สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กระบวนการการวัดการไหลสองเฟส

TWO PHASE FLOW MEASUREMENT PROCESS

T119463

นายวรพงศ์ วงศ์วิทย์วิโชติ
นางสาววีรวรรณ อาชวรัตน์ถาวร
นางสาวศุจิภรณ์ ขำละม้าย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119463
วัน,เดือน,ปี - 8 S.A. 2554

b.19362661
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TWO PHASE FLOW MEASUREMENT PROCESS

WORAPHONG WONGVITVICHOT

WEERAWAN ARCHAWARATTHAWORN

SUJIPORN KHAMLAMAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ กระบวนการการวัดการไหลสองเฟส

TWO PHASE FLOW MEASUREMENT PROCESS

นักศึกษาผู้จัดทำ	นายวรพงศ์ วงศ์วิทย์วิโชติ	**รหัสนักศึกษา**	50011363
	นางสาววีรวรรณ อาชวรัตน์ถาวร	**รหัสนักศึกษา**	50011505
	นายศุจิภรณ์ ขำละม้าย	**รหัสนักศึกษา**	50011580
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขา	วิศวกรรมการวัดคุม		
ปีการศึกษา	2553		

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.สักรียา ชิตวงศ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	กระบวนการการวัดการไหลสองเฟส			
	TWO PHASE FLOW MEASUREMENT PROCESS			
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายวรพงศ์	วงศ์วิทย์วิโชติ	**รหัสนักศึกษา**	50011363
	นางสาววีรวรรณ	อาชวรัตน์ถาวร	**รหัสนักศึกษา**	50011505
	นายศุจิภรณ์	ขำละม้าย	**รหัสนักศึกษา**	50011580
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.สักรียา ชิตวงศ์			
ปีการศึกษา	2553			

บทคัดย่อ

กระบวนการวัดการไหลสองเฟสถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง ในด้านอุตสาหกรรมก๊าซและน้ำมันซึ่งปริญญานิพนธ์นี้ ได้นำเสนอหลักการออกแบบสร้างกระบวนการวัดอัตราการไหลสองเฟสคือก๊าซและของเหลว โดยจะแบ่งกระบวนการวัดอัตราการไหลเป็น 2 ส่วนคือ การวัดอัตราการไหลของก๊าซจากถังลมและการวัดอัตราการไหลของก๊าซและของเหลวรวมกัน โดยแต่ละเฟสจะมีคอนโทรลวาล์วช่วยในการควบคุมการไหล และมี V-Cone Flow Meter เป็นตัววัดอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Two Phase Flow Measurement Process	
Authors	Mr. Woraphong	Wongvitvichot
	Miss Weerawan	Archawaratthaworn
	Miss Sujiporn	Khamlamai
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Sakreya	Chitwong
Year	2010	

ABSTRACT

Two-phase flow measurement process is applied extensively in oil and gas industry. This thesis presents design principles to create the two-phase measurement process that contain of gas and liquid. This process is divided into 2 parts, the flow rate measurement of gas from the tank and flow rate measurement of gas and liquid combination. Each phase will have a control valve to control the flow and V-Cone Flow Meter is used to measure the flow rate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำ คำปรึกษา และความเอาใจใส่เป็นอย่างดีจาก รศ.สักรียา ชิตวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อ.ธีรวัฒน์ เทพมณี ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ และท่านคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา ตั้งแต่เริ่มเข้าการศึกษา เพื่อนำความรู้ที่ได้จากท่านคณาจารย์ทุกท่าน นำมาประกอบในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณรุ่นพี่ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษาเพื่อนำมาแก้ไขปัญหาตลอดการช่วยเหลือในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมและเพื่อนนอกภาควิชา ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำงาน

สุดท้ายนี้ขอกราบพระคุณ บิดา มารดาและบุพการีของคณะผู้จัดทำทุกท่าน ผู้ที่มอบชีวิตการศึกษา และอนาคตที่ดี ตลอดจนให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 การวัดการไหล 3

2.2 ธรรมชาติการไหล 3

2.3 ชนิดของการไหล 3

2.4 คุณสมบัติของของไหล 4

2.4.1 อุณหภูมิ 4

2.4.2 ความดัน 4

2.4.3 ความหนาแน่น 4

2.4.4 ความหนืด 4

2.4.5 ความเร็ว 4

2.4.6 จำนวนเลขเรย์โนลด์ (Reynold's Number) 5

2.5 หลักการทฤษฎีของ Bernoulli 6

2.6 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล 7

2.6.1 Flow Transmitter 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6.2 หลักการของ V Cone Flow Meter 7

2.6.2.1 คุณสมบัติทางเทคนิค 8

2.6.2.2 สูตรการคำนวณหาอัตราการไหล 10

2.7 อุปกรณ์วัดความดัน. 11

2.7.1 ดีพี ทรานสมิตเตอร์ ชนิดค่าความจุเปลี่ยนแปลง 12

2.7.2 ดีพี ทรานสมิตเตอร์ ชนิด resonant wire 12

2.7.3 ดีพี ทรานสมิตเตอร์ ชนิด Force Balance. 12

2.8 วาล์วควบคุม (Control Valve) 11

2.8.1 วาล์วทรงกลม (Globe Valve) 12

2.8.2 วาล์วไดอะแฟรม (Diaphragm Valve) 12

2.9 โปรแกรม Lab View 8.2 12

2.9.1 องค์ประกอบสำคัญของ Lab View 8.2 13

2.9.2 ความสามารถของโปรแกรม Lab View 14

2.9.3 การประยุกต์ใช้งาน 14

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 15

3.1 บทนำ 15

3.2 การออกแบบโครงสร้างฮาร์ดแวร์ 15

3.2.1 รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการไหล 16

3.3 ศึกษาการใช้โปรแกรม Lab View 8.2 17

บทที่ 4 การทดลอง 24

4.1 กล่าวนำ 24

4.2 การทดลอง 24

4.2.1 ขั้นตอนที่ 1 วัดอัตราการไหลเฟสก๊าซ 24

4.2.2 ขั้นตอนที่ 2 วัดอัตราการไหลสอง 26

4.3 สรุปผลการทดลอง 27

4.3.1 สรุปผลการทดลองขั้นตอนที่ 1 การวัดอัตราการไหลในเฟสก๊าซ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3.2 สรุปผลการทดลองขั้นตอนที่ 2 การวัดอัตราการไหลสองเฟส.....28

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....29

5.1 สรุปผล.....29

5.2 ข้อเสนอแนะ.....29

บรรณานุกรม.....30

ภาคผนวก.....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ผลการทดลองการวัดการไหลในเฟสก๊าซ.....24

4.2 ผลการทดลองการวัดอัตราการไหลสองเฟส.....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 Pipe Reynolds number R_D 6

2.2 ท่อเปรียบเทียบจุดที่ 1 และ2 ของทฤษฎี Bernoulli 6

2.3 โครงสร้างภายในของ V-Cone Flow Meter 8

2.4 แสดงตำแหน่ง P1 และ P2 8

2.5 แสดงการไหลภายใน V-Cone 9

2.6 สัญญาณเปรียบเทียบ V-Cone Flow Meter กับ Orifice Plate 10

3.1 โครงสร้างของการติดตั้งแพลนโดยรวม 15

3.2 Flow Transmitter 16

3.3 D/P Transmitter 16

3.4 V-Cone Flow Meter 17

3.5 หน้าจอของ Lab View 8.2 18

3.6 หน้าจอ Getting Started 18

3.7 หน้าจอ Front Panel และชุด Controls 19

3.8 หน้าจอ Block Diagram และชุด Functions 20

3.9 แสดงฟังก์ชันบล็อก Signal Processing 20

3.10 ฟังก์ชัน DAQ Assitant 22

3.11 ฟังก์ชัน Waveform Graph 21

3.12 ฟังก์ชัน Stop 21

3.13 ฟังก์ชัน DATALOG 22

3.14 ฟังก์ชัน Write to Measurement 22

3.15 โปรแกรมที่เสร็จสมบูรณ์ 2

3.16 หน้าต่างสำหรับแสดงสัญญาณกราฟ 24

4.1 กราฟแสดงอัตราการไหลในเฟสก๊าซ 26

4.2 กราฟแสดงอัตราการไหลสองเฟส 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

การวัดการไหลเป็นการวัดค่าตัวแปรที่สำคัญค่าหนึ่งในกระบวนการทางอุตสาหกรรมแทบทุกชนิด ซึ่งเกี่ยวข้องกับการไหลของของแข็ง ของเหลว และก๊าซ โดยที่การวัดของไหลเหล่านี้อาจใช้เครื่องมือและวิธีการที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะของของไหลที่เป็นอยู่ขณะนั้น อย่างไรก็ตาม การวัดการไหลอาจกล่าวได้ว่า จะต้องมีความถูกต้องและมีเที่ยงตรงกว่าการวัดปริมาณอื่น ๆ เพราะว่าหากมีความผิดพลาดในการวัดเพียงเล็กน้อยอาจทำให้เกิดการเสียหายอย่างมากมายขึ้นได้ กล่าวคือเกี่ยวกับคุณภาพ และประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตนั้น ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การสูญเสียค่าใช้จ่ายที่มากเกินนั้นเอง ในอุตสาหกรรมการผลิตนั้นสิ่งที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตเพื่อให้มีผลตอบสนองตามต้องการคือ อุณหภูมิ ความดัน ความหนาแน่น ความหนืด ความเร็ว จำนวนเลขเรย์โนลด์ เป็นต้น และในขณะเดียวกันก็ต้องปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวควบคุมเพื่อให้ได้ค่าที่ผลตอบสนองที่ดีที่สุดตามต้องการ โครงงานนี้เป็นกระบวนการวัดอัตราการไหลสองเฟส โดยมีอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการวัดสองเฟสคือ V-Cone Flow Meter หลักการทำงานคล้ายกับเวนทูรีซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure) แต่อุปกรณ์วัดการไหลชนิดนี้ภายในเป็นรูปกรวยจึงทำให้มีความเสถียรภาพมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาทฤษฎีการไหลของอากาศและน้ำ
2. ศึกษาอุปกรณ์การวัดต่าง ๆ ตัวขับเร้าทั้งเชิงทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งาน
3. ศึกษาวิธีการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์การวัดเชิงอุตสาหกรรม
4. ศึกษาวิธีการพัฒนาและเขียนโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์การวัดและประมวลผลข้อมูลสำหรับการวัด

