

ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการทดสอบถังความดันในถังเก็บอากาศ ตามมาตรฐานมอก. 1252-2537

สุภักชัย ไชยวิเศษสกุล¹ มนุศักดิ์ จานทอง¹ มานพ แยมแพง¹ นพพร เปรมใจ¹ ศิริชัย เทพา² และ พิพัฒน์ ปราโมทย์^{1*}
Supakchai_c@mail.rmutt.ac.th¹, manusak.j@en.rmutt.ac.th¹, mamop.y@en.rmutt.ac.th¹
nopporn.p@en.rmutt.ac.th¹, sirichai.the@kmutt.ac.th², pipat.p@en.rmutt.ac.th^{1*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² สาขาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Received	: 20-Aug-2021
Revised	: 6-Sep-2021
Accepted	: 8-Sep-2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาชุดทดสอบถังเก็บอากาศแรงดันโดยการควบคุมด้วยมือเพื่อให้มีการใช้งานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยลดขั้นตอนการปฏิบัติงานในการทดสอบแบบเดิมและมีความแม่นยำมากขึ้น ผู้วิจัยได้ศึกษาการออกแบบระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ สำหรับการทดสอบถังรับแรงดันทรงแคบรูปทรงขนาด 64 ลิตร โดยใช้ชุดทดสอบถังเก็บอากาศทดสอบแรงดันด้วยวิธีใช้ไฮโดรสแตติกส์ตัวควบคุมแบบ PI โดยตั้งค่าพารามิเตอร์บนโปรแกรม LabVIEW เป็นตัวสั่งการไปยังชุดทดสอบระบบควบคุม ปรับค่าตัวแปรอัตราขยายสัดส่วน K_c 13 , อัตราขยายปริพันธ์ K_i 1.308 แล้วเพิ่มแรงดันสัญญาณส่งออกไปยัง โซลินอยด์วาล์วที่สามารถควบคุมด้วยสัญญาณแบบ Pulse Width Modulation (PWM) เมื่อเปรียบเทียบวิธีการควบคุมแรงดันด้วยมือควบคุมแรงดันได้ด้วยการกำหนดค่าแรงด้วยชุดทดสอบที่ตัวควบคุมแบบ PI controller ผลการทดลองพบว่าชุดทดสอบที่ควบคุมแบบ PI controller มีผลการตอบสนองสถานะความดันที่ 13 bar โดยค่าผิดพลาดของแรงดันภายในถังเก็บแก๊สต่ำกว่า มีค่าเฉลี่ย 1.71 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับวิธีการควบคุมด้วยมือ ที่มีค่าผิดพลาดเฉลี่ยสูงกว่า 1.75 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การทดสอบไฮโดรสแตติก การควบคุมแบบ PI โปรแกรม LabVIEW

Automatic Control System for Pressure Tank Testing According to TIS 1252-2537

Supakchai Chaivisetsakul¹, Manusak Janthong¹, Manop Yamfang¹, Nopporn Preamjai¹

Sirichai Thepha² and Pipat Pramot^{1*}

Supakchai_c@mail.rmutt.ac.th¹, manusak.j@en.rmutt.ac.th¹, mamop.y@en.rmutt.ac.th¹

nopporn.p@en.rmutt.ac.th¹, sirichai.the@kmutt.ac.th², pipat.p@en.rmutt.ac.th^{1*}

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

² Energy Technology, Faculty of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi

Received	: 20-Aug-2021
Revised	: 6-Sep-2021
Accepted	: 8-Sep-2021

Abstract

This research is to develop a test kit for air pressure tanks for regular manual control, to achieve higher efficiency by reducing work steps in the traditional experiment and more accurate. The researcher studied the design of the automatic control system for testing 64-liter capsule-shaped pressure tanks by using the test kit for air pressure storage to test the pressure by using the Hydrostatic Pressure method and using a PI controller and setting the parameters on the program LabVIEW to control the system. Adjust the proportional growth rate variable K_c and the expansion rate of integral K_i to 13 and 1.308, respectively. The signal output is then amplified to control the solenoid valve using PWM (Pulse Width Modulation). By comparing the traditional manual control methods to the PI controller, the results showed that the PI controller better responds to a set point of a constant pressure state at 13 bar. The average error is lower than 1.71 percent compared to the traditional manual control method, with an average error of about 1.75 percentage.

