

ชุดทดสอบการทนความดันของถังต้มน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่น Testing System for Pressured Tank of Water Heater

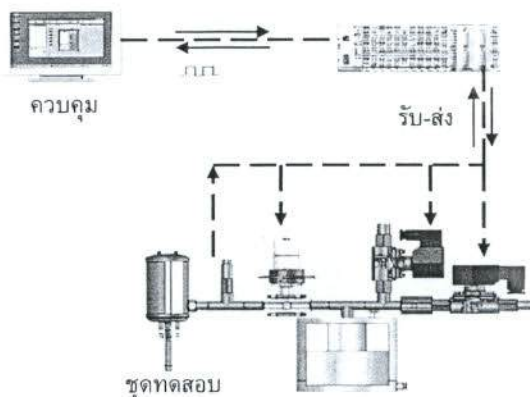
เทวฤทธิ์ หุนศิริราช, สราวุธ คำมุงคุณ, บุญยัง ปลั่งกลาง, ไพศาล บุญเจียม*

บทคัดย่อ

เครื่องทำน้ำอุ่น น้ำร้อนที่ใช้กันอยู่ทั่วไปทั้งในภาคอุตสาหกรรม โรงแรม และครัวเรือนนั้นถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะในเรื่องคุณภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภค การสร้างชุดทดสอบการทนความดันของถังต้มน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่นก็เป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญในการทดสอบคุณภาพของถังต้มน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่นว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดในการใช้งาน ทั้งนี้ชุดทดสอบคุณภาพของถังต้มน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่นที่สร้างขึ้น เป็นการควบคุมการทดสอบคุณภาพโดยโปรแกรมอัตโนมัติ ที่สามารถบันทึกข้อมูลการทดสอบ ทั้งระยะเวลาและความสามารถในการทนความดันของถังต้มน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่นได้ ทำให้ถังต้มน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่น มีคุณภาพและประสิทธิภาพการใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

1. บทนำ

การควบคุมการทำงานชุดทดสอบการทนความดันของถังต้มน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่นด้วยระบบคอมพิวเตอร์ และนำมาแสดงผลทางจอภาพ (Monitor) นั้น เป็นการควบคุมและแสดงให้เห็นถึงระบบการทำงานภายในของชุดทดสอบการทนความดันของถังต้มน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่นแบบเวลาจริง (Real Time) ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ต้องเป็นมาตรฐานในการส่งสัญญาณและการออกควบคุมการทำงานอย่างถูกต้องเหมาะสมและใช้ทฤษฎีในการทำโครงงานขึ้นนี้ ซึ่งมีส่วนประกอบ



รูปที่ 1 แสดงระบบการทดสอบเครื่องทำน้ำอุ่น

ดังรูปที่ 1 อุปกรณ์จะส่งสัญญาณผ่านระบบส่งสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูลของการทดสอบ

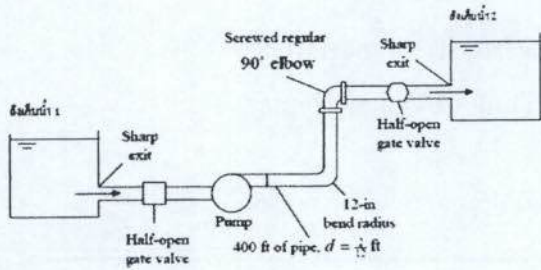
2. ทฤษฎีการไหลแบบหนืดในท่อ (Viscous Flow in Pipe)

เนื่องจากการไหลของน้ำหรือการไหลของไหลแบบหนืดในท่อ (Turbulent) ของไหลจริง (Real Fluid) ต้องคำนึงถึงความหนืดของของไหล (Viscous) ซึ่งมีผลทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างชั้นอนุภาคของตัวกันและระหว่างชั้นอนุภาคของไหลกับผนังของท่อขณะที่ของไหลเคลื่อนของไหลจะถูกทำให้เคลื่อนที่ช้าลง ทำให้พลังงานบางส่วนในของไหลสูญเสียไปในรูปของความร้อนเนื่องจากแรงเสียดทาน ดังนั้นเพื่อให้ของไหลสามารถเคลื่อนที่ไปต้องใส่พลังงานให้ของไหล เช่น ต้องติดตั้งปั๊มให้กับระบบของไหล นอกจากนั้นความหนืดยังส่งผลให้ขอบหน้าข้างความเร็ว (Velocity Profile) ของไหลไม่สม่ำเสมอดังรูปที่ 2