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

สร้างกระบวนการวัดการไหลชนิดสองเฟสและเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์การวัดเชิงอุตสาหกรรมพร้อมทั้งพัฒนาและเขียนโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์การวัดและประมวลผลข้อมูลสำหรับการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีการไหลของอากาศและน้ำ
2. ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์การวัดชนิดต่าง ๆ
3. ออกแบบโครงสร้างจำลองกระบวนการวัด
4. จัดทำโครงสร้างจำลองกระบวนการวัด
5. ทำการศึกษาทฤษฎีโปรแกรม
6. เขียนโปรแกรมเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องมือวัด
7. ทำการทดลองในการวัดการไหลชนิดสองเฟส

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

มีความรู้ความเข้าใจและสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์การวัดเพื่อประมวลผลข้อมูล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวัดการไหล

การวัดการไหลเป็นสิ่งสำคัญทั้งในห้องปฏิบัติการและโรงงานอุตสาหกรรมการที่จะเลือกมิเตอร์เพื่อใช้ในการวัดการไหลขึ้นอยู่กับธรรมชาติของของไหลและความต้องการของโปรเซส

การวัดการไหลเป็นกระบวนการควบคุมในอุตสาหกรรมเพื่อที่จะทราบปริมาณของสสารที่เข้าและออกจากกระบวนการจึงต้องมีการวัดการไหลของของไหลผ่านท่อ มาตรการไหลมีหลายแบบที่แตกต่างกันการเลือกแบบมาตรขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ช่วงของการไหลที่ต้องการวัดหรือความแม่นตรงที่ต้องการ มาตรการไหลน้อยแบบเป็นการวัดการไหลของมวลโดยตรง แต่การวัดหลักที่ต้องการ เป็นการวัดการไหลโดยปริมาตร หรือ ความเร็วของของไหลเฉลี่ย

อัตราการไหลเป็นตัวแปรสำคัญในกระบวนการควบคุมเนื่องจากตัวแปรอื่น ๆ ที่ต้องการควบคุมจะถูกควบคุมโดยปริมาณของอัตราการไหลเกือบทั้งสิ้น วิธีการวัดก็จะมีหลายวิธีแตกต่างกันออกไปส่วนใหญ่จะไม่ใช่การหาค่าอัตราการไหลโดยตรง แต่จะวัดออกมาในรูปแบบอื่น ๆ แล้วนำมาคำนวณเป็นค่าอัตราการไหลอีกทีหนึ่ง

การวัดอัตราการไหลแบบวิธีวัดความดันแตกต่างจะอาศัยหลักการทฤษฎีของ Bernoulli ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้วัดของที่ที่เป็นของเหลว ไอน้ำและก๊าซ

2.2 ธรรมชาติการไหล

สสารที่ไม่ต้านทานการบิดเบี้ยวได้อย่างถาวร ของไหลสามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ตามภาชนะที่บรรจุ ในขณะที่มีการเปลี่ยนรูปร่าง มวลของของไหลจะมีผลต่อชั้นของของไหลที่เลื่อนไถลไปบนของไหลชั้นอื่น ๆ จนได้รูปร่างใหม่ ในระหว่างเกิดการเปลี่ยนรูปร่างจะเกิดความเค้นเฉือน (shear stresses, τ) ขนาดของความเค้นเฉือนที่เกิด ขึ้นอยู่กับความหนืด (viscosity, μ) ของของไหลและอัตราของการเลื่อนไถล หรืออัตราเฉือน (shear rate) แต่เมื่อของไหลหยุดการเปลี่ยนรูปร่างแล้ว ความเค้นเฉือนทั้งหมดจะหายไป ดังนั้น ของไหลเมื่ออยู่ในสมดุลจึงปราศจากความเค้นเฉือน

2.3 ชนิดของการไหล

การไหลของของไหลสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 แบบ คือ แบบที่หนึ่งเป็นการไหลในหนึ่งมิติ สองมิติและสามมิติ แบบที่สองเป็นการไหลแบบหนืดและไม่หนืด แบบที่สามเป็นการไหลแบบราบเรียบและปั่นป่วน และแบบที่สี่เป็นการไหลแบบอัดไม่ได้และอัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คุณสมบัติของของไหล

ก่อนที่จะพิจารณาเทคนิคและวิธีการวัดการไหล เราควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของของไหลก่อน ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน ความหนาแน่น ความหนืด ความเร็ว จำนวนเลขเรย์โนลด์ (Reynolds' number) ค่าเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์ต่อการไหลดังต่อไปนี้

2.4.1 อุณหภูมิ

ตามปกติเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้สภาพหรือ คุณลักษณะของของไหลมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยจะเกี่ยวข้องกับค่า ความหนืด ความหนาแน่น ฯลฯ ดังนั้นอุณหภูมิจึงมีผลอย่างมากต่อการไหลของของไหล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะของก๊าซจะต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษ

2.4.2 ความดัน

เนื่องจากความดันมีความสัมพันธ์กับแรงและพื้นที่หน้าตัดดังนั้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความดันในของไหลที่ต้องการวัดจะทำให้ความเร็วการไหลของของไหลเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

2.4.3 ความหนาแน่น

เนื่องจากความหนาแน่นมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักและปริมาตร ดังนั้นหากของไหลบรรจุอยู่ในภาชนะที่มีปริมาตรจำกัดก็จะทำให้มีความหนาแน่นมาก นั้นคืออาจมีผลต่อการไหลของสารเหล่านั้น (เกี่ยวกับความเร็วการไหล)

2.4.4 ความหนืด

ความต้านทานต่อการไหลของของไหล เช่นน้ำมันหล่อลื่นมีความหนืดมากกว่าน้ำ หรือน้ำมีความหนืดมากกว่าน้ำมันเบนซิน เป็นต้น ตามปกติความหนืดของของเหลวจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ขณะเดียวกันความหนืดของก๊าซจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของก๊าซลดลง

2.4.5 ความเร็ว

จะเป็นค่าตัวแปรที่กำหนดพฤติกรรมการไหลของของไหลว่าจะเป็นไปในลักษณะใด กล่าวคือ การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flows) จะมีโครงสร้างภายในของการไหลที่มีลักษณะของความเร็วเป็นชั้น ๆ เรียงซ้อนกันอยู่ โดยที่ความเร็วแต่ละชั้นนั้นจะมีค่าคงที่ การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flows) นั้นไม่มีความแน่นอนและไม่คงที่ของความเร็วในอนุภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 จำนวนเลขเรย์โนลด์ (Reynolds's Number)

เรย์โนลด์ ได้ศึกษาสภาวะที่ของเหลว ไหลแบบราบเรียบ เปลี่ยนรูปแบบไปเป็นแบบปั่นป่วน พบว่า ความเร็ววิกฤติที่เป็นการไหลแบบราบเรียบ ขึ้นอยู่กับปริมาณ 4 ชนิด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ความหนืด ความหนาแน่น และความเร็วเชิงเส้นเฉลี่ยของของเหลวนอกจากนี้ เรย์โนลด์ยังพบว่า ตัวประกอบทั้งสี่ สามารถรวมกันเป็นค่าค่าหนึ่ง และเปลี่ยนไปตามชนิดของการไหล ค่าที่ได้แสดงรูปแบบการไหล เรียกว่า เลขเรย์โนลด์ (Reynolds number, Re) โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$R = \frac{vD\rho}{\eta} \qquad (2.1)$$

โดยที่ R คือ Reynolds's Number

v คือ ความเร็วเฉลี่ย

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ

η คือ ความหนืด

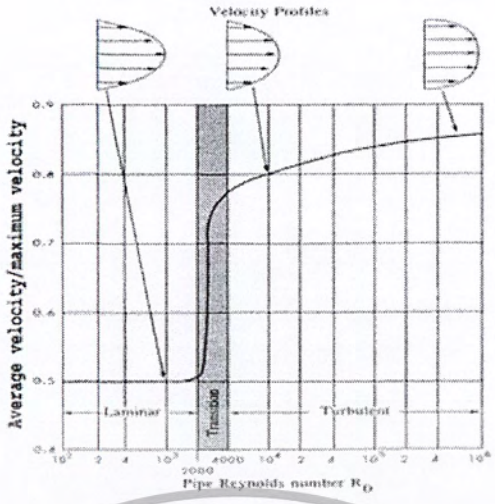
ถ้า Reynolds's Number มีค่าน้อยกว่า 2000 จัดว่าเป็นการไหลของ ของไหลนั้นเป็นแบบ Laminar และถ้ามีค่ามากกว่า 4000 ขึ้นไปการไหลของของไหลก็จะเป็นแบบ Turbulent ถึงแม้จำนวนเลขเรย์โนลด์จะไม่มีหน่วย แต่มันมีความสำคัญอย่างมาก คือจำนวนเลขนี้จะเป็นตัวกำหนดรูปแบบการไหลของของไหลว่าเป็นแบบใด เช่น

R_D อยู่ในช่วง 0 - 2000 สภาพการไหลเป็นแบบ Laminar Flow

R_D อยู่ในช่วง 2001 - 4000 สภาพการไหลเป็นแบบ Transition Zone มีการไหล 2 แบบคือ Laminar และ Turbulent

R_D มากกว่า 4001 สภาพการไหลเป็นแบบ Turbulent Flow โดยส่วนใหญ่จะเป็นการไหลแบบนี้จะเป็นอุปสรรค์ต่อการวัด Flow Rate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 Pipe Reynolds number R_D

2.5 หลักการทฤษฎีของเบอร์นูลี (Bernoulli Theorem)

ทฤษฎีเบอร์นูรี่กล่าวว่า "ของไหลแบบอัตราการไหลสม่ำเสมอหรือเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ที่ปราศจากแรงเสียดทานแล้ว ผลบวกของ Velocity Head, Pressure Head และ Elevation Head ในทุกจุดของท่อจะมีค่าคงที่"

