas volume measurements between the two types of meter, and therefore to improve confidence in their usage. The study begins by collecting measurement data from sample gas stations, surveying usage areas, and analyzing operational characteristics. It also examines the measurement principles and gas volume calculation methods of both meter types. The results reveal that using both meters at low flow rates and with sudden start-stop operations results in higher gas volumes readings from the Turbine flow meter than the Coriolis flow meter due to the inertia effect after stopping. Additionally, the differences in the measurement principles and the variables used in the calculations lead to differing results, where the higher flow losses within the pipe system due to the installation of meters with many fittings may affect the measurements. The study concludes that the Turbine flow meter tends to show higher gas volume readings than the Coriolis flow meter (average 2.85%), and therefore, the use of Coriolis flow meter is more suitable for referencing in gas volume measurements at NGV stations. To address the issue of measurement discrepancies in turbine flow meter readings, it is advisable to consider resizing the measurement device to better suit the application. Additionally, repositioning the pressure control equipment to be upstream of the Turbine flow meter should be taken into account. This adjustment helps maintain a stable pressure during the measurement process.

Keywords: NGV, Coriolis flow meter, Turbine flow meter



บทนำ

สถานีก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์เป็นสถานบริการที่จัดจำหน่ายก๊าซธรรมชาติเกิดจากการนำก๊าซธรรมชาติ ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน มาอัดจนมีความดันสูง ประมาณ 3,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว แล้วนำไปเก็บในถังบรรจุที่มีความแข็งแรงทนทานสูง เพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกใช้ทดแทนน้ำมันเบนซินหรือดีเซลในรถยนต์ เพราะมีราคาถูกกว่าและมีความปลอดภัยสูง (ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์, 2568) สถานีจะมีอุปกรณ์และเครื่องมือทันสมัยเพื่อรองรับการเติมก๊าซธรรมชาติให้กับยานยนต์อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย อุปกรณ์หลักประกอบด้วย เครื่องปั๊มก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ที่มีความสามารถในการจ่ายก๊าซธรรมชาติให้กับรถยนต์อย่างแม่นยำ ระบบการบีบอัดก๊าซเพื่อเพิ่มความดันของก๊าซสำหรับเก็บในถังน้ำมันรถยนต์ และระบบควบคุมและตรวจสอบการเติมก๊าซ ที่ตรวจจับปริมาณก๊าซที่เติมให้รู้แต่ละคัน พร้อมการควบคุมความปลอดภัยอย่างเข้มงวด เช่น การตรวจสอบการรั่วไหลของก๊าซและความดัน เพื่อป้องกันอันตรายจากอุบัติเหตุ

นอกจากนี้ยังมีระบบวัดและคำนวณปริมาณก๊าซของผู้ให้บริการ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนควบคุมและส่วนวัดปริมาตรก๊าซธรรมชาติ ที่ติดตั้งมิเตอร์ เช่น เครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล (Coriolis Flow Meter) และเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน (Turbine Flow Meter) เพื่อวัดปริมาณก๊าซที่เติมให้แก่วานยนต์ อย่างไรก็ตาม พบว่าผลการวัดจากมิเตอร์ทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันเกินเกณฑ์ยอมรับ (2%) ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นระหว่างลูกค้าและผู้ให้บริการ

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแตกต่างในการวัดปริมาณก๊าซจากมิเตอร์ทั้งสองชนิด โดยรวบรวมข้อมูลการวัดจากสถานีก๊าซตัวอย่างและวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความแตกต่าง รวมถึงการสำรวจพื้นที่การใช้งานจริง การวิเคราะห์ลักษณะการใช้งาน และการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการวัดและการคำนวณปริมาณก๊าซของมิเตอร์ทั้งสองชนิด รวมไปถึงการคำนวณความดันสูญเสียภายในระบบท่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