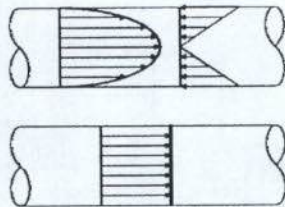
* ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

โทร. 08-6899-2996, 0-2549-3570 โทรสาร 0-2549-3422 E-mail: pboonyang@hotmail.com



รูปที่ 2 ระบบที่ต้องติดตั้งปั๊ม เพื่อเพิ่มพลังงานให้กับของไหล



รูปที่ 3 ขอบหน้าข้างความเร็วของไหลจริง และของไหลสมมติ

การไหลของของไหลจริงอาจแบ่งออกตามลักษณะการไหลได้เป็น 2 ประเภทคือ การไหล ลามินาร์ (Laminar flow) หรือการไหลอย่างเป็นระเบียบ และการไหลเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent flow) หรือการไหลแบบปั่นป่วน ดังรูปที่ 3 ซึ่งการไหลแบบลามินาร์และการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์นั้นจะให้การสูญเสียพลังงานไม่เท่ากัน การไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ที่การสูญเสียพลังงานสูงกว่าลักษณะการไหลแบบลามินาร์ส่วนใหญ่เป็นการไหลของไหลที่มีความหนืดสูง เช่น น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ การไหลเป็นไปอย่างช้าๆ ส่วนการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์เป็นการไหลของของไหลที่มีความหนืดน้อย เช่น น้ำ การไหลจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว การแบ่งลักษณะการไหลขึ้นอยู่กับเลขเรย์โนลด์ส (Reynolds number, Re) ดังสมการ

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu} = \frac{V d}{\nu} \quad (1)$$

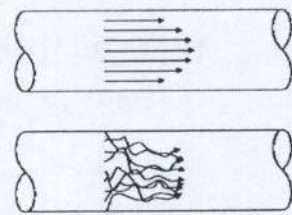
ในเมื่อ ρ เป็นความหนาแน่นของของไหล kg m^3

μ เป็น ความหนืดสัมบูรณ์ของของไหล $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$

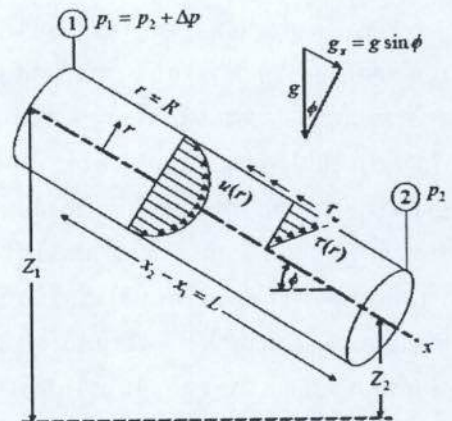
V เป็น ความหนืดจลน์ของของไหล $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$

$V d$ เป็น ความเร็วของไหลภายในท่อ m s^{-1}

d เป็น เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ m



รูปที่ 4 การไหลแบบลามินาร์ และการไหลเทอร์บิวเลนต์



รูปที่ 5 ปริมาตรควบคุมในสองภาคตัดของท่อเอียง

ถ้า $Re < 2300$ เป็นการไหลแบบลามินาร์ และถ้า $Re > 2300$ เป็นการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์จากรูปที่ 3 ระบบท่อนั้น จะเห็นว่าระบบท่อประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ท่อตรง ข้อต่อ วาล์ว ฯลฯ ดังนั้นการสูญเสียพลังงานก็จะเกิดจากอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้ทั้งหมด แต่โดยทั่วไปแล้วในระบบท่อต่างๆ ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นท่อตรง และจะมีอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบ ดังนั้นท่อตรงจึงเปรียบได้ว่าทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานมาก จึงเรียกว่าการสูญเสียหลัก (Major losses) ซึ่งแทนด้วย $f h$ (friction head losses) หรือเรียกว่าเสดสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน ส่วนการสูญเสียในอุปกรณ์อื่นๆ เรียกว่าการสูญเสียรอง (Minor losses) ซึ่งแทนด้วย $m h$ ในเบื้องต้น เราจะหาสมการของการสูญเสียในท่อตรงก่อน นั่นคือ หาสมการ $f h$ ซึ่งหาได้จาก 2 สมการด้วยกันคือ สมการพลังงาน และสมการโมเมนตัมเชิงเส้น รูปสำหรับวิเคราะห์ ดังในรูปที่ 4