ภาพที่ 2.2 ท่อเปรียบเทียบจุดที่ 1 และ2 ของทฤษฎี Bernoulli

สมการของ Bernoulli เปรียบเทียบที่จุด 1 และ 2 จะได้

$$\frac{P_1}{\rho_1}+\frac{V_1^2}{2g_c}+\frac{Z_1 g}{g_c}=\frac{P_2}{\rho_2}+\frac{V_2^2}{2g_c}+\frac{Z_2 g}{g_c}\Rightarrow\frac{P_1-P_2}{\rho}=\frac{V_2^2-V_1^2}{2g_c} \tag{2.2}$$

$$Q=A_1V_1=A_2V_2\Rightarrow V_1=\left(\frac{A_2}{A_2}\right)V_2 \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_1 - P_2 = \frac{V_2^2 \rho}{2g_c}\left[1-\left(\frac{A_2}{A_2}\right)^2\right] \Rightarrow Q = A_2 V_2 = \left[\frac{A_2}{\sqrt{1-(A_2-A_1)}}\right]\sqrt{\frac{2g_c(P_1-P_2)}{\rho}} \quad (2.4)$$

$$Q_{ideal} = A_2 V_2 = \left[\frac{A_2}{\sqrt{1-(A_2-A_1)}}\right]\sqrt{\frac{2g_c(P_1-P_2)}{\rho}} \quad (2.5)$$

$$Q_{actual} = CQ_{ideal} \quad \text{และ} \quad \left[\frac{A_2}{\sqrt{1-(A_2-A_1)}}\right] = \text{constant ; C = Discharge coefficient} \quad (2.6)$$

$$Q_{actual} = KA_2\sqrt{\frac{2g_c(P_1-P_2)}{\rho}} \quad (2.7)$$

โดยที่ k คือ Flow Coefficient

2.6 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล

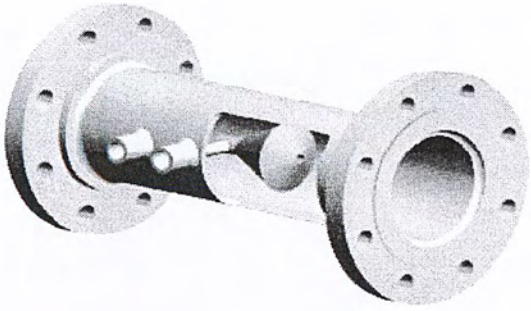
2.6.1 ทรานสมิตเตอร์ วัดอัตราการไหล เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดอัตราการไหลซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

- Non-contact sensor electronics
- Electronic signal conditioning circuit
- Digital flow rate and total indication
- Proportional analog output

2.6.2 หลักการของ V-Cone Flow Meters

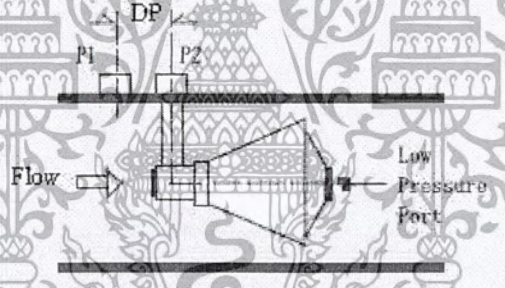
V-cone Flow Meter เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดการไหลโดยหลักการทำงานก็จะใช้หลักความดันแตกต่าง (differential pressure) สามารถนำมาใช้ในการวัดของเหลวต่าง ๆ ภายใต้สภาพการไหลที่แตกต่างในช่วงกว้าง ทฤษฎีการไหลหลักความดันแตกต่างก็จะขึ้นอยู่กับทฤษฎีของ Bernoulli การประหยัดพลังงานของของเหลวที่ไหลอย่างต่อเนื่องในท่อปิด ความเร็วของของไหลจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับรากกำลังสองของความดันแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างภายในของ V-Cone Flow Meter

นอกจากนี้ V-cone Flow Meter ยังสามารถขยายย่านการวัดของอัตราการไหลแต่ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับคุณสมบัติพิเศษของของไหลด้วยเช่นกัน ข้อดีของ V-cone Flow Meter คือให้สัญญาณมีความเสถียรภาพและเป็นมาตรฐานสากล หลักการพื้นฐานของ V-Cone Flow Meter เมื่อของไหลไหลผ่านและกระทบกับโครงสร้างภายในซึ่งเป็นรูปกรวยดังภาพที่ 2.3 จะทำให้ของไหลก่อตัวขึ้นใหม่ภายใต้ความเร็วที่เพิ่มขึ้นและความดันที่ลดลง



ภาพที่ 2.4 แสดงตำแหน่ง P1 และ P2

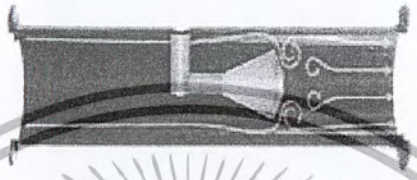
ความดันแตกต่าง ΔP จะขึ้นในช่วงก่อนและหลังตัว V-Cone ความดันทางด้านความดันสูง (positive pressure) P1 คือความดันที่คงที่ที่ติดอยู่กับด้านหน้าของ upper stream ในขณะที่ทางด้าน ในขณะที่ทางด้านความดันต่ำ (negative pressure) P2 คือความดันที่ได้รับจาก down stream ขาที่ติดอยู่กับ แกนกลางของ V-Cone แสดงให้เห็นดังภาพที่ 2.4

2.6.2.1 คุณสมบัติทางเทคนิค

ตัวแปลงสัญญาณ V-Cone Flow Meter จะคล้ายกับอุปกรณ์วัดความดันแตกต่างอื่น ๆ ในเรื่องของสมการการคำนวณหาอัตราการไหล แต่อย่างไรก็ตามโครงสร้างของ V-Cone ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างจากตัว ดีพี มิตเตอร์ แบบดั้งเดิม ตัวแปลงสัญญาณของ V-Cone จะทำให้ของไหลหดตัวโดยตำแหน่งรูปกรวยในศูนย์กลางภายในท่อ ของไหลจะไหลแบบสมบูรณ์ ในท่อยาวโดยปราศจากสิ่งกีดขวางหรือสิ่งรบกวน ความเร็วของของไหลภายในท่อจะแตกต่างกัน ซึ่งช่วงใกล้กับผนังท่อจะลดลงและสูงสุดในช่วงกลางระหว่างผนังท่อ เนื่องจากเกิดความเสียดทานของผนังท่อน้ำทำให้ความเร็วของของไหลช้าลง โครงสร้างรูปกรวยภายในของ V-Cone Flow Meter จะอยู่ตำแหน่งศูนย์กลางภายในท่อซึ่งจะเกิดปฏิสัมพันธ์กับพื้นที่ความเร็วของการไหลโดยตรง ดังภาพที่ 2.4 จะเป็นภาพแสดงการไหลภายใน V-Cone Flow Meter



ภาพที่ 2.5 แสดงการไหลภายใน V-Cone Flow Meter

สำหรับออริฟิสซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดการไหล ช่องรูของออริฟิสจะอยู่ตรงส่วนกลางของท่อซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ได้มีผลกระทบกับพื้นที่ความเร็วสูงของการไหลและนี่เป็นข้อที่ดีสุดของตัวแปลงสัญญาณ V-Cone ในช่วงที่มีอัตราการไหลลดต่ำลง

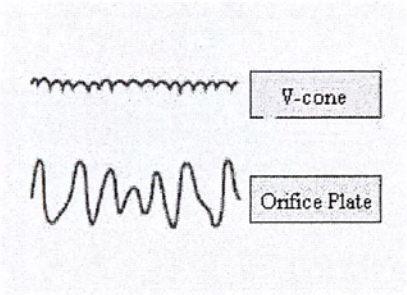
เมื่ออัตราการไหลลดลง V-Cone จะทำปฏิกิริยาโต้ตอบกับความเร็วของการไหลสูงสุดในท่ออย่างต่อเนื่อง เมื่อนำมา V-Cone มาต่อกับตัว ดีพี ทรานสมิตเตอร์ อาจพบว่ามีเกิดเกิดการสูญเสียความดันเกิดขึ้นที่ส่งผลกระทบต่อสัญญาณที่วัดได้

1. ความแม่นยำสูง (High Accuracy) V-Cone Flow Meter สามารถให้สัญญาณการวัดที่ให้ความแม่นยำสูง $\pm$ 0.5% ซึ่งความถูกต้องของระบบในการวัดก็จะขึ้นอยู่กับระดับความถูกต้องของ V-Cone Flow Meter ตัวแปลงสัญญาณและอุปกรณ์การวัดอื่น ๆ อีกด้วยเช่นกัน

2. การทำซ้ำที่ดี (Excellent repeatability) การทำซ้ำของ V-Cone Flow Meter สามารถทำได้ถึง $\pm$ 0.1% หรือดีกว่า

3. สัญญาณเสถียรภาพ (Signal stability) V-Cone Flow Meter จะให้สัญญาณที่เสถียรกว่าอุปกรณ์การวัดการไหลที่ใช้หลักความดันแตกต่างชนิดอื่น เช่น ออริฟิสหรือเวนทูรี ดังแสดงให้เห็นดังภาพที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 สัญญาณเปรียบเทียบ V-Cone Flow Meter กับ Orifice Plate

4. การผสมกันกับวัสดุที่แตกต่าง (Mixing of different materials) ในการวัดอัตราการไหลมากกว่า 1 เฟสนั้น อุปกรณ์ V-Cone Flow Meter จะสามารถผสมวัสดุของของไหลเข้าด้วยกันแล้วจึงแปลงสัญญาณออกมา ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้กับการวัดการไหลในหลายเฟสได้

2.6.2.2 สูตรการคำนวณหาอัตราการไหล

จากหลักการของการอนุรักษ์ของมวลและพลังงานตลอดจนสมการของเบอร์นูลี อัตราการไหลเชิงมวลของ V-cone Meters สามารถหาได้จาก

$$W = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} A\sqrt{2\Delta p \rho} \qquad (2.8)$$

โดยที่ M คือ mass flow rate

C คือ discharge coefficient

A คือ throat area

Δp คือ differential pressure

ρ คือ density of the fluid

β คือ diameter ratio

สูตรการคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำและอากาศแบบแยกเฟสของน้ำและอากาศตามลำดับ

$$W_w = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} A\sqrt{2\Delta p_1 \rho_1} \qquad (2.9)$$

$$W_0 = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} A\sqrt{2\Delta p_2 \rho_2} \qquad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการคำนวณหาอัตราการไหลแบบสองเฟสของน้ำและอากาศ

$$W_w = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} A\sqrt{2\Delta p_{TP}\rho_1} \tag{2.11}$$

$$W_0 = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} A_2\sqrt{2\Delta p_{TP}\rho_2} \tag{2.12}$$

2.7 อุปกรณ์วัดความดัน

การวัดความดันแตกต่างมีการนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ในการวัดอัตราการไหลของของไหล วัดระดับของเหลว อุปกรณ์ที่ใช้วัดความดันแตกต่างถูกออกแบบให้อยู่ในรูปของแคปซูลมีชื่อเรียกกว่า ดีพีเซลล์ มีทฤษฎีหลักการหลาย ๆ อย่างเช่นการเปลี่ยนแปลงค่าความจุ การเปลี่ยนแปลงความถี่รีโซแนนซ์ของ หรือหลักการของแรงสมดุลย์ ส่วนใหญ่แล้วทรานสมิตเตอร์จะเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้เอาท์พุตเป็นสัญญาณในรูปกระแสหรือโวลต์เตจ