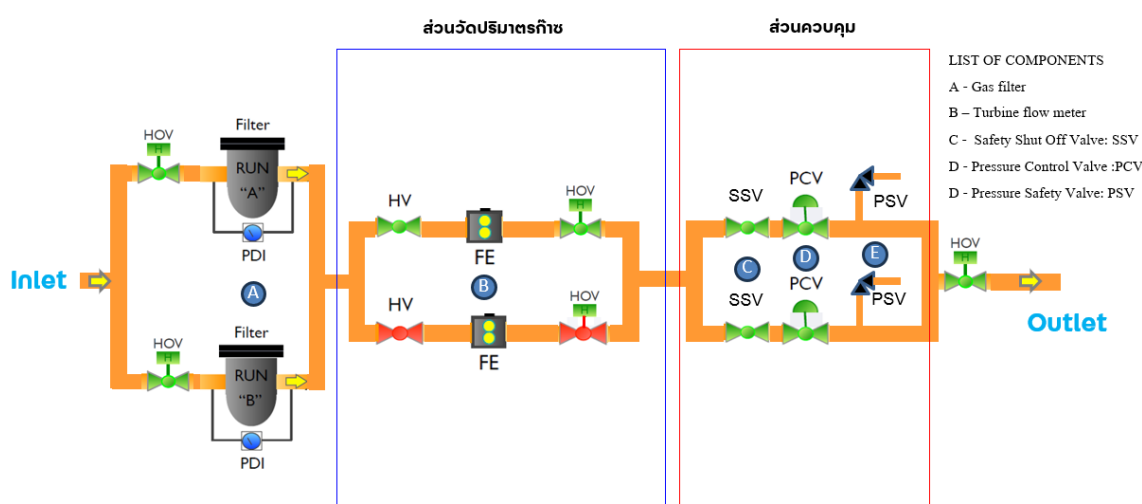
1. ศึกษาความแตกต่างของการวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติจากเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลและเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน
2. หาแนวทางหรือวิธีการเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาความแตกต่างจากการวัดปริมาณที่ได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล และเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) คือ ปิโตรเลียมชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมกันภายใต้ความร้อนหลายร้อยล้านปี และแรงกดดันมหาศาลจนแปรสภาพเป็นปิโตรเลียมที่อยู่ในสถานะก๊าซ ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน ประมาณร้อยละ 70 ขึ้นไป (NGR NATURAL GAS RETAIL, 2568)

สำหรับก๊าซธรรมชาติสำหรับรถยนต์ คือ รูปแบบของการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง สำหรับยานยนต์ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน เมื่อขนส่งก๊าซธรรมชาติมาทางท่อ จะส่งเข้าสถานีบริการ และเครื่องเพิ่มความดันก๊าซ ณ สถานีบริการจะรับก๊าซธรรมชาติที่มีความดันต่ำ จากระบบท่อมาอัดเพิ่มความดัน จากนั้นก็จะสามารถเติมใส่ถังเก็บก๊าซฯ ของรถยนต์ต่อไป

สถานีวัดและควบคุมความดัน (Metering and Regulation Station) ซึ่งสถานีก๊าซแบ่งเป็นสองส่วนหลัก คือ ส่วนควบคุม และส่วนวัดปริมาตรก๊าซ ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตัวอย่างแผนผังสถานีควบคุมและวัดปริมาตรก๊าซธรรมชาติ (MRS.)

สถานีก๊าซธรรมชาติประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ ดังนี้

(1) ไส้กรองก๊าซซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กรองฝุ่นหรือสิ่งสกปรกที่ติดมากับก๊าซในระบบท่อ โดยสามารถกรองฝุ่นขนาดที่ใหญ่กว่า 5 ไมโครเมตร (ประสิทธิภาพสูงถึง 98%) เพื่อให้มั่นใจได้ว่าไม่เกิดการสะสมของฝุ่นในระบบ และยังสามารถรักษาความสะอาดในระบบท่อได้ดีขึ้น

(2) อุปกรณ์ควบคุมความดันซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ลดความดันก๊าซให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยสามารถควบคุมและรักษาความดันให้คงที่ตามที่ต้องการ ซึ่งจะถูกตั้งค่าให้สอดคล้องกับสัญญาการซื้อขายก๊าซ โดยการลดความดันของอุปกรณ์ควบคุมความดัน ควรปรับให้ทำงานอยู่ในช่วง 20-80% ของความดันสูงสุดที่ใช้งาน (Maximum Operating Working Pressure)

(3) วาล์วนิรภัยแบบปิด (Safety Shut Off Valve: SSV) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการตัดก๊าซเพื่อป้องกันไม่ให้ความดันก๊าซด้านขาออก (Outlet) เกินกว่าค่าที่สามารถรับได้ของจุดใช้งาน เพื่อปกป้องระบบท่อก๊าซธรรมชาติ และอุปกรณ์ของลูกค้าเสียหาย

(4) วาล์วระบายความดัน (Pressure Safety Valve: PSV) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความดันของสถานีก๊าซธรรมชาติเมื่อความดันเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยวิธีการปล่อยสู่บรรยากาศ โดยสถานีก๊าซยังสามารถใช้งานได้ปกติ ซึ่งต่างกับวาล์วนิรภัยแบบปิด ซึ่งสถานีก๊าซธรรมชาติจะถูกตัดไม่สามารถใช้ก๊าซได้