Keywords: hydrostatic testing, PI controller, LabVIEW program

1. บทนำ

ถังเก็บลม (Air Tank) ถังเก็บลมเป็นอุปกรณ์อีกชนิดที่มีความสำคัญในระบบลมอัด เพื่อเป็นตัวพักลมอัด ที่ส่งมาจากปั๊มลม ทำให้สามารถจ่ายลมอัดได้คงที่ ลดการทำงานของปั๊มลม ลดอุณหภูมิของลมอัด คัดน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของลมอัดทำให้ลดภาระของเครื่องอัดลมแห้ง ถังเก็บลมส่วนใหญ่ทำมาจากเหล็กและสแตนเลส ส่วนวัสดุที่เป็นสแตนเลสไม่ค่อยนิยมเพราะมีราคาสูง ส่วนใหญ่ จะนิยมถังเก็บลมที่เป็นเหล็กเพราะมีราคาถูกกว่า เหล็กที่นำมาทำถังเก็บลมจะเป็นเหล็กชนิด SS400 ทำมาจากเหล็กแผ่นอย่างดีภายในทาสีกันสนิมอย่างดีผ่านการรับรองจากวิศวกร

จากมาตรฐานการใช้ถังเก็บอากาศจะต้องนำถังเก็บอากาศ ไปตรวจสอบความสามารถในการรับแรงดันของถัง ให้เป็นไปตามมาตรฐานและเป็นการเพิ่มความปลอดภัยและสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้ใช้งาน จึงเกิดการร่างชุดทดสอบถังเก็บอากาศของเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กแบบลูกสูบ ของ ประภากร ประเวศโยดม และคณะ (2561) มีการทดสอบด้วยวิธีใช้แรงดันน้ำ (Hydrostatic Pressure Test) เพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์ความสามารถในการรับแรงดันของถัง เก็บอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก.1252-2537 [1] เกณฑ์การทดสอบความทนความดันไฮดรอลิกที่ใช้งานสูงสุดกับการทดสอบลื่นรั่วโดยมีปัญหาในการทดสอบเรื่องความเที่ยงตรงของความดันในถังเก็บอากาศและขั้นตอนในการทดสอบ รวมถึงจำนวนคนที่ใช้ในการทดสอบ โดยการทดสอบมาตรฐานของถังเก็บอากาศใช้คนทำให้ไม่ได้ความแม่นยำค่อนข้างมากและอาจเป็นอันตรายต่อคนทดสอบ

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ระบบควบคุมแบบพีไอดี ที่ใช้ในระบบควบคุมความดันในถังลมในระบบปิดโดยชัยพร ไทรเกตุ [2] จากคณะวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จะใช้วิธีการของ Ziegler Nichols ตัวควบคุมแบบ PI ตั้งค่าพารามิเตอร์บนโปรแกรม LabVIEW ระบบควบคุมที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมความดันในถังลมได้ตั้งแต่ 2.0-4.0 บาร์ และในการทดสอบพบว่าระบบควบคุม ที่พัฒนาขึ้นบน PLC สามารถควบคุมความดันภายในถัง

ลมให้เข้าสู่ความดันเป้าหมายได้ ภายใน 12 วินาที โดยมีค่าความผิดพลาดที่สภาวะคงที่ไม่เกิน 5%

วิริยะ มะมา และ ธนา ราษฎร์ภักดี [3] จากคณะวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ศึกษาการพัฒนาการควบคุมพีไอดีสำหรับอุปกรณ์ขับเคลื่อนแบบ เปิด/ปิด สำหรับการควบคุมอุณหภูมิในระบบ ทางความร้อนแบบเปิดที่มีการไหลเวียนของน้ำตลอดเวลา โดยการออกแบบตัวควบคุม 3 แบบ คือตัวควบคุมแบบ Digital PID, ตัวควบคุมแบบ On/Off และตัวควบคุมแบบ PID จากผลการทดลอง พบว่า ตัวควบคุมแบบ Digital PID ค่าช่วงเวลาขาขึ้นที่ 956 วินาที นั้นมีความเหมาะสมสำหรับการควบคุมอุณหภูมิในระบบทางความร้อนของน้ำที่ไหลเวียน