2.7.1 ดีพี ทรานสมิตเตอร์ ชนิดค่าความจุเปลี่ยนแปลง

หลักการของดี/พี ทรานส์มิตเตอร์ชนิดค่าความจุเปลี่ยนแปลงคือ จะเปลี่ยนแปลงค่าความดันแตกต่างไปเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าความจุ

2.7.2 ดีพี ทรานสมิตเตอร์ ชนิด resonant wire

หลักการทำงานจะอาศัยการเปลี่ยนค่าความดันแตกต่างไปเป็นค่าความตึงของเส้นลวดและทำให้ความถี่รีโซแนนท์ของเส้นลวดเปลี่ยนแปลงไป

2.7.3 ดีพี ทรานสมิตเตอร์ ชนิด Force Balance

หลักการทำงานอาศัยหลักการสมดุลย์ของแรงบนคาน การเปลี่ยนตำแหน่งของคานที่เกิดจากความแตกต่างของความดันจะถูกตรวจโดย LVDT ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับรู้และเอาท์พุตของมันจะเปลี่ยนไปตามขนาดของความแตกต่างและมีมอเตอร์ป้อนกลับเป็นตัวทำให้คานสมดุล

2.8 วาล์วควบคุม (Control Valve)

คอนโทรลวาล์วเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีหน้าที่สำคัญในการควบคุมอัตราการไหลของของไหลเพื่อให้ได้ค่าตาม Set Point เราสามารถแบ่งประเภทของวาล์วควบคุมตามลักษณะการเปิดปิดซึ่งมี 2 ประเภทคือ

- Linear-Shaft Valve จะเป็นวาล์วที่ทำการเปิด-ปิด ในแนวเส้นตรง
- Rotary-Shaft Valveจะเป็นวาล์วที่ทำการเปิด-ปิด ตามเส้นรอบวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนBodyของวาล์วควบคุมจะมีหลายแบบ แต่ละแบบมีลักษณะเฉพาะตามความเหมาะสมของการทำงานซึ่งจะมีที่นิยมใช้งานดังนี้

- Glove Valve
- Butterfly Valve
- Eccentric Rotating Valve
- Ball Valve
- Diaphragm Valve

ในการใช้วาล์วควบคุมนั้น ควรจะเลือกหาขนาดของวาล์วที่เหมาะสมต่อการใช้งานเพราะวาล์วควบคุมถูกใช้เป็นตัวกำหนดปริมาณของวัสดุ หรือ พลังงานให้ผ่านเข้าไปจึงต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์กับระยะเปิด-ปิดของวาล์ว การคำนวณหาขนาดของวาล์วควบคุมที่เหมาะสม ซึ่งวาล์วควบคุมที่ได้นำมาใช้ในกระบวนการวัดการไหลนี้ได้แก่วาล์วทรงกลมและวาล์วไดอะแฟรม

2.8.1 วาล์วทรงกลม (Globe Valve)

เป็นแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด มีชนิดและขนาดต่างกัน ทิศทางการไหลมีทั้ง Flow to Close และแบบ Flow to Open ซึ่งจะนิยมใช้มากว่าเพราะเป็นเป็นชนิดที่ควบคุมให้มีเสถียรภาพได้ดี วาล์วชนิดนี้แบ่งย่อยตามลักษณะของช่องทางเดินได้อีก 2 แบบ คือ Single Port Globe และ Double Port Glove Valve

2.8.2 วาล์วไดอะแฟรม (Diaphragm Valve)

วาล์วแบบนี้เหมาะที่จะนำไปใช้กับของไหลที่มีความเหนียว ข้น กัดกร่อนหรือมีเศษผงเจือปนอยู่ วาล์วชนิดนี้มีโครงสร้างง่าย ราคาถูกและซ่อมบำรุงรักษาง่ายแต่ปัจจุบันไม่นิยมใช้กันแล้วเพราะต้องคอยเปลี่ยนแผ่นไดอะแฟรมบ่อย เพื่อป้องกันการรั่วซึมเมื่อแผ่นไดอะแฟรมเกิดการชำรุด ปัจจุบันนิยมใช้วาล์วควบคุมแบบ V ball Valve แทน

2.9 โปรแกรม LabVIEW 8.2

LabVIEW เป็นโปรแกรมที่ใช้ติดต่อสื่อสารกับเครื่องมือต่าง ๆ ที่อยู่ภายนอกผ่านบอร์ด Data Acquisition ใช้งานเป็น monitoring หรือในการควบคุมการวัดค่าต่าง ๆ เช่น strain อุณหภูมิ หรือสัญญาณอื่นๆ โดยมีตัวเซนเซอร์รับสัญญาณเข้ามา โดยเอาต์พุตที่ได้จากเซนเซอร์เหล่านี้จะมีค่าเป็นแรงดันหรือกระแสซึ่ง LabVIEW สามารถอ่านค่าที่ผ่านเข้ามาทาง DAQ Card แล้วบันทึกค่าเป็นไฟล์ข้อมูลได้ ดังนั้นการนำ LabVIEWไปใช้จะต้องพิจารณาถึงวัตถุประสงค์และการประยุกต์การใช้งาน ก่อนว่ามี อินพุต เป็นอะไร และต้องการ เอาต์พุตอะไร จากนั้นจึงทำการเลือก ฮาร์ดแวร์ ให้ตรงตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน LabVIEW ผู้ใช้ควรมีพื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมพอสมควร เนื่องจากการติดต่อสื่อสารระหว่างโปรแกรมกับเครื่องมือต่าง ๆ ที่อยู่ภายนอกนั้น ผู้ใช้ต้องเขียนโปรแกรมคำสั่งการทำงานเพื่อเรียกข้อมูลการวัดแล้วนำมาผ่านกระบวนการ ให้เป็น monitoring หรือการเขียนคำสั่งเพื่อการควบคุมระบบเช่น ให้โปรแกรมสามารถตรวจสอบค่า Strain ที่อ่านได้ว่าถ้ามีค่าไม่เกินกว่าที่กำหนดแล้วจึงค่อยส่งคำสั่งไปควบคุมให้อุปกรณ์อื่น ๆ ทำงานต่อได้ เป็นต้น

2.9.1 องค์ประกอบสำคัญของ LabVIEW 8.2

1. Front panel เป็นส่วนตั้งค่าการวัดและอ่านค่าตัวเลขหรือกราฟที่ออกมาจากบล๊อคไดอะแกรม จึงทำหน้าที่เสมือนเครื่องมือวัดจริง โดย อินพุตที่ป้อนเข้าไปจะเป็นตัวควบคุม ส่วนเอาต์พุต ที่ออกมาจะเป็นตัวแสดงผล

2. Block diagram ทำหน้าที่เสมือนเป็น ซอสโค้ด โดยใช้โปรแกรมภาษากราฟฟิก องค์ประกอบของบล๊อคไดอะแกรม นี้จะแทนโปรแกรมโนด เช่น for loop, case structure และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

3. Icon/Connector ภายใน Front panel จะประกอบด้วย icon ต่างๆและมีสายเชื่อมต่อถึงกันในแต่ละicon ซึ่งเมื่อเชื่อมต่อกันแล้ว จะสามารถเปลี่ยน Virtual instrument (VI) นี้ให้เป็น Sub VI หรือ Object ที่นำกลับมาใช้ในบล๊อคไดอะแกรมได้อีก

2.9.2 ความสามารถของโปรแกรม LabVIEW

เนื่องจากบริษัท National Instrument (NI) ซึ่งเป็นผู้พัฒนาโปรแกรม LabVIEW มีผลิตภัณฑ์ในการพัฒนาอยู่มากมายทั้ง ฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ จึงทำให้โปรแกรม LabVIEW มีความสามารถในการติดต่อ ฮาร์ดแวร์ อย่างหลากหลายเช่น

Hardware การใช้ โปรแกรม LabVIEW เพื่อเชื่อมต่อกับฮาร์ดแวร์ภายนอกทำได้โดยผ่านทางการ์ด DAQ (data acquisition) การเชื่อมต่อสามารถเชื่อมต่อกับพอร์ตได้หลายชนิด เช่น พอร์ตขนาน (parallel port), พอร์ตอนุกรม (serial port), GPIB, และ HPIB เป็นต้น จึงมีแนวความคิดในการออกแบบวงจรขึ้นมา โดยกำหนดคุณสมบัติให้เป็นบอร์ดแบบภายนอกเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม (RS-232) มีจำนวนอินพุต-เอาต์พุต 16 ช่อง (channel) อินพุตทำงานได้ทั้งโหมดดิจิตอลอินพุตและอนาลอกอินพุต สำหรับเอาต์พุตกำหนด ให้เป็นแบบดิจิตอลเอาต์พุต ออกแบบให้สร้างง่ายและต้นทุนต้องไม่สูงมากจนเกินไป

Software โปรโตคอลต่าง ๆ ในทางอุตสาหกรรม LabVIEW ก็สามารถติดต่อสื่อสารได้ รวมทั้ง PLC ยี่ห้อต่าง ๆ และงาน SCADA ก็สามารถทำได้ รวมถึงความสามารถในการทำ Image Processing อีกด้วยเช่นกัน สามารถติดต่อกับฐานข้อมูลมาตรฐานรวมทั้งการควบคุมการทำงานกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมไมโครซอฟออฟฟิสและอื่น ๆ ซึ่งทำให้การนำมาประยุกต์ใช้งานสามารถทำได้ง่ายและประมวลผลในตัวเอง ในขณะที่โปรแกรมอื่น ๆไม่มีความสามารถทั้งหมด

2.9.3 การประยุกต์ใช้งาน

มีประยุกต์ในงานอย่างหลากหลายทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมชั้นนำเช่น Minibea, Western digital, Seagate จนกล่าวได้ว่างานเกือบทุกชนิดสามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ PLC สั่งงานติดต่อสื่อสารวัดค่า LabVIEW สามารถเข้าไปช่วยงานได้ทั้งหมด

LabVIEW เป็นซอฟท์แวร์จากบริษัท National Instruments โดยจุดเด่นของ LabVIEW คือเป็นภาษาโปรแกรมมิงแบบกราฟฟิก (Graphic programming language) ที่สมบูรณ์แบบทุก ๆ ฟังก์ชันทดแทนด้วยกราฟฟิกทั้งหมด ไม่เหมือนกับชุดพัฒนาแอพพลิเคชันอื่น ๆ ที่จะต้องมีภาษาโปรแกรมมิงแบบ text มารองรับ เช่น Visual Studio จะเป็น BASIC, C++ หรือ Delphi แต่ในปัจจุบันด้วยความสามารถที่มากขึ้นของ LabVIEW จึงไม่ใช่เป็นเพียงแค่ภาษาโปรแกรมมิงแบบกราฟฟิกที่โดดเด่นสำหรับเครื่องมือต่าง ๆ เท่านั้นแต่เป็น "ชุดพัฒนาแอพพลิเคชัน" ที่ทำให้การพัฒนางานซอฟท์แวร์สำหรับการใช้งานจริงเป็นไปได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