(5) เครื่องมือวัดอัตราการไหล (Meter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณก๊าซธรรมชาติ สำหรับการซื้อขาย ซึ่งจะใช้เพื่อการบันทึก และตรวจสอบปริมาณก๊าซที่ถูกใช้งาน โดยชนิดของมิเตอร์ที่ใช้งานจะขึ้นอยู่กับหลักการตกลงกันในสัญญาซื้อขายก๊าซ โดยต้องมีค่าความแม่นยำ (Accuracy) เป็นไปตามมาตรฐาน และได้รับการสอบเทียบก่อนนำไปใช้งานและติดตั้ง

(6) อุปกรณ์คำนวณปริมาณก๊าซ ซึ่งเป็นชุดอุปกรณ์ใช้วัด และบันทึกปริมาณก๊าซในรูปแบบของข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งติดตั้งอยู่กับเครื่องมือวัดอัตราการไหล โดยรับสัญญาณจากตัวมิเตอร์แล้วนำมาคำนวณปริมาณก๊าซธรรมชาติร่วมกับองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ค่าความดันและค่าอุณหภูมิ เป็นต้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติ โดยส่วนใหญ่สถานีก๊าซจะติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการไหล 2 ชนิด คือเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล และเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน สำหรับใช้ในการวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติ

(1) เครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการไหลของมวลของของไหล โดยการวัดการเคลื่อนที่ของท่อที่เกิดจากผล Coriolis Effect ซึ่งเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลทำงานบนหลักการของแรงดึงดูดที่เรียกว่า “Coriolis Force” เมื่ออนุภาคของของไหลภายในวัตถุที่กำลังหมุนจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางไปทางหรือออกจากศูนย์กลางของการหมุน อนุภาคนั้นจะสร้างแรงเฉื่อย เรียกว่า “Coriolis Force” ที่กระทำต่อวัตถุทำให้เกิดการสั่นขึ้น ในกรณีของ เครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล วัตถุมีการสั่นจะเป็นท่อที่ของไหลไหลผ่าน (AGA11, 2013) โดยเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลสามารถวัดปริมาณได้แบบสองทิศทาง ซึ่งแรงเฉื่อยที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับอัตราการไหลของมวล โดยมีสมการแปลงอัตราการไหลที่วัดได้จาก เครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล ในหน่วยกิโลกรัม เป็นอัตราการไหลที่ สภาวะมาตรฐาน (ที่ความดันสัมบูรณ์ เท่ากับ 101.56 kPa และ อุณหภูมิ 288.7 K) ดังสมการที่ (1)

$$Q_b = \frac{Q_m}{G_r \times \rho_b} \quad (1)$$

โดยที่ Q_b คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน (m^3/hr), Q_m คือ อัตราการไหลเชิงมวลของก๊าซ (kg/hr), G_r คือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน, ρ_b คือความหนาแน่นของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน (kg/m^3)

(2) เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน เป็นมิเตอร์ที่วัดการไหลโดยการนับรอบการหมุนของโรเตอร์พร้อมใบพัดเมื่อมีของไหลไหลผ่าน ซึ่งจะหมุนตามสัดส่วนของความเร็วการไหลของก๊าซ (AGA7, 2006) ปริมาตรก๊าซจะวัดได้จากการนับจำนวนรอบการหมุนของโรเตอร์ โดยจำนวนรอบจะถูกถ่ายโอนไปยังการอ่านข้อมูลดิจิทัลหรือสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์เพื่อวัดความถี่ของการหมุนของใบพัดและแปลงเป็นปริมาณต่อไป สามารถแปลงเป็นปริมาณที่สภาวะมาตรฐานหรือสภาวะตามเงื่อนไขสัญญาโดยใช้อุปกรณ์เสริมในการแปลงปริมาณ โดยค่าความแม่นยำของการวัดปริมาณจากเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันมีค่าเท่ากับ $\pm 1.0\%$ ถึง $\pm 1.5 \%$ โดยมีสมการแปลงอัตราการไหลที่วัดได้จาก เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน ที่สภาวะการไหลจริง เป็นอัตราการไหลที่สภาวะมาตรฐาน ดังสมการที่ (2)

$$Q_b = Q_f \times \frac{P_f}{P_b} \times \frac{T_b}{T_f} \times \frac{Z_b}{Z_f} \quad (2)$$