ไชโย จิโคทห้วย สุทธิพงษ์ เอกพันธ์ และ ดร.ณัฐดนัย ตัณทวิรุฬห์ [4] จากคณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ออกแบบสร้างชุดควบคุมระดับน้ำอัตโนมัติ โดยอาศัยการควบคุมความเร็วรอบของสำหรับปั๊มน้ำมอเตอร์ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยใช้วิธีการควบคุม 3 แบบคือตัวควบคุมแบบ P, Pi, และ PID และมีการควบคุมการไหลจาก Transfer Function ใน 3 แบบ คือ การเปิดวาล์วด้านล่างอย่างเดียว การเปิดวาล์วด้านบนอย่างเดียว และการเปิดวาล์วด้านล่างและวาล์วด้านบน

ในงานวิจัยระบบควบคุมสำหรับการทดสอบความดันในถังเก็บอากาศตามมาตรฐาน นี้จึงเลือกใช้ตัวควบคุมแบบ PI (PI Controller) เป็นตัวควบคุมความดัน และได้ใช้โปรแกรม LabVIEW กับการ์ดอินเทอร์เฟซ (DAQ USB-6008) เป็นตัวส่งการ จากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์การทดสอบถังเก็บอากาศรับแรงดันทรงแคปซูล สามารถทำการทดสอบแรงดันได้ถึง 13 bar เมื่อเทียบกับงานวิจัยใช้ระบบควบคุมแบบพีไอดี ที่ใช้ในระบบควบคุมความดันในถังลมในระบบปิดโดยชัยพร ไทรเกตุ [4] ทดสอบแรงดันในถังลมที่ 2.0- 4.0 บาร์

2. ทฤษฎี

2.1 ความดัน (Pressure) [5] ความดันเป็นปริมาณชนิดหนึ่งในทางฟิสิกส์ หมายถึงอัตราส่วนระหว่างแรง ที่กระทำตั้งฉากซึ่งทำโดยของแข็ง

ของเหลว หรือแก๊ส ต่อพื้นที่ของสารใด ๆ (ของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส) ความดันเป็นปริมาณ สเกลาร์ ซึ่งเป็นปริมาณที่ขนาดคงที่ ณ จุดใดจุดหนึ่งไม่ขึ้นกับทิศทาง จากความหมายของความดันข้างต้นสามารถเขียนเป็นสูตรคณิตศาสตร์ (โดยทั่วไป) ได้ดังนี้

$$P = \frac{F}{A} \text{ หรือ } P = \frac{dF_n}{dA} \quad (1)$$

กำหนดให้

P คือ ความดัน (Pressure)

F คือ แรงที่กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวนั้น

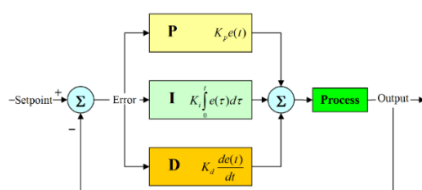
(Normal Force)

A คือ พื้นที่ (Area) หรืออาจใช้ S (Surface; พื้นผิว)

2.2 การควบคุมแบบพีไอดี (PID) [6] การ

ควบคุมแบบพีไอดี เป็นการควบคุมแบบระบบวงปิด หรือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (closed-loop control systems, feedback control systems) ค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาด (e) ที่หามาจากความแตกต่างระหว่าง ค่าที่ตั้งกับค่าเอาต์พุตที่วัดได้ในปัจจุบัน แล้วใช้สมการที่ (3) คำนวณ เพื่อลดความผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุด การควบคุมแบบพีไอดี จะประกอบไปด้วยส่วนการควบคุมที่และ สำคัญ 3 ส่วน คือเทอม Proportional term $K_p e(t)$ และIntegral term $K_i e(t)dt$ และ Derivative term $K_d de/dt$ ตามไดอะแกรมในรูปที่ 3

$$Y(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$



รูปที่ 3 บล็อกไดอะแกรมของตัวควบคุมแบบพีไอดี [6]