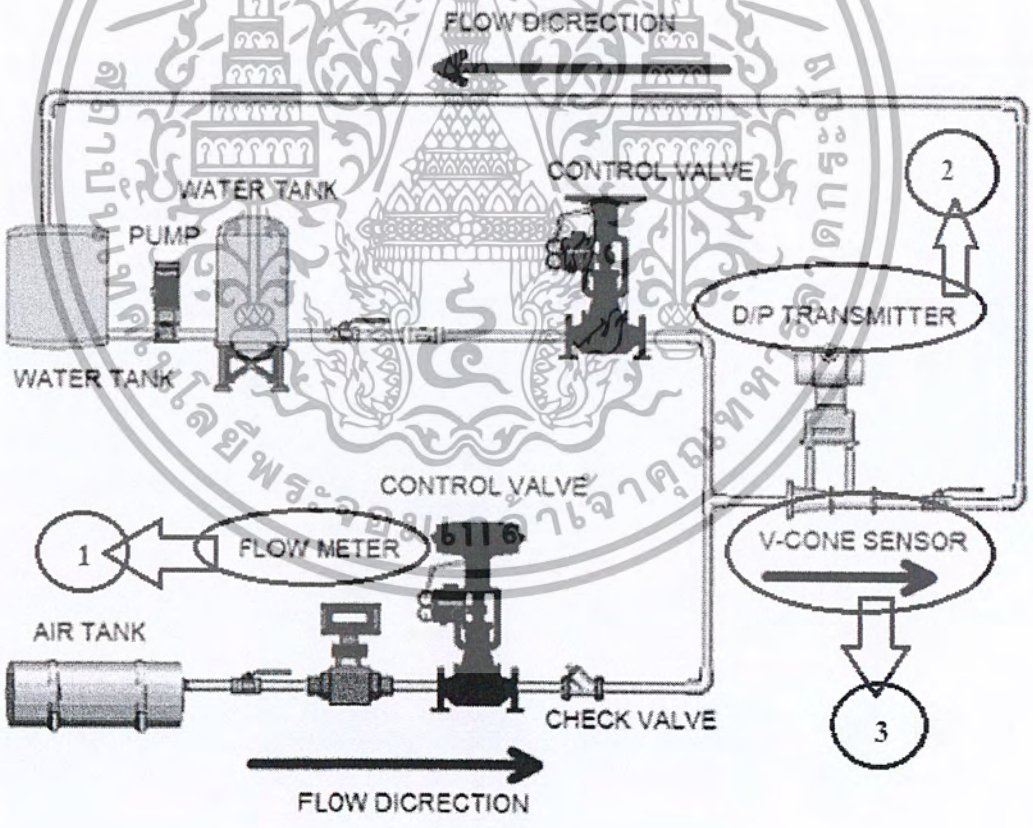
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 บทนำ

กระบวนการวัดการไหล ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง ในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปิโตเลียม ในการทำโครงงานนี้ได้วางแผนและออกแบบโดยการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เช่น ทฤษฎีการไหล ธรรมชาติของการไหล หลักการทำงาน วิธีการติดตั้งการใช้งานของอุปกรณ์ ที่จะนำมาใช้ในกระบวนการวัดการไหล การศึกษาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาใช้ในการเชื่อมต่อรับส่งข้อมูล ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องมือวัดการไหล

3.2 การออกแบบโครงสร้างฮาร์ดแวร์

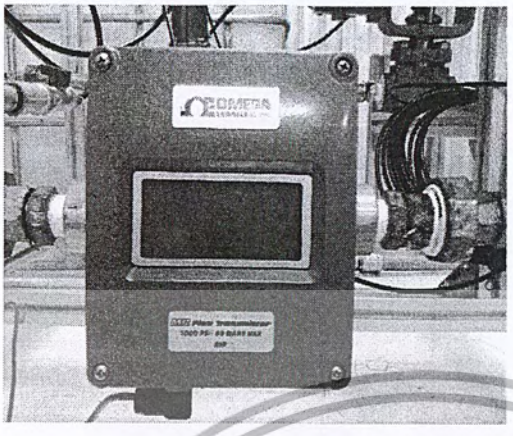


ภาพที่ 3.1 โครงสร้างของการติดตั้งแพลนโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการไหล

1. ทรานสมิตเตอร์ วัดอัตราการไหล



Flow Transmitter: OMEGA

Repeatabity: ± 0.5 %

Accuracy: ± 2% of full Scale

Power Requirement:

- Power Supply: 24 Vdc
- Output: 0 – 10 Vdc

Range Flow Rate: 0 to 400 litter/min

ภาพที่ 3.2 ทรานสมิตเตอร์ วัดอัตราการไหล

2. ดีพี ทรานสมิตเตอร์

D/P Transmitter: Serial No.2082274

Span adjust: 0.5 to 150 inH_2O

Power Requirement:

- Power Supply: 24 Vdc
- Output: 4-20 mA

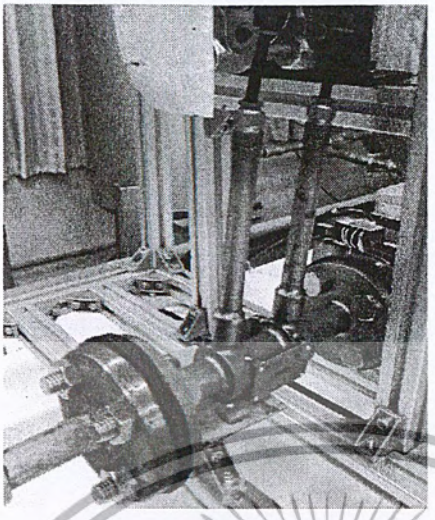
ภาพที่ 3.3 ดีพี ทรานสมิตเตอร์

ดีพี ทรานสมิตเตอร์ เป็นอุปกรณ์ใช้วัดความดันแตกต่าง เป็นทรานสมิตเตอร์ที่ให้สัญญาณเอาท์พุตเป็นสัญญาณไฟฟ้าในรูปของกระแส คือ 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ ในการทดลองได้ปรับย่านการวัดของดีพีทรานสมิตเตอร์อยู่ในช่วง 0.5 ถึง 150 inH_2O เมื่อทำการทดสอบวัดสัญญาณเอาต์พุทของดีพี ทรานสมิตเตอร์ ความดันที่ 1.75 inH_2O, 16.75 inH_2O และ 42.06 inH_2O สามารถวัดได้อัตราการไหลที่ผ่าน V-Cone Flow Meter ได้ 11.88 ลิตร/นาที, 36.33 ลิตร/นาที และ 57.52 ลิตร/นาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3. V-Cone Flow Meter



Model: KVCFF15D3S/2

Repeatabity: ±0.06%

Accuracy: ± 0.5%

Meter efflux coefficient: 2.148

Beta: 0.6614

ภาพที่ 3.4 V-Cone Flow Meter

3.3 ศึกษาการใช้โปรแกรม LabVIEW 8.2

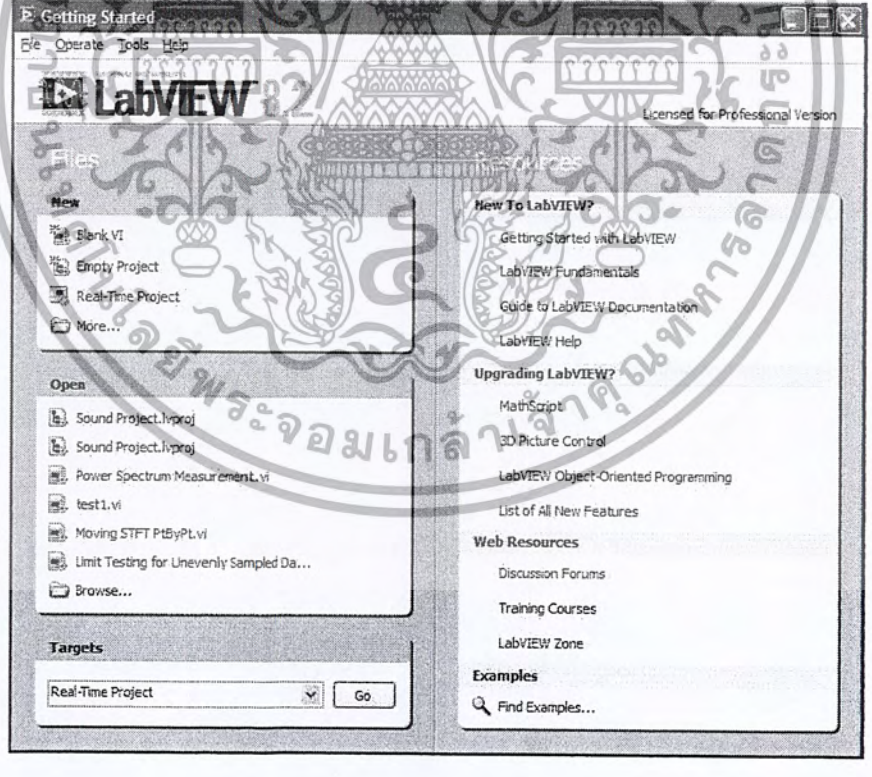
สัญญาณเอาต์พุทจาก ดีพี ทรานสมิตเตอร์ จะอยู่ในรูปของกระแส 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์เมื่อนำมาต่อกับคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอกแปลงสัญญาณจาก 4 ถึง 20 มิลแอมป์ให้กลายเป็น 0-10 V นำมาเชื่อมต่อกับการ์ด NI PCI 6036-E (ขนาด 16 บิต) การ์ด NI PCI 6036-E จะแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อนำสัญญาณเอาต์พุทจากตัว ดีพี ทรานสมิตเตอร์ เข้ามาประมวลผลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรม LabVIEW 8.2 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนเพื่อการวัดและประมวลผลของสัญญาณจาก ดีพี ทรานส์มิตเตอร์ เมื่อเริ่มต้นใช้งาน LabVIEW 8.2 เราจะพบหน้าจอดังในภาพที่ 3.5 ซึ่งเมื่อเสร็จการ initialization แล้วจะปรากฏหน้าจอ Getting started ดังในภาพที่ 3.6