จากรูปที่ 5 จากสมการพลังงาน (Steady flow energy equation)

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_f \quad (2)$$

$$h_f = \frac{(P_1 - P_2)}{\rho g} + (z_1 - z_2) = \frac{\Delta P}{\rho g} + \Delta z \quad (3)$$

จากสมการจะเห็นว่า ต้องรู้ผลต่างของความดันและความสูง และความหนาแน่นของของไหลและจากสมการโมเมนตัมเชิงเส้น จะได้

$$h_f = f \frac{L V^2}{d 2g} \quad (4)$$

เรียกว่า สมการ Dracy Weisbach Equation เมื่อ f เป็นตัวประกอบแรงเสียดทาน (Dracy -friction factor) เป็นตัวแปรไร้มิติ ซึ่ง

$$f = f_{en}(\text{Re}, \frac{\varepsilon}{d}) \quad (5)$$

จะเห็นว่าตัวประกอบแรงเสียดทานนี้ ขึ้นกับเลขเรย์โนลด์ส ดังนั้นตัวประกอบแรงเสียดทานนี้ จะแยกเป็นการไหลแบบลามินาร์ และการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ สำหรับการไหลแบบลามินาร์

$$f_{lam}(\frac{64}{\text{Re}}) \quad (6)$$

สำหรับการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ $f_{en}(\text{Re})$ turb $f = \frac{1}{\text{Re}^n}$ ซึ่งต้องเปิดจาก Moody chart

หรือคำนวณจากสูตร

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -1.8 \log \left[\frac{6.9}{\text{Re}} + \left(\frac{\varepsilon/d}{3.7} \right)^{1.11} \right] \quad (7)$$

การสูญเสียรองในระบบท่อ (Minor Losses in Pipe Systems)

ในระบบท่อทั่วไป จะมีการคำนวณการสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานในความยาวของท่อตรง ซึ่งเรียกว่าการสูญเสียหลัก (Major Losses) และยังมี การสูญเสียรอง (Minor Losses) อีก ซึ่งอาจเกิดขึ้น

เนื่องจาก

1. ทางเข้าท่อ หรือทางออกท่อ (pipe entrance or exit)
2. ท่อขยายทันทีทันใด หรือท่อลดทันทีทันใด (sudden expansion or contraction)
3. ข้ออโค้ง ข้องอหักศอก สามทาง และข้อต่ออื่นๆ (bends, elbows, tees, and other fitting)
4. วาล์ว เปิด หรือปิดบางส่วน (valve, open or partially closed)
5. ข้อต่อค่อย ๆ ขยาย หรือ ค่อย ๆ ลด (gradual expansions and contraction)

การสูญเสียในอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ถ้าจะไม่นับ เช่น วาล์วที่ปิดบางส่วนสามารถทำให้เกิดความดันลดที่มีค่ามากกว่าความยาวท่อตรงได้ เนื่องจากรูปแบบการไหลในข้อต่อและวาล์วนั้นซับซ้อนมาก ทางทฤษฎีคำนวณได้ยาก การสูญเสียโดยทั่วไปจะวัดจากการทดลองและนำมาสัมพันธ์กับพารามิเตอร์การไหลในท่อข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับวาล์ว จะขึ้นอยู่กับการออกแบบของบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นวาล์วที่แสดงในหนังสือจะต้องนำมาประมาณการออกแบบเฉลี่ย

การวัดการสูญเสียรองโดยทั่วไปจะให้เป็นอัตราส่วนของเฮดการสูญเสีย(Head loss) สัมประสิทธิ์การสูญเสีย (Loss coefficient)

$$K = \frac{h_m}{V^2 / (2g)} = \frac{\Delta p}{\frac{1}{2} \rho V^2} \quad (8)$$

K เป็นตัวแปรไร้มิติ และไม่มีความสัมพันธ์กับเรย์โนลด์สแนมเบอร์ และอัตราส่วนความขรุขระ