2.3 การหาค่าความไม่แน่นอนของการวัด

จากทดสอบ [7]

2.3.1 Repeatability (U_a):

ค่าความไม่แน่นอนจากค่า Repeatability ของเครื่องมือ UUC

จากสูตรคำนวณ

$$U_a = \delta_{n-1} / \sqrt{n} \quad (3)$$

เมื่อ δ_{n-1} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวัด จำนวน n ครั้ง และ n คือจำนวนครั้งของการวัด

- หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวัด (Standard Deviation), δ_{n-1}

$$\delta_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (4)$$

เมื่อ

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของผลการวัด

ทั้งหมด n ครั้ง

X_i คือ ผลการวัดในแต่ละครั้ง

n คือ จำนวนครั้งของการวัด

หาค่าเฉลี่ยของผลการวัด (Average), $\bar{X}$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (5)$$

$$\text{หรือ } \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (6)$$

เมื่อ

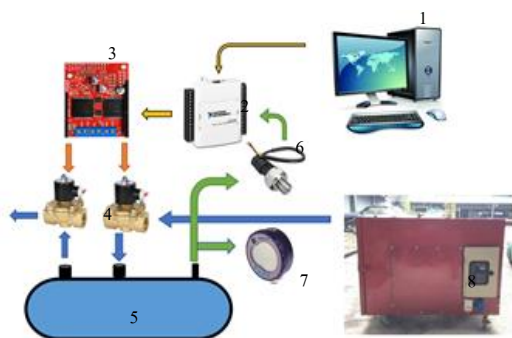
X_i คือ ผลการวัดในแต่ละครั้ง หรือ

ค่าที่วัดได้แต่ละครั้งซึ่งอ่านจาก UUC (I_{IX})

n คือ จำนวนครั้งของการวัด

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลองระบบ

3.1 อุปกรณ์ระบบควบคุมการทดสอบ



รูปที่ 5 ชุดทดลองระบบควบคุมการทดสอบถึงรับแรงดัน



รูปที่ 6 ถังความดันที่ใช้ในการทดสอบ

1. คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลจากเครื่องมือวัดและส่งข้อมูลไปยังตัวขับเคลื่อน โดยจะนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลเพื่อสร้างสัญญาณควบคุมให้แก่ระบบ

2. การ์ดอินเตอร์เฟซ NI USB6008 ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างกระบวนการวัดกับคอมพิวเตอร์

3. ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ Motor Driver รุ่น VNH5019 ทำหน้าที่ควบคุมโซลินอยด์วาล์วตามสัญญาณแบบ PWM ที่ต่างกัน ก็จะทำให้ค่าแรงดันเฉลี่ยของสัญญาณสวิต

4. โซลินอยด์วาล์ว อุปกรณ์ควบคุมการไหลของของไหล

5. ถังเก็บอากาศรับแรงดัน มีหน้าที่ในการเก็บลม เพื่อรักษาความดันลมของระบบให้คงที่ตลอดเวลา

6. pressure sensor เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับความดันที่วัดได้

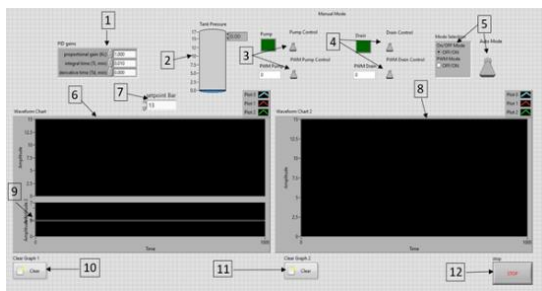
7. pressure gauge เป็นตัวอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่วัดความดันที่อยู่ภายในถังว่ามีขนาดความดันเพียงพอสำหรับการทดสอบ

8. ชุดทดสอบถังเก็บอากาศแรงดัน จะอาศัยมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ใช้เครื่องพ่นยา 3 สูบเป็นตัวสร้างกำลังงาน และมีน้ำเป็นตัวกลางในการส่งถ่ายกำลังงาน มอเตอร์ไฟฟ้าจะเป็นต้นกำลังไปขับเครื่องพ่นยา 3 สูบเพื่ออัดน้ำเข้าถังเก็บอากาศให้ได้ความดันตามที่ต้องการ