119463

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.5 หน้าจอของ LabVIEW 8.2

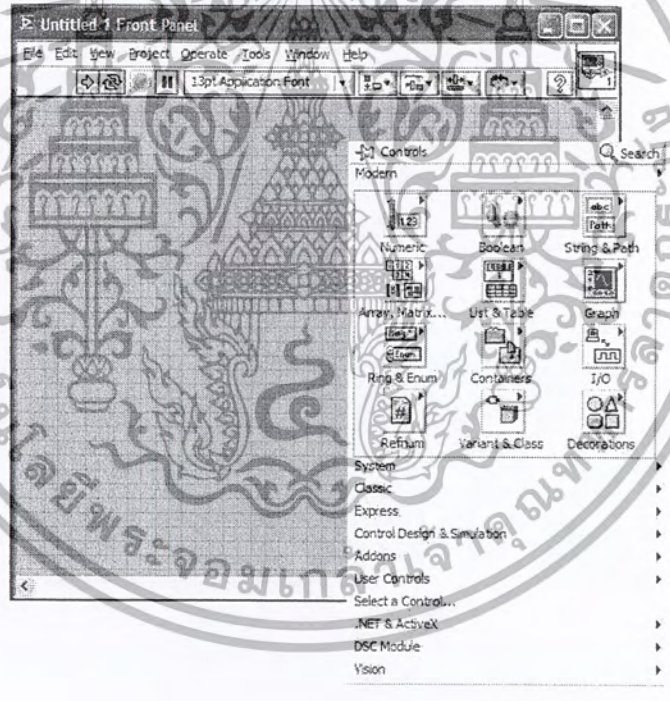


ภาพที่ 3.6 หน้าจอ Getting Started

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

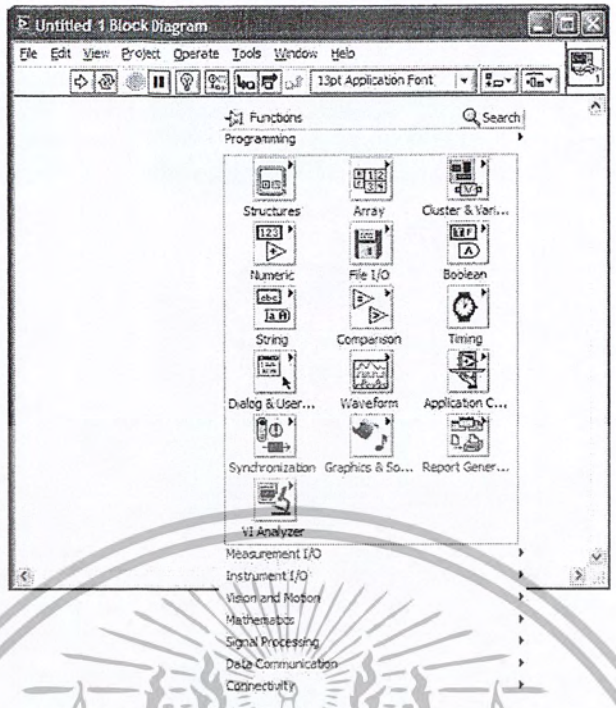
ใน LabVIEW จะสามารถคอนฟิกให้สภาพแวดล้อมในการทำงานเป็นแบบโปรเจคเหมาะกับการทำงานพัฒนางานแอพพลิเคชันขนาดใหญ่ ที่มีไฟล์ที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ซึ่งเป็นรูปแบบสภาพแวดล้อมแบบเดียวกับ Visual Basic, Visual C++ หรือบรรดา Visual ทั้งหลายแต่สำหรับตอนนี้เราเลือกการทำงานบนรูปแบบของ Lab View ไฟล์ที่อยู่ในรูปของ "เครื่องมือเสมือน" หรือ "Virtual Instrument" หรือ VI โดยจากหน้าจอ Getting Started เมื่อเลือก New >> Blank VI จะปรากฏหน้าจอ Front Panel และ Block Diagram ของ VI ดังแสดงในภาพที่ 3.7

หน้าจอที่ปรากฏขึ้นมาก็คือหน้าจอของบล๊อคไดอะแกรม ดังที่แสดงในภาพที่ 3.8 นั้นเป็นหน้าจอที่จะใช้เขียนโปรแกรม โดยในโปรแกรมนั้น จะมีบล็อคการทำงานต่าง ๆ ที่เรียกว่าฟังก์ชัน แบ่งออกเป็นกลุ่มตามลักษณะของการทำงาน กลุ่มโปรแกรมมิงที่มีกลุ่มย่อย เช่น บล็อคคณิตศาสตร์ บวก, ลบ, คูณ, หาร, กลุ่มบล็อกบูลีน, กลุ่มบล็อกเปรียบเทียบ และกลุ่มบล็อกโครงสร้างโปรแกรม การFor loop, While loop หรือ กลุ่มบล็อก Signal Processing ดังภาพที่ 3.9

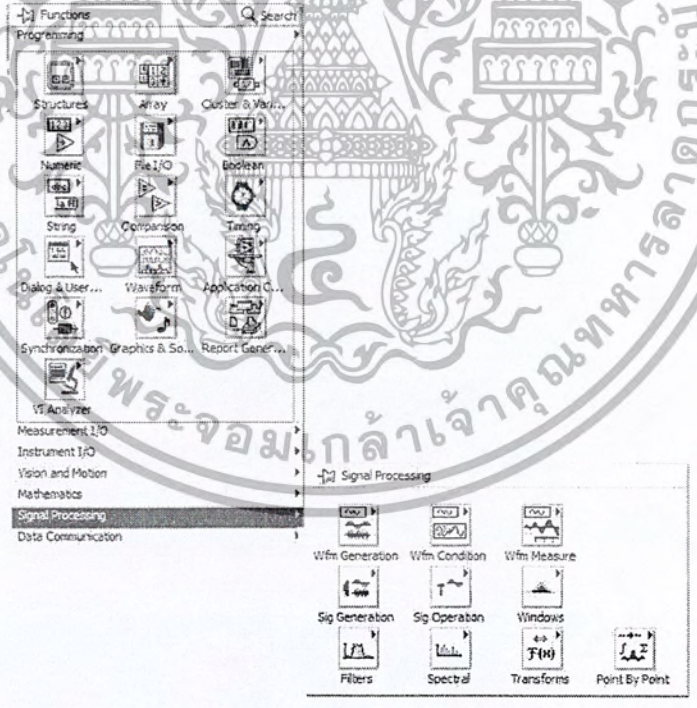


ภาพที่ 3.7 หน้าจอ Front Panel และชุด Controls

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 หน้าจอ Block Diagram และชุดฟังก์ชัน



ภาพที่ 3.9 แสดงฟังก์ชันบล็อค Signal Processing

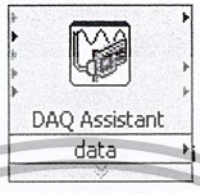
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการสร้างบล็อคไดอะแกรมทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์การวัดกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลสัญญาณในการวัด

1. เมื่อเปิดโปรแกรม LabVIEW 8.2 ขึ้นมา เลือกที่ฟังก์ชัน Blank VI เพื่อทำการสร้างหน้าต่างใหม่ในการเขียนโปรแกรม

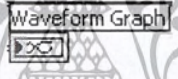
2. คลิกขวาที่ Block Diagram จะมีหน้าต่างฟังก์ชันอุปกรณ์ให้เลือก

3. เลือกฟังก์ชันอินพุตที่ DAQ Assitant ดังภาพ

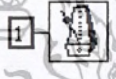


ภาพที่ 3.10 ฟังก์ชัน DAQ Assitant

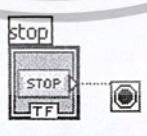
4. เลือกฟังก์ชัน Waveform Graph ดังรูป เพื่อกำหนดให้แสดงผลเป็น Sinwave



ภาพที่ 3.11 ฟังก์ชัน Waveform Graph

5. เลือกฟังก์ชัน  บล็อกนี้ได้ทำโดยการ เลือก Functions >> programming>> Timing >> Wait until next ms multiple เป็นฟังก์ชันการทำงานใน While loop หรือการทำงานต่อเนื่อง

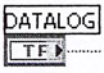
6. เลือกฟังก์ชัน Stop ดังภาพที่ 3.12 เป็นคำสั่งให้โปรแกรมหยุดทำงาน



ภาพที่ 3.12 ฟังก์ชัน Stop

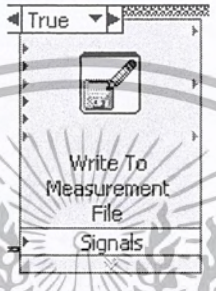
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เลือกฟังก์ชัน datalog ดังภาพที่ 3.13 เป็นคำสั่งเพื่อทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากอินพุตไปยัง Microsoft Excel



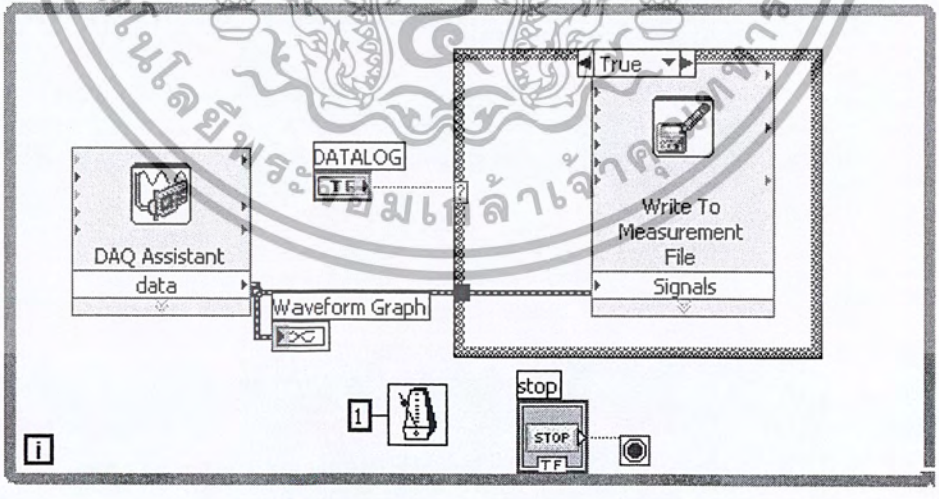
ภาพที่ 3.13 ฟังก์ชัน DATALOG

8. เลือกฟังก์ชัน Write to Measurement file ดังภาพที่ 3.14 เพื่อทำการเขียนข้อมูล



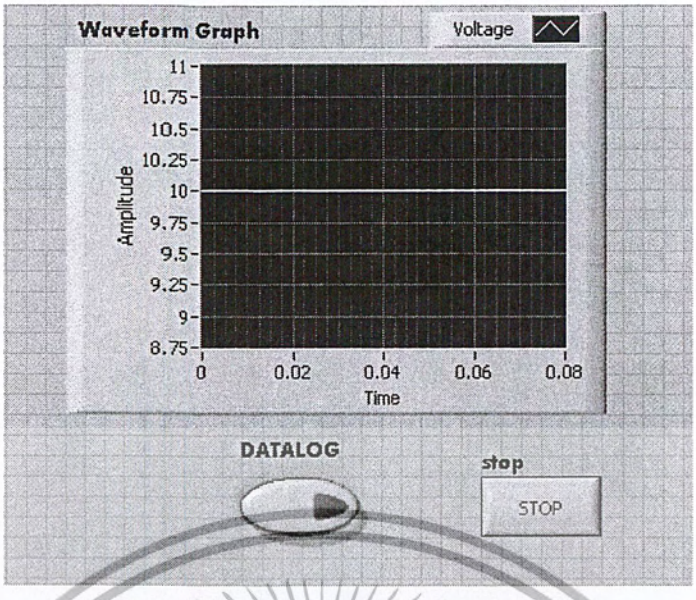
ภาพที่ 3.14 ฟังก์ชัน Write to Measurement