โดยที่ Q_b คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน (m^3/hr), Q_f คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของก๊าซที่การไหลจริง (m^3/hr), P_b คือ ค่าความดันสัมบูรณ์ของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน (Pa), P_f คือ ค่าความดันสัมบูรณ์ของก๊าซที่การไหลจริง (Pa), T_b คือ ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน (K), T_f คือ ค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ของก๊าซที่การไหลจริง (K), Z_b สัมประสิทธิ์ความกดของก๊าซที่สภาวะมาตรฐาน, Z_f สัมประสิทธิ์ความกดของก๊าซที่การไหลจริง

วิธีดำเนินการวิจัย

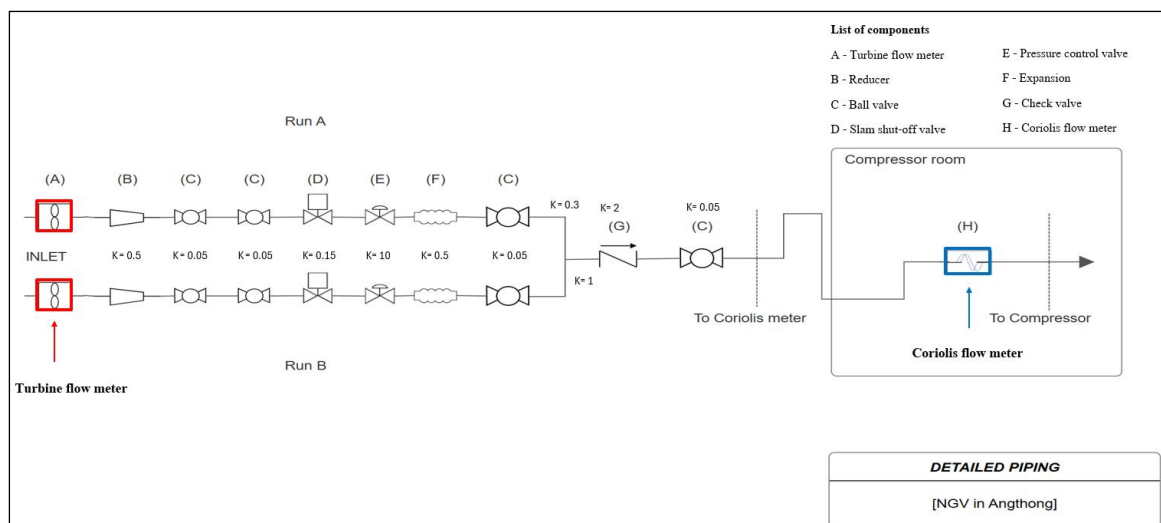
(1) รวบรวมข้อมูลการวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติของเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลและแบบกังหันจากสถานีก๊าซตัวอย่าง ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2567 – 30 มิถุนายน 2567

(2) ตรวจสอบสถานีก๊าซธรรมชาติ เข้าสำรวจพื้นที่และสังเกตลักษณะการใช้งานของสถานีก๊าซตัวอย่างดังภาพที่ 2 เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความแตกต่างของการวัดของเครื่องมือวัดอัตราการไหลทั้งสองชนิด



ภาพที่ 2 การเข้าสำรวจสถานีก๊าซธรรมชาติ

(3) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุของความแตกต่างของการวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติจากอุปกรณ์วัดทั้งสองชนิด รวมถึงการคำนวณความดันสูญเสียภายในระบบท่อ เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์การวัดที่แตกต่างกันและผ่านอุปกรณ์หลายชนิด ดังภาพที่ 3 ซึ่งเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันติดตั้งอยู่ด้านหน้าของเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล และระหว่างเครื่องมือวัดทั้งสอง ยังพบว่ามีอุปกรณ์หลายชนิดถูกติดตั้งอยู่ในระบบท่อ ซึ่งประกอบด้วย ข้อลดขนาดท่อ (Reducer), บอลวาล์ว (Ball Valve), วาล์วนิรภัยแบบปิด (Safety Shut-Off Valve), อุปกรณ์ควบคุมความดัน (Pressure Control Valve), ข้อขยายขนาดท่อ (Expansion) และวาล์วกันกลับ (Check Valve) จึงทำให้เกิดความดันสูญเสียภายในระบบท่อหลังผ่านอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบกังหัน โดยมีสมการคำนวณการสูญเสียหลัก (Major Loss), การสูญเสียรอง (Minor Loss) และความดันสูญเสียภายในระบบท่อ ดังสมการที่ (3), (4) และ (5) ตามลำดับ