3.1 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

ของระบบ

โปรแกรม LabVIEW รับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าอนาล็อกขาเข้า (Voltage Analog Input) จาก sensor ผ่านการ์ดอินเตอร์เฟซ (DAQ USB-6008) ซึ่งแปลงสัญญาณมาจาก pressure sensor เมื่อคอมพิวเตอร์รับสัญญาณจะทำงานประมวลผลแรงดันที่ตั้งไว้ กับแรงดันที่เกิดขึ้น ถ้าแรงดันยังไม่ถึงที่ค่ากำหนด ระบบควบคุมแบบ PI ที่สร้างในคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าสัญญาณควบคุม แล้วส่งคำสั่งไปยังการ์ด (DAQ USB-6008) ผ่านช่องอนาล็อกขาออก (Analog output) ไปยังชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ VNH5019 ทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณ PWM ไปควบคุมโซลินอยด์วาล์วที่ติดตั้งไว้ที่ ขาเข้าถังเก็บอากาศรับแรงดันและขาออกถังเก็บอากาศรับแรงดัน



รูปที่ 7 แสดงโปรแกรมที่พัฒนามาบนโปรแกรม LabVIEW ประกอบด้วย

1. พารามิเตอร์ที่ควบคุมระบบ
2. แสดงความดันในการทดสอบ
3. สวิตช์เปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์ว/สวิตช์เปิด-ปิดสัญญาณ PWM
4. สวิตช์เปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์ว/สวิตช์เปิด-ปิดสัญญาณ PWM
5. สวิตช์เปิด-ปิด การควบคุมแบบ Manual/Auto
6. กราฟแสดงความดัน
7. กำหนดค่าแรงดันในการทดสอบ
8. กราฟแสดงความดัน
9. กราฟแสดงสัญญาณ PWM
10. ปุ่มReset การแสดงกราฟ
11. ปุ่มReset การแสดงกราฟ
12. ปุ่มกดยกเลิกการทำงาน

3.2 วิธีการทดสอบ Hydrostatic Test

1. ปิดอุปกรณ์นิรภัยแบบระบายหรือ Safety relieve valve บริเวณด้านบนของถังภาชนะรับแรงดัน ด้วยหน้าแปลนชนิดปิดสนิท และทำการปิดวาล์วทั้งหมดก่อนอัดด้วยความดัน Hydrostatic Test
2. ตรวจสอบด้วยวิธีพินิจ (Method for Visual examination) บริเวณภายนอกของถังภาชนะรับแรงดันที่ทำการทดสอบ เพื่อตรวจสอบสภาพผุกร่อนของถัง
3. ทำการเติมน้ำในถังภาชนะรับแรงดันจนเต็ม เพื่อเตรียมการทดสอบด้วยการอัดความดัน Hydrostatic Test โดยมีของไหลตัวกลาง ก็คือ “น้ำ” ที่แรงดัน $1.3P + 249 \text{ kPa}$
- 1.3 คือ ความดันสูงสุด

P คือ ความดันใช้งานสูงสุด

249 คือ กิโลพาสคัล

4. คงแรงดันที่ใช้ทดสอบไว้อย่างต่ำ เป็นระยะเวลา 3 นาที เพื่อให้เราตรวจสอบหาจุดรั่วซึม ปริมาตร หรือสภาพความสมบูรณ์ของถังภาชนะรับแรงดันว่าสามารถทนแรงดันที่ใช้ทดสอบได้หรือไม่

5. เป็นอันเสร็จสิ้นในการทดสอบ Hydrostatic Test และให้ทดสอบเซฟตี้วาล์วตามค่าที่กำหนดไว้ เพื่อดูการทำงานของเซฟตี้วาล์วว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่

3.3 เครื่องมือวัดแรงดัน (Pressure Gauge)