9. เมื่อทำการสร้างอุปกรณ์บนโปรแกรมที่ต้องการใช้งานแล้ว ให้ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละชนิดเข้าด้วยกันดังภาพที่ 3.15 และสามารถแสดงผลสัญญาณ เป็นสัญญาณกราฟบนหน้าต่างของ Wave from Graph ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.15 โปรแกรมที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 หน้าต่างสำหรับแสดงสัญญาณกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

4.1 กล่าวนำ

จากการทดลองได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน คือ การวัดอัตราการไหลของก๊าซและการวัดอัตราการไหลของก๊าซกับของเหลว โดยใช้ V Cone Flow Meter เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลด้วยหลักการของความดันแตกต่าง (differential pressure) ในการทดลองนั้นจะทำการวัดตามเปอร์เซ็นต์การปิด – เปิดของคอนโทรลวาล์ว คือตั้งแต่ 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

4.2 การทดลอง

4.2.1 ขั้นตอนที่ 1 วัดอัตราการไหลเฟสก๊าซ

อากาศซึ่งเป็นอินพุตที่จะป้อนเข้าในเฟสของก๊าซ ไหลผ่านไปยังอุปกรณ์การวัดการไหลซึ่งเรียกว่า Flow Transmitter หรือ ทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหลจะมีคอนโทรลวาล์วเป็นตัวควบคุมการไหล เมื่อก๊าซไหลผ่านไปยัง V-Cone Flow Meter จะได้สัญญาณเอาต์พุตออกมา สัญญาณเอาต์พุตที่ได้ จะนำมาเชื่อมต่อกับกับคอมพิวเตอร์ด้วยการ์ด NI PCI 6036 E โดยใช้โปรแกรม LabVIEW 8.2 ในการประมวลผลสัญญาณการวัด

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการวัดการไหลในเฟสก๊าซ

% Valve	Flow Transmitter (liter/min)	V-Cone (Liter/min)	%Error of Gas Phase
0	0.00	15.70	*
10	327.80	291.22	11.16
20	360.20	313.13	13.07
30	388.00	362.53	6.57
40	392.60	371.71	5.32
50	396.80	388.01	2.22
60	397.30	391.47	1.47

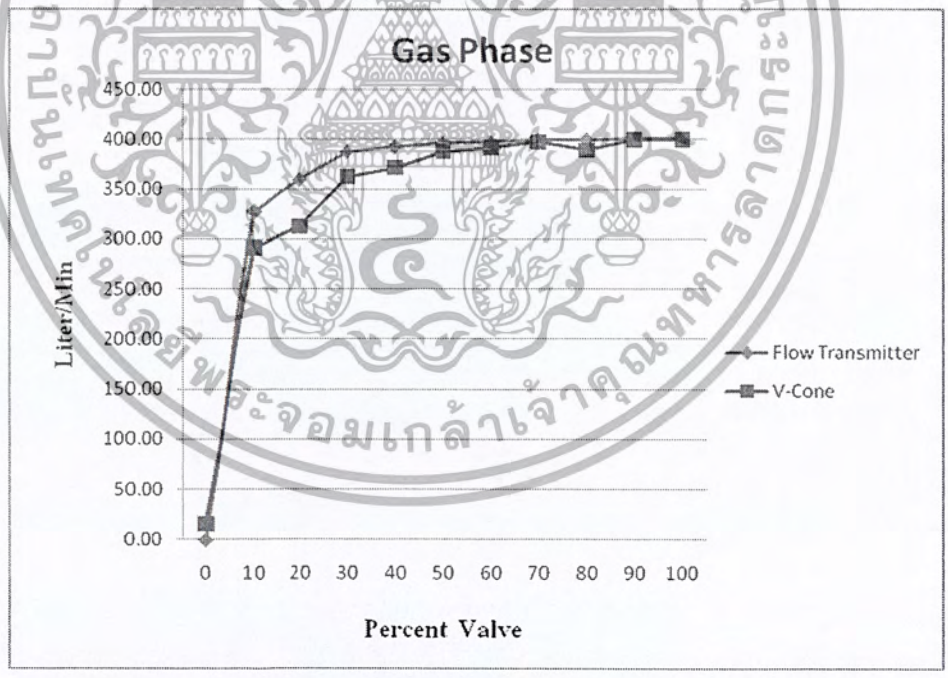
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% Valve	Flow Transmitter (liter/min)	V-Cone (Liter/min)	%Error of Gas Phase
70	400.00	397.32	0.67
80	400.20	389.27	2.73
90	400.50	399.99	0.13
100	401.20	399.75	0.36

*** หมายเหตุ :** ไม่สามารถหาค่าได้

จากตารางการทดลองที่ 1 ทำการทดลองโดยแบ่งช่วงการวัดเป็น 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ของการปิด - เปิดของคอนโทรลวาล์ว อัตราการไหลที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล คือ อัตราการไหลที่ไหลเข้าในกระบวนการ อัตราการไหลที่วัดได้จาก V-Cone Flow Meter คือ อัตราการไหลที่ไหลออกจากกระบวนการ จากนั้นนำอัตราการไหลที่ไหลเข้าและไหลออกของกระบวนการ นำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการไหลเข้าและไหลออก

จากผลการทดลองตารางที่ 4.1 สามารถนำมาพล็อตกราฟได้ดังนี้



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงอัตราการไหลระหว่าง Flow Transmitter และ V-Cone ของในเฟสก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ขั้นตอนที่ 2วัดอัตราการไหลสองเฟส (ก๊าซ- ของเหลว)

น้ำและอากาศจะเป็นอินพุตที่ถูกป้อนเข้าในกระบวนการ ของไหลทั้งสองชนิดจะไหลผ่านเข้าสู่กระบวนการพร้อมกัน โดยเอาต์พุตจะไหลไปยังอุปกรณ์การวัด V-Cone Flow Meter จะได้สัญญาณเอาต์พุตออกมา ซึ่งจะนำมาเชื่อมต่อกับกับคอมพิวเตอร์ด้วยการ์ด NI PCI 6036 E โดยใช้โปรแกรม LabVIEW 8.2 ในการประมวลผลสัญญาณการวัด

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการวัดอัตราการไหลสองเฟส

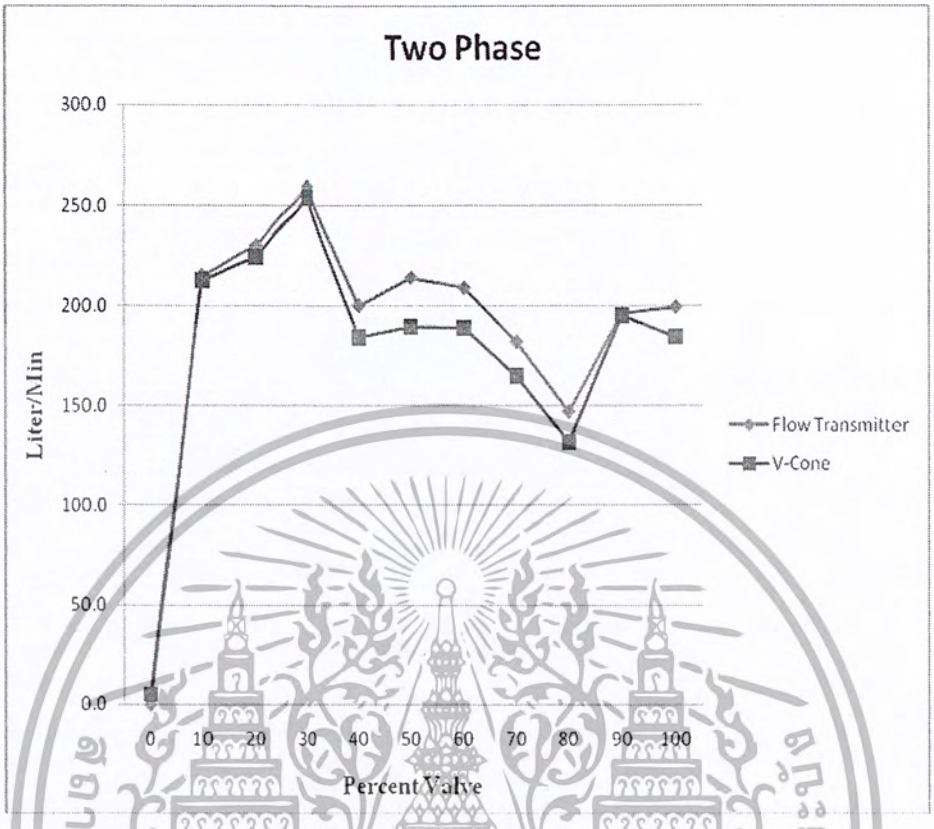
% Valve	Flow Transmitter (liter/min)	V-Cone Flow Meter (liter/min)	% Error of Gas
0	0.0	5.20	*
10	215.0	212.70	1.07
20	230.0	224.15	2.54
30	259.0	253.77	2.02
40	200.0	184.30	7.85
50	214.0	189.34	11.52
60	209.0	188.92	9.61
70	182.0	164.90	9.39
80	147.0	131.75	10.38
90	196.0	195.23	0.39
100	199.4	184.46	7.49

* หมายเหตุ :ไม่สามารถหาค่าได้

จากตารางการทดลองที่ 4.2 ทำการทดลองวัดอัตราการไหลสองเฟสรวมกัน คือน้ำและอากาศอากาศ อัตราการไหลที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล คืออากาศที่ไหลเข้าในกระบวนการ อัตราการไหลที่วัดได้จาก V-Cone Flow Meter คืออัตราการไหลของน้ำและอากาศที่ไหลออกจากกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองตารางที่ 2 สามารถนำมาพล๊อตกราฟได้ดังนี้