ภาพที่ 3 อุปกรณ์ภายในสถานีก๊าซตัวอย่าง

$$H_{L,major} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V}{2g} \quad (3)$$

โดยที่ $H_{L,major}$ คือ การสูญเสียหลัก (m), f คือ แฟคเตอร์ความเสียดทาน (Friction Factors) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามค่าความเร็วของไหลภายในท่อ, L คือ ความยาวท่อ (m), D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (m), V คือ ความเร็วของไหลภายในท่อ (m/s), g คือ ค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากล (m/s^2)

$$H_{L,minor} = K \times \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

โดยที่ $H_{L,minor}$ คือ การสูญเสียรอง (m), K คือ ค่าตัวประกอบการสูญเสียของอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบท่อ, V คือ ความเร็วของไหลภายในท่อ (m/s), g คือ ค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากล (m/s^2) โดยอ้างอิงค่าตัวประกอบการสูญเสีย (K) จาก Munson, Young, Okiishi and Huebsch (2010)

$$\Delta P = \rho g H_L \quad (5)$$

โดยที่ ΔP คือ ความดันสูญเสีย (Pa), ρ คือ ความหนาแน่นของก๊าซ (kg/m^3), g คือ ค่าคงตัวความโน้มถ่วงสากล (m/s^2), H_L คือ การสูญเสีย (m)

(4) วิเคราะห์ผลการศึกษาและเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาความแตกต่างของการวัดก๊าซธรรมชาติด้วยเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลและแบบกักตัน

ผลการวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2567 – 30 มิถุนายน 2567 พบว่าการใช้งานก๊าซธรรมชาติเฉลี่ยของสถานีตัวอย่าง ใช้งานต่ำกว่าค่าต่ำสุดของการวัดปริมาณก๊าซที่เครื่องมือวัดอัตราการไหล



เชิงมวลและแบบกังหันสามารถรับรองผลได้ (Q_{min}) ดังตารางที่ 1 เครื่องวัดอัตราการไหลเชิงมวลและแบบกังหันมีค่า Q_{min} อยู่ที่ 800 kg/hr และ $8 \text{ m}^3/\text{hr}$ ตามลำดับ แต่การใช้งานส่วนใหญ่มีค่าอัตราการไหลเฉลี่ยอยู่ที่ 300 kg/hr สำหรับเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล และอยู่ที่ $7 \text{ m}^3/\text{hr}$ สำหรับเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน

ตารางที่ 1 อัตราการไหลเฉลี่ยเปรียบเทียบกับอัตราการไหลต่ำสุดที่เครื่องมือวัดรองรับ

เครื่องมือวัด	อัตราการไหลเฉลี่ย	อัตราการไหลต่ำสุดที่เครื่องมือวัดรองรับ	ย่านความดันสัมบูรณ์ของเครื่องมือวัดอัตราการไหล
- เครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล	300 kg/hr	800 kg/hr	0 – 11 MPa
- เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน	$7 \text{ m}^3/\text{hr}$	$8 \text{ m}^3/\text{hr}$	0 – 10 MPa

นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติด้วยเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลและแบบกังหัน พบว่า ปริมาณที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันมีค่ามากกว่าปริมาณที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งในเดือนกุมภาพันธ์ 2567 ค่าแตกต่างที่วัดได้จากเครื่องมือวัดทั้งสองมีค่ามากที่สุดซึ่งเท่ากับ 5.91% และในเดือนพฤษภาคม 2567 ค่าแตกต่างที่วัดได้จากเครื่องมือวัดทั้งสองมีค่าน้อยที่สุดซึ่งเท่ากับ 1.09% โดยมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของการวัดปริมาณก๊าซจากข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2567 – 30 มิถุนายน 2567 เท่ากับ 2.85% โดยค่าดังกล่าวเป็นปริมาณก๊าซที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลและแบบกังหันที่สภาวะมาตรฐาน (ที่ความดันสัมบูรณ์ เท่ากับ 101.56 kPa และอุณหภูมิ 288.7 K)