1. เครื่องมือวัดแรงดัน (Pressure Gauge) ควรมีความสามารถวัดสูงสุดไม่เกิน 4 เท่าของความดันทดสอบแต่ไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของความดันทดสอบ
2. เครื่องวัดแรงดันอ่านความดันที่ใช้ในการทดสอบ (Test Pressure)
3. เกจวัดความดันจะต้องชี้ที่ค่าความดันเดียวเสมอตลอดการทดสอบ
4. เมื่อจบการทดสอบเกจวัดความดันทุกตัวจะต้องชี้ที่ 0 psi เสมอ

3.4 การทดสอบการควบคุมความดันภายในถัง

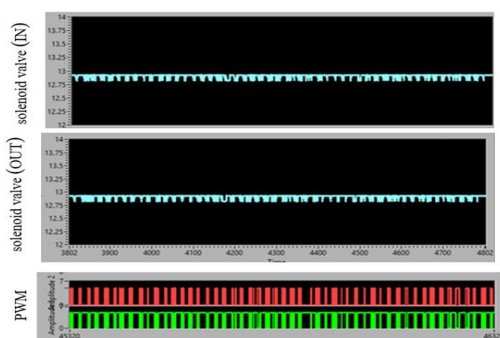
ทำการทดสอบผลการตอบสนองแบบ PI ตั้งค่า set point ที่ 13 bar ปรับเปลี่ยนค่าอัตรา K_p และ K_i เริ่มต้นจากที่ศูนย์ และค่อย ๆ ปรับเปลี่ยนค่า สังเกตผลตอบสนองที่เกิดขึ้นและทำการบันทึกค่า K_p และ K_i ที่ให้ผลการทดสอบค่าความดันที่ดีที่สุด



รูปที่ 8 ชุดการทดสอบกระบวนการควบคุมการทดสอบถังรับแรงดัน

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลทดสอบระบบควบคุมแบบ PI ในสภาวะที่ความดันคงที่จะทำงานเปิดวาล์วทางเข้าถึงและปิดวาล์วทางออก พบว่าการทดสอบระบบควบคุมแบบ PI สามารถควบคุมแรงดันภายในถังเก็บอากาศให้คงที่ดังแสดงในภาพที่ 9



รูปที่ 9 กราฟแสดงผลตอบสนองของความดันภายในถังเก็บอากาศระบบควบคุม PI

ตารางที่ 1 ตารางแสดงตัวแปรของระบบควบคุม PI

(bar)	Kp	Ki
13	13	1.308

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการทดลอง Hydrostatic Test สำหรับความดันอ้างอิง 13 bar

ความดันในการทดสอบครั้งที่ (bar)				Average (bar)
1	2	3	4	
13.105	13.125	13.119	13.123	13.118

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการทดสอบ Safety valve สำหรับความดันอ้างอิง 8 bar

ความดันในการทดสอบครั้งที่ (bar)				Average (bar)
1	2	3	4	
8.105	8.129	8.120	8.117	8.118

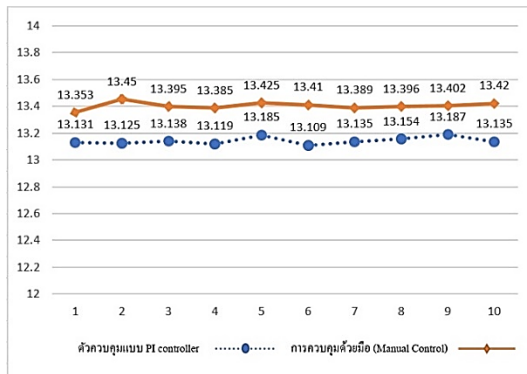
ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลการตรวจสอบด้วยวิธีพินิจ การตรวจสอบด้วยวิธีพินิจ (Method for Visual examination)

ความบกพร่อง/ตำหนิ	คำอธิบาย
แนวเชื่อม	ตรวจสอบไม่พบรอยรั่วซึมตามแนวเชื่อม
บวม/โป่ง	ตรวจสอบไม่พบรอยบวม/โป่งของถัง
แตก/รอยร้าว	ตรวจสอบไม่พบรอยแตก/รอยรอบบริเวณถัง

ตารางที่ 5 ตารางแสดงผลหาค่าเฉลี่ยของผลการวัด (Average) สำหรับความดันอ้างอิง 13 bar