แต่มันง่ายกว่า ด้วยการใช้การประมาณอย่างหยาบ เช่น นี้ ข้อมูลที่เสนอทั้งหมดเป็นสภาวะของการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์อีกทางหนึ่ง แสดงการสูญเสียรองเป็นความยาว เทียบเท่าของท่อ (equivalence length eq L) ซึ่งจะสอดคล้องกับความสัมพันธ์ Dracy friction factor

$$h_m = f \frac{L_{eq}}{d} \frac{V^2}{2g} = K \frac{V^2}{2g} ; L_{eq} = \frac{Kd}{f} \quad (9)$$

ระบบท่อหนึ่ง ๆ อาจจะมีการสูญเสียรองหลาย ๆ ค่า เนื่องจากค่าทั้งหมดจะสัมพันธ์กับ

$V^2 / (2g)$ เราสามารถรวมในระบบการสูญเสียรวมหนึ่ง ๆ ถ้าระบบท่อมี่เส้นผ่านศูนย์กลางคงที่

$$\Delta h_{tot} = h_f + \sum h_m = \frac{V^2}{2g} \left(\frac{fL}{d} + \sum K \right) \quad (10)$$

อย่างไรก็ตามเราจะต้องรวมการสูญเสียแยกจากกัน ถ้าขนาดท่อเปลี่ยนแปลงซึ่งทำให้

$V^2 / (2g)$ เปลี่ยน ความยาว L เป็นความยาวรวมของเส้นท่อ รวมทั้งข้อต่อต่าง ๆ

3. การดำเนินงาน

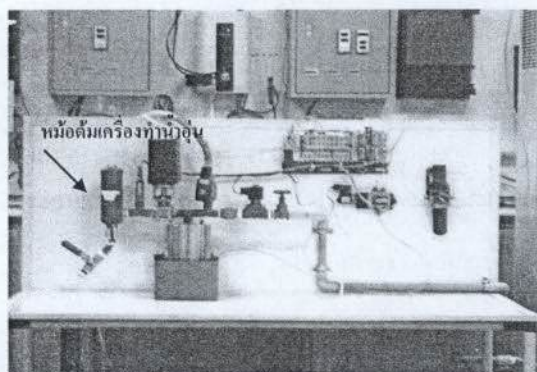
ชุดทดสอบการทนความดันของถังดัดน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่นเป็นชุดทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบคุณภาพของถังดัดน้ำ ซึ่งเป็นชุดทดสอบที่สร้างขึ้นเป็นต้นแบบเพื่อใช้ในการพัฒนาต่อไปดังนั้นการดำเนินการสร้างชุดทดสอบการทนความดันถังดัดน้ำ โดยใช้อุปกรณ์ที่ควบคุมการทำงาน(BK9000) ที่เชื่อมต่อกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของชุดทดสอบการทนความดันนั้น สามารถตอบสนองคำสั่งของโปรแกรมที่ควบคุมชุดทดสอบได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ไม่ว่าจะเป็นการสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรมควบคุม การรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์มาส่งคอมพิวเตอร์โดยผ่านระบบแลนที่มีการตอบสนองการทำงานด้วยความเร็วสูง ทำให้สามารถบันทึกข้อมูลแบบ Real Time ได้ค่าที่เป็นจริงจึงทำให้การสั่งการทำงานถูกต้อง

ดังนั้นการศึกษาข้อมูลโครงสร้างการทำงานของระบบในการควบคุม การออกแบบ การเลือกวัสดุอุปกรณ์ จึงมีความสำคัญยิ่งในการสร้างชุดทดสอบการทนความดันของถังดัดน้ำ ซึ่งต้องมีความสามารถในการทนความดันที่กำหนดได้สูงสุดและมีความปลอดภัยในขณะที่ทำการทดสอบถังดัดน้ำ การสร้างชุดทดสอบ การทนความดันของถังดัดน้ำตามที่ออกแบบไว้และการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนทำให้ชุดทดสอบการทดสอบ

ความดันของถังดัดน้ำทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือในการทดสอบดังนี้