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงอัตราการไหลสองเฟส

4.3 สรุปผลการทดลอง

4.3.1 สรุปผลการทดลองขั้นตอนที่ 1 การวัดอัตราการไหลในเฟสก๊าซ

ในการทดลองที่ 0% ของคอนโทรลวาล์ว ทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล ไม่สามารถอ่านค่าอัตราการไหลของก๊าซได้เนื่องจากสามารถอ่านค่าการวัดได้ตั้งแต่ 50 ลิตร/นาที ขึ้นไป แต่ดีพีทรานส์มิตเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มีความไวในการวัดจึงมีสามารถประมวลผลสัญญาณเอาต์พุตซึ่งอาจเกิดจากก๊าซที่ค้างอยู่ภายในท่อ

ย่านการวัดของทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล ที่ใช้คือ 0 ถึง 400 ลิตร/นาที จากการตารางการทดลองที่ 4.1 สามารถพล๊อตกราฟได้ดังภาพที่ 4.1 ซึ่งจาการบันทึกค่าพบว่ากราฟที่ได้มีลักษณะการไหลแบบ Quick Opening Characteristic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 การวัดอัตราการไหลในเฟสของก๊าซนั้น จะพบว่าการประมวลผลของสัญญาณที่แสดงผลบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สัญญาณเอาต์พุตจาก V-Cone Flow Meter นั้นอัตราการไหลที่ได้จะมีค่าน้อยกว่าอัตราการไหลที่ไหลเข้าทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล

4.3.2 สรุปผลการทดลองขั้นตอนที่ 2 การวัดอัตราการไหลสองเฟส

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อทำการวัดอัตราการไหลสองเฟส อัตราการไหลที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล มีค่าการไหลสูงสุดที่ประมาณ 199 ลิตร/นาที แต่ในเชิงทฤษฎีแล้วต้องมีอัตราการไหลอยู่ที่ 400 ลิตร/นาที เนื่องจากย่านการวัดที่ใช้ในการทดลอง คือ 0 ถึง 400 ลิตร/นาที สาเหตุเกิดจากค่าความหนาแน่นของน้ำมีค่ามากกว่าความหนาแน่นของอากาศ ทำให้น้ำเกิดแรงดันไปรบกวน ซึ่งส่งผลต่ออัตราการไหลของอากาศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

วัตถุประสงค์ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เพื่อการศึกษาและการออกแบบการวัดของอัตราการไหลในกระบวนการวัดการไหลสองเฟส

ในการทดลองในโครงงานนี้ได้ทำการออกแบบกระบวนการวัดการไหล โดยนำอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม มาเป็นอุปกรณ์จริงในการสร้างและทำการทดลองผลการทดลองจากการทดลอง อัตราการไหลที่วัดได้จาก V-Cone Flow Meter จะมีค่าไม่เท่ากับอัตราการไหลที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล ทั้งนี้อาจเกิดจากค่าความสูญเสียของข้อต่อ ข้องอของท่อ ความหนาแน่นของของไหล อุณหภูมิ ที่ส่งผลต่อความดันและการไหล

5.2 วิเคราะห์ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในการทำการวัดอัตราการไหลสองเฟสนี้ได้ทำการทดลอง โดยการแบ่งการทดลองออกเป็นสองขั้นตอนคือวัดอัตราการไหล 1 เฟสในเฟสของก๊าซ และการวัดอัตราการไหลสองเฟสของน้ำกับก๊าซ โดยพิจารณาการวัดสองเฟส ให้เป็นการวัดอัตราการไหลของก๊าซโดยมีน้ำเจือปน ในการวัดอัตราการไหลในเฟสของของเหลวนั้น ไม่สามารถทำการทดลองได้ด้วยสาเหตุเพราะอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อวัดอัตราการไหลเข้าในกระบวนการของของเหลว คือ วอร์เทกซ์ โฟร์ มิตเตอร์ ไม่สามารถทำการวัดได้ เนื่องจากไม่สามารถทำการสอบเทียบเครื่องมือให้อยู่ในย่านการวัดที่ต้องการ จึงไม่สามารถทราบค่าอัตราการไหลที่ถูกต้องได้

ในการทดลองค่าที่ได้จากการวัดมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ดังนั้นในการทดลองจึงควรคำนึงถึงเรื่อง ความดันสูญเสียที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เพื่อนำมาแก้ปัญหาในกระบวนการวัดให้มีความแม่นยำสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ผศ.เกษตร์ ศิริสันติสัมทธ์. *หลักการของเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม.* กรุงเทพ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2544.

2. รศ. วิศรุต ศรีรัตนะ. *เซนเอร์และทรานสดวิเซอร์ในงานอุตสาหกรรม.* กรุงเทพ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

3. รศ. ประสิทธิ์ จุลเสรีวงค์. *ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม.* กรุงเทพ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2553

4. *Oil-tal pipe Two-Phase Flow Measurement with a V-Cone Meter in a Horizon.*Dong,Fusheng Zhang,Wei Li Chao Tan.Tianjin ,china :, 2009.

5. *On fluctuation of thedynamic differential pressure signal of Venturi meter for wet gas metering.*jian Xu , Feng Dong , Tao Zhang Lijun Xu.Tianjin China , 2003.

6. *Effect of upstream flow disturbances on the performance characteristics of a V-Cone Flowmeter.*V. Seshadri , R.K. Singh , R. Gawhade S.N. Singh.New Dalhi , India , 2005.

7. *A New Method for the Flowrate Measurement of Gas - Liquid Two- Phase Flow.*Wenjun Li,Fang Wang , Jianguang Zheng, Yongjun Zheng, and Guowei Liang Daiuang Xie. 2007,TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT VOL. 56 NO.4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHANGHAI KENT
The flowmeters from China

Shanghai Kent Intelligence Meter Co., Ltd.

Inner V-cone Throttler Calculation & Qualified Certificate

Inspection Report of Water Real Flow

Model: KVCFF15AD3S/2		S/N: ET-1003-2023		Water temperature: 25 ℃		Water density: 1000.05kg/m³	
D:16.00mm		d:12.00mm	β:0.6614 /	Ambient temperature: 25 ℃		Relative humidity:83%	
No.	Flowrate m³/h	DP kPa	Efflux coefficient C_v	Average efflux coefficient C_v	Linearity %	Repeatability %	Basic error %
1	3.4510	10.4770	2.1408	2.1404		0.06	0.39
	3.4480	10.4770	2.1399				
	3.4520	10.4770	2.1414				
2	2.1500	4.1720	2.1431	2.1425	±0.39	0.05	
	2.1510	4.1780	2.1430				
	2.1780	4.1710	2.1413				
3	0.7130	0.4452	2.1543	2.1577		0.04	
	0.7110	0.4420	2.1572				
	0.7100	0.4410	2.1566				
Meter efflux coefficient: 2.1402 (Repeatability)			0.05%	Pressure-proof program: Qualified		Appearance: Qualified	
Conclusion: Qualified		Inspector:		Verified by:		Date: 19-Mar-19	

Calculation Result

Known conditions	Measured medium: Air		Accuracy: ±0.5%
	Operating pressure: 1 MPa		Operating temperature: 30 ℃
Calculation result	Scale flowrate: 12.0000 m³/h		DP report: 1.6300 kPa
	Medium density in: 1.2754 kg/m³		Medium expansion factor (ε): 0.9900
	Factor K: 33.5052		
Calculated by:		Verified by:	Date: 19-Mar-19

ภาพที่ 1 Inspection Report of V-Cone Flow Meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II. SPECIFICATIONS

Enclosure Rating
- NEMA 12 & 13 (equivalent to IP 52/54)

Operating Temperature
- Fluid: -20° to 240°F (-29° to 116°C)
- Ambient: -20° to 158°F (-29° to 70°C)

Environmental
- Humidity: 0–90 % non-condensing

Pressure (Aluminum / Brass Operating)
- Liquids (¼" to 1-½"): 3500 psi (241 bar) maximum, with a 3:1 safety factor
- Gases (¼" to 1-½"): 1000 psi (82 bar) maximum, with a 10:1 safety factor

Pressure (Stainless Steel Operating)
- Liquids (¼" to ½"): 6000 psi (414 bar) maximum, with a 3:1 safety factor
- Liquids (¾" to 1-½"): 5000 psi (345 bar) maximum, with a 3:1 safety factor
- Gases (¼" to 1-½"): 1500 psi (103 bar) maximum, with a 10:1 safety factor

Accuracy
- ± 2% of full scale

Repeatability
- ± 0.5%

Pressure Drop
See Appendix for specific transmitter information

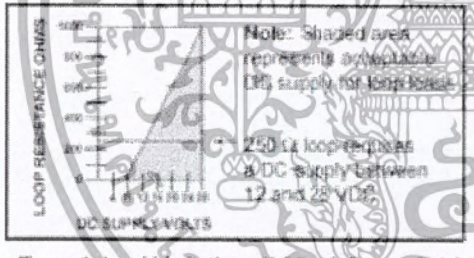


Figure 2. Load Limitations (4-20 mA Output Only)

Electrical

Power Requirement:
- 0–5 Vdc Output 10-30 Vdc @ 0.75W maximum
- 0–10 Vdc Output 12-30 Vdc @ 0.75W maximum
- 4–20 mA Output loop powered, 30 Vdc maximum

Power Consumption:
- 25 mA maximum

Analog Outputs:
- 0–5 Vdc and 0–10 Vdc into 10,000 Ohms minimum
- 4–20 mA into 1000 Ohms maximum (see Figure 2)

Circuit Protection:
- Reverse polarity and current limiting

Transmission Distance:
- 4–20 mA limited by cable resistance
- 0–5 Vdc 1000 feet (300 m) maximum
- 0–10 Vdc 1000 feet (300 m) maximum

Isolation:
- Inherently isolated from the piping system

Rate and Totalization Display
- Fixed or toggle modes of operation for rate and totalizer display
- 8 digit, .70" high numeric display for rate and total
- 8 digit, .35" high alphanumeric display for units and setup

Temperature Drift
- 50 ppm/°C (Max)

Analog Output
- Resolution - 1:4000

Transient Over-Voltages:
- Category 3, in accordance with IEC 664

Pollution Degree:
- Category 2, in accordance with IEC 664

Additional dimension specifications can be found in Table 1 on page 3.

ภาพที่ 2 Inspection Report of Flow Transmitter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้