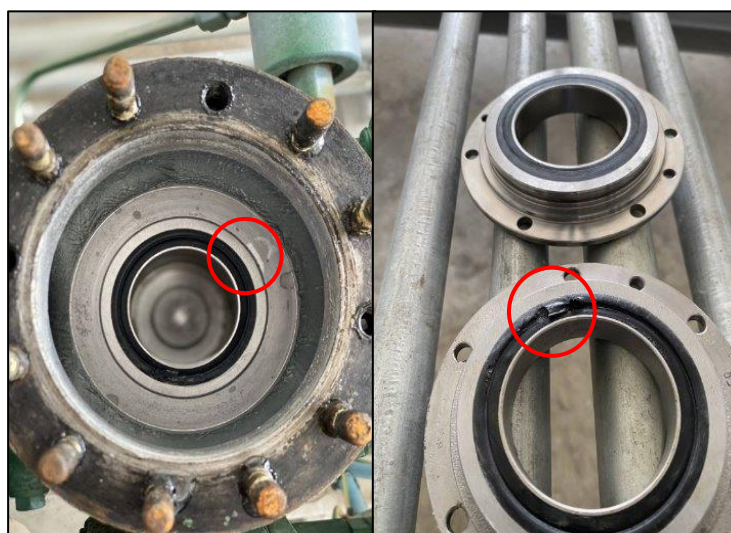
ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซธรรมชาติที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล และเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน ที่สภาวะมาตรฐาน

เดือน	ปริมาณที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลที่ความดันสัมบูรณ์เฉลี่ย 1.5 MPa (m^3)	ปริมาณที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันที่ความดันสัมบูรณ์เฉลี่ย 5.7 MPa (m^3)	%ความแตกต่าง
มกราคม	280845	289072	2.93
กุมภาพันธ์	253795	268784	5.91
มีนาคม	282182	286207	1.43
เมษายน	282351	289265	2.45

ตารางที่ 2 (ต่อ)

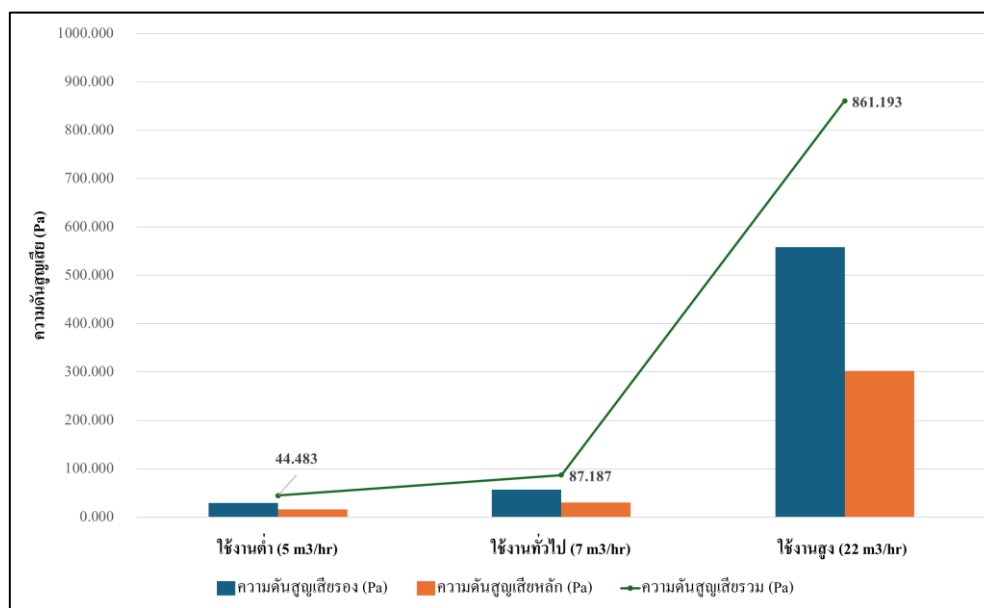
เดือน	ปริมาณที่วัดได้จากเครื่องมือ วัดอัตราการไหลเชิงมวลที่ ความดันสัมบูรณ์เฉลี่ย 1.5 MPa (m^3)	ปริมาณที่วัดได้จากเครื่องมือ วัดอัตราการไหลแบบกักตันที่ ความดันสัมบูรณ์เฉลี่ย 5.7 MPa (m^3)	%ความแตกต่าง
พฤษภาคม	306761	310111	1.09
มิถุนายน	276738	287256	3.80
ผลรวม	1682671	1730695	2.85