3.1 ชุดทดสอบความดันของถังดัดน้ำ

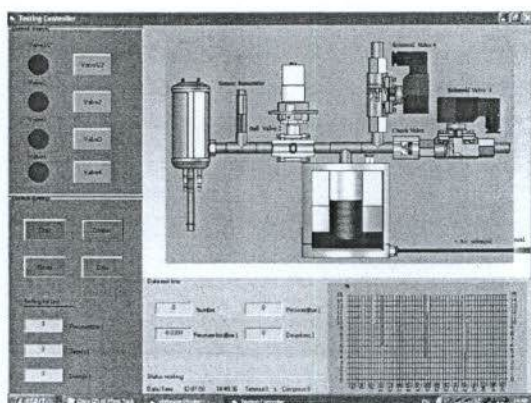
3.2 ส่วนของโปรแกรมในการทดสอบ



รูปที่ 6 ชุดอุปกรณ์ติดตั้งเพื่อทำการทดสอบ

การทำงานโดยการแสดงภาพการทำงานทั้งหมดเป็นแบบ Real time ไม่ว่าจะเป็นค่าความดัน ที่ทำการเก็บบันทึกผล และส่วนของกราฟฟิกส์แสดงภาพขั้นตอนการทำงานทั้งหมดในเวลาทดสอบถังดัดน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่น โปรแกรมควบคุมชุดทดสอบถังดัดน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่น เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุม Beckhoff (BK9000) ซึ่งเป็นการติดต่อระหว่าง Beckhoff กับคอมพิวเตอร์โดยผ่านระบบแลน ซึ่งการทดสอบด้วยโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่สามารถรับ และส่งข้อมูลเพื่อติดต่อควบคุมการทำงานของชุดทดสอบและแสดงผลการทดสอบคุณภาพถังดัดน้ำ อย่างไรก็ตามการทำงานที่ชุดทดสอบนั้นก็สามารถที่จะแสดงการทำงานว่าถึงขั้นตอนไหนได้อย่างสมบูรณ์ทำให้เราทราบขั้นตอนการทำงานของชุดทดสอบที่แสดงการทำงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้

ดังนั้นเราจึงสามารถควบคุมการทำงานของชุดทดสอบถังดัดน้ำผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ทุกขั้นตอนขณะที่ทำงานอยู่และสามารถควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติตามลำดับขั้นตอนที่ได้โปรแกรมไว้ โดยการตั้งค่าการทำงานต่างๆ ตามที่กำหนดเพื่อให้โปรแกรมทำงานตามที่เรารับค่าการทำงานนั้น ซึ่ง



รูปที่ 7 แสดงโปรแกรมในการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบปกติ

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบความดันของถังค้ำน้ำเครื่องทำน้ำอุ่น

No.	Date	First time (sec)	Next time (sec)	Pressure before (bar)	Pressure after (bar)	Pressure loss (bar)
1	08-06-50	10:11:05	10:11:15	12.283	12.270	0.013
2	08-06-50	22:13:04	22:13:14	12.222	12.179	0.043
3	08-06-50	22:15:04	22:15:14	12.273	12.271	0.002
4	08-06-50	22:17:04	22:17:14	12.258	12.257	0.001
5	08-06-50	22:19:03	22:19:13	12.191	12.189	0.002
6	08-06-50	22:21:03	22:21:13	12.173	12.155	0.018
7	08-06-50	22:23:03	22:23:13	12.307	12.304	0.003
8	08-06-50	22:25:01	22:25:11	12.289	12.234	0.055
9	08-06-50	22:27:00	22:27:10	12.277	12.249	0.028
10	08-06-50	22:29:00	22:29:10	12.295	12.292	0.003
Average				12.257	12.240	0.017

จากตารางที่ 1 เป็นตัวอย่างผลการทดสอบความดันของถังค้ำน้ำเครื่องทำน้ำอุ่นซึ่งจะเป็นการบันทึกจำนวนครั้งในการทดสอบ ระยะเวลาเริ่มอัดความดันเข้าถังค้ำน้ำเครื่องทำน้ำอุ่น ซึ่งเมื่อครบ 10 วินาที ก็จะทำให้การบันทึกค่าระดับความดันภายในถังค้ำน้ำเครื่องทำน้ำอุ่นซึ่งสามารถอธิบายค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