การทดสอบครั้งที่	การควบคุมแรงดันในถังด้วยมือ	การควบคุมแบบ PI
1	13.453	13.131
2	13.45	13.125
3	13.495	13.138
4	13.485	13.119
5	13.458	13.135
6	13.464	13.109
7	13.489	13.135
8	13.476	13.154
9	13.502	13.167
10	13.481	13.135
ค่าเฉลี่ยของผลการวัด	13.475	13.134

4.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบผล



รูปที่ 10 กราฟการเปรียบเทียบผลการทดสอบ

แสดงกราฟผลการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างวิธีการควบคุมแรงดันในถังด้วยมือ (Manual Control) กับ การใช้ตัวควบคุมแบบ PI ในการควบคุมแรงดันในถังเก็บอากาศ

4.3.1 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(standard deviation) วิธีการควบคุมแบบ PI

$$\delta_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{10-1} \left[\begin{aligned} &(13 - 13.131)^2 + (13 - 13.125)^2 + (13 - 13.138)^2 \\ &+ (13 - 13.119)^2 + (13 - 13.135)^2 + (13 - 13.109)^2 \\ &+ (13 - 13.135)^2 + (13 - 13.154)^2 + (13 - 13.167)^2 \end{aligned} \right]}$$

$$= 0.143$$

4.3.2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) วิธีการควบคุมแรงดันในถังด้วยมือ (Manual Control)

$$\delta_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{10-1} \left[\begin{aligned} &(13 - 13.453)^2 + (13 - 13.450)^2 + (13 - 13.495)^2 \\ &+ (13 - 13.485)^2 + (13 - 13.458)^2 + (13 - 13.464)^2 \\ &+ (13 - 13.489)^2 + (13 - 13.476)^2 + (13 - 13.502)^2 \\ &+ (13 - 13.481)^2 \end{aligned} \right]}$$

$$= 0.5013$$

5. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้วิจัยนี้ได้ออกแบบระบบควบคุมแบบ PI เพื่อใช้ในการทดสอบความสามารถในการรับแรงดันของถังเก็บอากาศจากการทดสอบ พบว่า การออกแบบระบบควบคุมที่ใช้โปรแกรม LabVIEW และอุปกรณ์สั่งการสามารถควบคุมความดันในการทดสอบได้ถึง 13 บาร์ ในสถานะคงตัววกลบไม่เกิน 1.71 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับผลของการควบคุมด้วยมือมีค่าผิดพลาดเกิน 1.75 เปอร์เซ็นต์

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้คำแนะนำและสนับสนุนแนวทาง จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ ปราโมทย์ อาจารย์ ที่ปรึกษาโครงการและอาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน ที่ให้ความรู้ในการใช้เครื่องมือในการทำงานต่าง ๆ ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการเพื่ออุตสาหกรรมและปิโตรเคมี ให้สถานที่ให้การทดสอบและใช้เครื่องมือ จนทำให้โครงการนี้สำเร็จจุล่ง ในนามของผู้จัดทำโครงการ จึงขอขอบคุณในความช่วยเหลือต่าง ๆ ที่ได้รับจากทุกท่าน ณ ที่นี้ด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] THAI INDUSTRIAL STANDARD, TIS.1252-2537, Small- Sized Reciprocating Air Compressors Thai, Industrial Standards Institute (TISI), September; 1994
- [2] Chaiyaporn S. Pressure Control in Series 2 Tank Using PLC. Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology. May 2016; 781-4
- [3] Wisawa M, Thana R. Development of APid Control Law for An On/Off Actuator. Jourma of Farm Engineering and Automation Technology. January – June 2017;3(1):19-24

- [4] Chaiyo J, Suthipong E. Automatic water level control system, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University; 2015.
- [5] Wikipedia. Pressure [Internet]. 2 Sep 2019 ; [cited 2021 Aug 1] Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure>
- [6] Wikipedia. PID controller [Internet]. 2 Sep 2019 [cited 2021 Aug 1] Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller
- [7] Sitthichai N. Uncertainty of Hardness Tester HRA. Thai Industrial Standards Institute TISI [Internet]. 15 Jan 2007 [cited 2021 Aug 1] Available from: <https://www.tisi.go.th>.