จากการเข้าสำรวจพื้นที่และสังเกตลักษณะการใช้งาน พบว่าการทำงานของก๊าซธรรมชาติของสถานี ก๊าซตัวอย่างเป็นการใช้งานแบบเปิด-ปิดกะทันหัน ซึ่งคือการเดินเครื่องอัดก๊าซ (Compressor) ในช่วงที่มีลูกค้าเข้ามาใช้งานที่สถานี และปิดเครื่องเมื่อใช้งานแล้วเสร็จ นอกจากนี้ ยังมีการปล่อยก๊าซของวาล์วระบายความดันในบางครั้งที่มีบริเวณระหว่างเครื่องวัดอัตราการไหลแบบกักตัน และเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลไหล เนื่องจากค่าความดันในระบบท่อมักสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ในวาล์วระบายความดัน (17.2 Barg) นอกจากนี้ ยังพบว่ามีก๊าซของวาล์วระบายความดันที่อยู่บริเวณด้านหลังเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกักตัน นอกจากจะทำการปล่อยก๊าซเพื่อระบายความดันแล้ว ยังพบว่าการระบายก๊าซออกจากระบบท่อเกิดจากอุปกรณ์ Seat Valve ภายในอุปกรณ์ควบคุมความดันชำรุด ดังภาพที่ 4 ทำให้อุปกรณ์ควบคุมความดัน ไม่สามารถควบคุมความดันได้ตามที่กำหนด ก๊าซเกิดการไหลซึมผ่าน Seat Valve และสะสมภายในท่อ เมื่อมีการสะสมของก๊าซในปริมาณมากจะทำให้ค่าความดันในท่อสูงขึ้นและเมื่อเกินความดันที่วาล์วระบายความดันกำหนดส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซออกสู่บรรยากาศ



ภาพที่ 4 อุปกรณ์ Seat Valve ชำรุด

นอกจากนี้ จากผลการสำรวจระบบท่อส่งก๊าซภายในสถานีก๊าซพบว่า เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันติดตั้งอยู่ด้านหน้าของเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล และระหว่างเครื่องมือวัดทั้งสองมีอุปกรณ์หลายชนิดถูกติดตั้งอยู่ จากความแตกต่างของข้อมูลการวัดที่ได้จากเครื่องมือวัดภายในช่วงระยะเวลา 6 เดือน ปรากฏว่า ปริมาณการไหลที่ได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันมีค่าสูงกว่าปริมาณการวัดที่ได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์วัดผ่านอุปกรณ์หลายชนิด ซึ่งทำให้เกิดความดันสูญเสียภายในระบบท่อหลังผ่านอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบกังหัน ความดันสูญเสียภายในระบบท่อจึงอาจเป็นตัวแปรที่สำคัญ ดังนั้นการวิเคราะห์ความดันสูญเสียภายในระบบท่อจึงศึกษาที่อัตราการไหล 3 ช่วงคือ ช่วงใช้งานต่ำ ($5 \text{ m}^3/\text{hr}$), ช่วงใช้งานทั่วไป ($7 \text{ m}^3/\text{hr}$) และช่วงใช้งานสูง ($22 \text{ m}^3/\text{hr}$) จากผลการวิเคราะห์ พบว่าความดันสูญเสียภายในระบบท่อเกิดจากระยะทางระหว่างเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล และแบบกังหันและอุปกรณ์ที่ถูกติดตั้งภายในระบบท่อในสถานีเกิดจากผลของความดันสูญเสียรอง (Minor loss) มากกว่าผลของความดันสูญเสียหลัก (Major loss) ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยผลรวมความดันสูญเสียจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น ที่การใช้งานต่ำมีค่าผลรวมสูญเสียรวมเท่ากับ 44.483 Pa การใช้งานทั่วไปมีค่าผลรวมความดันสูญเสียรวมเท่ากับ 87.187 Pa และการใช้งานสูงมีค่าผลรวมความดันสูญเสียรวมเท่ากับ 861.193 Pa



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความดันสูญเสียภายในระบบท่อ ณ อัตราการไหลต่าง ๆ

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาจึงสรุปได้ว่าจากข้อมูลการใช้งานของเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน ซึ่งเป็นการวัดค่าก๊าซธรรมชาติและเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล ทำให้ทราบว่าภายในระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2567 – 30 มิถุนายน 2567 มีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 1.09% - 5.91% ซึ่งเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันมีค่าสูงกว่าเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องมือ



วัดติดตั้งอยู่ก่อนเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล จึงเป็นการวัดที่ถูกต้อง แต่จะเห็นว่าความแตกต่างในบางเดือนสูงถึง 5.91% ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