- 1) No คือ จำนวนครั้งในการทดสอบ
- 2) Date คือ วัน เดือน ปี ที่ทำการทดสอบ
- 3) First time คือ ระยะเวลาเริ่มอัดความดันภายในถังค้ำน้ำเครื่องทำน้ำอุ่น
- 4) Next time คือ ระยะเวลาอัดความดันเข้าภายในถังค้ำน้ำเครื่องทำน้ำ 10 วินาที
- 5) Pressure before คือ ระดับความดันเริ่มอัดความดันภายในถังค้ำน้ำอุ่น
- 6) Pressure after คือ ระดับความดันหลังอัดความดันเข้าภายในถังค้ำน้ำ 10 วินาที
- 7) Pressure loss คือ ผลระหว่างระดับความดันเริ่มอัดความดันภายในถังค้ำน้ำเครื่องทำน้ำอุ่นกับระดับความดันหลังอัดความดันเข้าภายในถังค้ำน้ำเครื่องทำน้ำอุ่น 10 วินาที

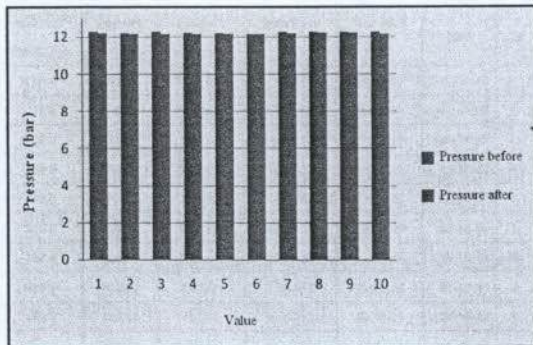
ผลที่ได้จากตาราง 1 นั้น การทดสอบของชุดทดสอบความดันถังค้ำน้ำเครื่องทำน้ำอุ่นนั้นถือว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อย หรือเกือบเป็นศูนย์ซึ่งเกิดจากค่า

สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ควบคุมแบบแมนนวล แบบอัตโนมัติ การแสดงค่าแบบกราฟ real time และแบบจำลองการทำงาน

4. ผลการทดลอง

ในการทดสอบความดันของถังค้ำน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่นนั้นประกอบด้วยชุดทดสอบความดันถังค้ำน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่นและ โปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทดสอบ ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบความดันถังค้ำน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่นได้เป็นอย่างดีและทำงานอย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการทดสอบ ทำให้สามารถนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลคุณภาพของถังค้ำน้ำเครื่องทำน้ำอุ่นได้ ในการทดสอบชุดทดสอบความดันของถังค้ำน้ำในเครื่องทำน้ำอุ่นนั้นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมและผลที่ได้และนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนำมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุและเพื่อที่จะเป็นข้อมูลเพื่อที่จะพัฒนาแก้ไขหรือปรับปรุงประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น ในการทดสอบนั้นจะใช้ความดันน้ำปกติก่อนอัดเข้าไปในถังค้ำน้ำของเครื่องทำน้ำอุ่น ความดัน 2 บาร์ และอัดความดันสูงเข้าไปภายในถังค้ำน้ำของเครื่องทำน้ำอุ่นประมาณ 12 บาร์ แล้วลดความดันนั้นไว้ 10 วินาที ซึ่งผลการทดสอบเป็นไปตามตารางที่ 1

ความผิดพลาดจากอุปกรณ์การวัด ซึ่งในทางอุดมคติ ความดันภายในระบบปิดนั้นจะมีค่าความดันภายในระบบ เท่ากันทุกจุด



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Pressure before และ Pressure after

4.2 การทดสอบการจำลองเมื่อมีการรั่วเกิดขึ้นของถังคัมน์

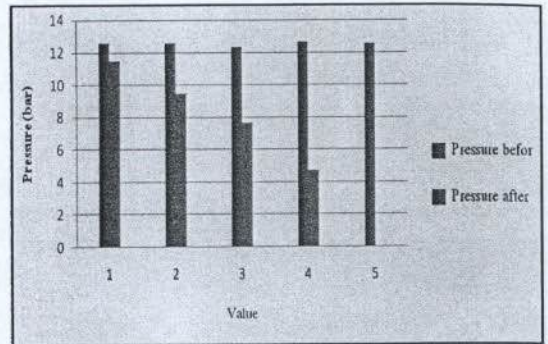
การทดสอบการจำลองเมื่อการรั่วของถังคัมน์ น้ำความดันในการทดสอบที่ 12 บาร์ (bar) เวลาอัดความดันภายในถังคัมน์ที่ 10 วินาที การทดสอบเป็นการจำลองเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในการทดสอบที่อาจจะเกิดรอยรั่วในสถานะที่ความดันปกติหรือมองเห็นด้วยตาเปล่าไม่ได้ว่ามีการรั่วเกิดขึ้นอันเนื่องจากระบบการผลิตเองซึ่งผลการทดสอบเป็นไปตามตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าค่าผลต่างความดัน (Pressure loss) มีค่าเกิดขึ้นต่างกันเนื่องจากผลที่เกิดจากการรั่วต่างกัน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเมื่อมีการรั่วเกิดขึ้น

No.	Date	First time (sec)	Next time (sec)	Pressure before (bar)	Pressure after (bar)	Pressure loss (bar)
1	12-06-50	12:32:50	12:33:00	12.583	11.506	1.077
2	12-06-50	12:40:50	12:41:00	12.570	9.456	3.114
3	12-06-50	12:48:10	12:48:20	12.330	7.652	4.678
4	12-06-50	13:00:45	13:00:55	12.625	4.717	7.908
5	12-06-50	13:07:46	13:07:54	12.552	0.00	12.552

4.3 สรุปผล

- ผลการดำเนินงานการออกแบบ การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมชุดทดสอบและผลการทดสอบถือเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ในกระบวนการทดสอบ



รูปที่ 9 ผลการทดสอบเมื่อมีการรั่วเกิดขึ้น

จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเก็บข้อมูลเป็นเวลานาน การทดสอบได้จำลองถึงเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นและชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของผลการทดสอบว่าจะเกิดผลอย่างไรกับคุณภาพของถังคัมน์ในเครื่องทำน้ำอุ่น

- โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมชุดการทดสอบความดันนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมให้ทำงานได้ดียิ่งขึ้น
- ชุดทดสอบความดันนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นต้นแบบของชุดทดสอบความดันที่จะนำไปพัฒนาหรือสร้างชุดทดสอบความดันที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- ผลที่ได้จากการบันทึกค่า Pressure loss สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุข้อผิดพลาดของถังคัมน์ที่ทำการทดสอบซึ่งอาจเกิดจากการรั่วของถังคัมน์เองและสามารถสังเกตได้จากค่า Error ว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเพียงใดและอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2550 ขอบุณ บริษัทพีไอซ์ จำกัด และบริษัทสติเบลเอลตรอน เอเชีย จำกัด ที่ให้การสนับสนุน

6. เอกสารอ้างอิง

- Dan Mezick, and Scot Hillier. 1999. Visual Basic 6 Certification Examguide. McGraw-Hill, USA
- David Jung, Loren Eidahl, and Jack Purdum. 1999. Visual Basic 6. Sams Publishing, USA
- ชนพล ถันจรัสวิชัย. 2542. การเขียนโปรแกรมและแมโครบน Access 97 (Macro& Programming). ซีเอ็ดบุ๊คเซ็น, กรุงเทพฯ
- ชลมารค พันธุ์สมบัติ. 2549. FLASH 8 Workshop. ชัคเชสมิเดีย, กรุงเทพฯ
- โชติพันธุ์ หล่อเลิศสุนทร, และฐิตะพันธุ์ หล่อเลิศสุนทร. 2543. สอนเขียน Visual Basic 6 ให้เป็น Project. Soft Express&Publishing, กรุงเทพฯ
- ธวัชชัย สุริยะทองธรรม. 2537. FLASH Webprogramming. ชัคเชสมิเดีย, กรุงเทพฯ
- มนตรี พิรุณเกษตร. 2545 กลศาสตร์ของไหล (Fluid Mechanics). วิทยพัฒน์, กรุงเทพฯ
- ยุทธชัย รุจิรวิมล. 2537. FlashMX. ชัคเชสมิเดีย, กรุงเทพฯ