(1) การใช้งานก๊าซธรรมชาติเฉลี่ยของสถานีก๊าซตัวอย่าง ใช้งานต่ำกว่าค่าอัตราการไหลต่ำสุดที่เครื่องมือวัดทั้งสองชนิดรองรับ ซึ่งส่งผลต่อความแม่นยำของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลทั้งสองชนิด

(2) การติดตั้งอุปกรณ์ภายในสถานีที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันติดตั้งอยู่ด้านหน้าอุปกรณ์ควบคุมความดัน ทำให้ความดันไม่คงที่และส่งผลต่อการวัดอัตราการไหลก๊าซธรรมชาติ

(3) การปล่อยก๊าซของวาล์วระบายความดัน หลังเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน ซึ่งนอกจากจะทำการปล่อยก๊าซเพื่อระบายความดันแล้ว ยังพบว่าการระบายก๊าซออกจากระบบท่อเกิดจากอุปกรณ์ Seat Valve ภายในอุปกรณ์ควบคุมความดันชำรุด ทำให้อุปกรณ์ควบคุมความดัน ไม่สามารถควบคุมความดันได้ตามที่กำหนด ก๊าซเกิดการไหลซึมผ่าน Seat Valve และสะสมภายในท่อ เมื่อมีการสะสมของก๊าซในปริมาณมากจะทำให้ค่าความดันในท่อสูงขึ้น และเมื่อเกินความดันที่วาล์วระบายความดันกำหนดส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซออกสู่บรรยากาศ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ปริมาณที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันวัดปริมาณก๊าซได้มากกว่าเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล เนื่องจากปริมาณก๊าซที่ปล่อยเพื่อระบายความดันจะถูกนำมาคิดในเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันด้วย ซึ่งเกิดจากการวางระบบและติดตั้งอุปกรณ์ที่ไม่ถูกต้อง

(4) การสูญเสียความดันภายในระบบท่อ เนื่องจากสถานีก๊าซตัวอย่างเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน ติดตั้งอยู่ด้านหน้าของเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวล ซึ่งผ่านอุปกรณ์หลากหลายชนิด โดยอุปกรณ์ทั้งหมดส่งผลให้เกิดการสูญเสียความดันภายในระบบท่อ ทำให้ปริมาณก๊าซที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลได้รับผลของการสูญเสียความดันภายในระบบท่อ ดังนั้นปริมาณก๊าซที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลจึงน้อยกว่าเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน

(5) การสอบเทียบเครื่องมือวัดอัตราไหลด้วยของไหลที่แตกต่างกัน ซึ่งเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหันสอบเทียบด้วยอากาศและเครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลสอบเทียบด้วยน้ำ ซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลทั้งสองชนิด

ข้อเสนอแนะ

เพื่อแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนจากการวัดอัตราการไหลแบบกังหัน สำหรับสถานีส่งจ่ายก๊าซธรรมชาติที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความดันหลังอุปกรณ์วัดอัตราการไหล ทีมผู้วิจัยจึงขอเสนอแนวทางแก้ไขดังนี้

(1) เปลี่ยนขนาดของอุปกรณ์วัด ให้มีขนาดเล็กลงให้เหมาะสมกับการใช้งานในปัจจุบัน เนื่องจากปัจจุบันมียอดการใช้งานที่น้อยลงมากเมื่อเทียบกับช่วงเริ่มต้น

(2) พิจารณาการติดตั้งอุปกรณ์ภายในสถานี ซึ่งการติดอุปกรณ์ควบคุมความดันควรติดด้านหน้าของเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบกังหัน เพื่อควบคุมให้ความดันในการวัดความดันขณะวัดคงที่ ส่งผลให้การวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติมีประสิทธิภาพมากขึ้น



เอกสารอ้างอิง

ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ PTT NGV. (2568). สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2568 จาก <https://www.pttplc.com/th/Products/OurBusinessByPttPlc/Gasunit/PttNgv/Pttngv.aspx>

NGR NATURAL GAS RETAIL. Pipeline and Metering & Regulating Station. (2568). สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2568 จาก <https://pttngr.pttplc.com/Knowledge/Knowledge>

Transmission Measurement Committee. (2013). American Gas Association Report No. 11 (AGA 11), Measurement of Gas by Coriolis Meter. United States of America : American Gas Association.

AGA Transmission Measurement Committee. (2006). American Gas Association Report No. 7 (AGA 7), Measurement of Natural Gas by Turbine Meters. United States of America : American Gas Association.

Munson, Young, Okiishi and Huebsch. (2010). Fundamentals of Fluid Mechanics, 6th Edition. United States of America : John Wiley & Sons, Inc.