

การทดสอบการดลของข้องอฉากไฮดรอลิก
IMPULSE TEST OF 90-DEGREE HYDRAULIC ELBOW



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การทดสอบการดลของข้ออวกไฮดรอลิก

IMPULSE TEST OF 90-DEGREE HYDRAULIC ELBOW



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPULSE TEST OF 90-DEGREE HYDRAULIC ELBOW



THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การทดสอบการคดของข้ออฉากไฮดรอลิก

IMPULSE TEST OF 90-DEGREE HYDRAULIC ELBOW

คณะผู้จัดทำ

1. นายกัณฑ์เอนก

2. นายจิรทีปต์

3. นายจิรภัทร

ศรีอนุชา

รหัสประจำตัว 58010069

ทวีปสุเนน

รหัสประจำตัว 58010182

মনপ্রদীর্ষু

รหัสประจำตัว 58010188

(ผศ.ดร.อนนต์ พิณโสภณ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทดสอบการดลต้นแบบสำหรับอุปกรณ์ข้อต่อข้องอ 90 องศาในระบบอุตสาหกรรม

นายกันท์เอนก ศรีอนุชา 58010069

นายจิรทิปต์ ทวีปสูงเนิน 58010182

นายจิรภัทร มนประดิษฐ์ 58010188

ผศ.ดร.อนุนต์ พิณโสภณ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดทดสอบข้อต่อชนิด 90 องศา อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 19879 เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับการทดสอบข้อต่อโลหะสำหรับการนำไปติดตั้งเพื่อส่งพลังงานของไหล ตามมาตรฐานจะทดสอบการดลที่ความดันต่ำไม่เกิน 70 bar และความดันสูงมากกว่า 100 bar ขึ้นไป จำนวน 500,000 รอบ ที่ความถี่ 0.2-1.0 Hz ในการทำชุดทดสอบจะสร้างด้วยการนำข้อต่อไปเชื่อมต่อระหว่างวาล์วแบบสัดส่วนและกระบอกสูบติดสปริงที่เชื่อมต่อกับชุดต้นกำลังไฮดรอลิก เซนเซอร์วัดความดัน ซึ่งการควบคุมอุปกรณ์สองตัวนี้จะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดัน และความดันที่เกิดขึ้นตลอดทั้งสายที่เชื่อมระหว่างสองอุปกรณ์ โดยใช้ในการเขียนโค้ดผ่านโปรแกรม LabVIEW® ควบคุมวงจรด้วย PID เพื่อให้ได้ความดันที่ต้องการด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านเซนเซอร์วัดความดันที่ติดตั้งไว้ก่อนที่ทางเข้าและทางออกของข้อต่อ เครื่องทดสอบต้นแบบที่สร้างขึ้นจะทดสอบเพียง 50 bar ซึ่งเป็นการทดสอบที่ความดันต่ำ จำนวน 50-5,000 รอบ ที่ความถี่ 0.2-0.8 Hz เนื่องจากกำลังสูงสุดที่สร้างขึ้นได้จากชุดต้นกำลังภายในห้องปฏิบัติการและการตอบสนองของระบบในการส่งสัญญาณ โดยจะมีการวัดค่าความผิดพลาดจากความดันที่วัดได้ภายในข้อต่อเทียบกับช่วงความดันที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานได้ค่าประมาณ 5-10%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Prototype Impulse test machine for 90-degree elbow fitting in hydraulic system

Mr. Ganarnek Srianuchar 58010069

Mr. Jiratheep Thaweepsungern 58010182

Mr. Jirapat Monpradit 58010188

Advisor: Asst. Prof. Unnat Pinsopon, Ph.D.

Academic Year 2018

Abstract

This project is to design and create 90-Degree elbow test according to ISO 19879. This standard involves steel fitting test used for installing to transfer fluid power. With reference to the standard, an impulse test was conducted with pressure below 70 bar and over 100 bar for 500,000 cycles at 0.2-1.0 Hz frequency. To create the test, an elbow was connected between Proportional Valve and Cylinder with Spring which had already connected to Hydraulic Power Unit and Pressure Sensor. Controlling the two tools creates a difference in the pressure. The pressure generated occurs along the hydraulic hose that connects both tools. Program LabVIEW® was used for coding to control circuit and expected pressure through PID which analyzed the data through Pressure Sensor installed at the inlet and outlet of the fitting. However, for the prototype test in this project, the pressure was limited to only 50 bar for 50-5,000 cycles at 0.2-0.8 Hz frequency which are the maximum level that could be created by The Power Unit in the lab and the response of the system to send a signal. A defect from this process was measured by comparing pressure inside the elbow with an accepted range of pressure from the standard and it was measured at 5-10%.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้เลยหากขาดความอนุเคราะห์จากผศ.ดร.อุন্নัต พิณโสภณ อาจารย์ผู้คอยช่วยให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ แนวคิด ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบคุณคุณวีระพงษ์ จันทร์บัว พี่ประจำห้องปฏิบัติการไฮดรอลิก ที่คอยแนะนำอุปกรณ์และการใช้โปรแกรมในการทำโครงการนี้ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ชั้นปีที่ 4 ทุกคนที่คอยช่วยเหลือจนปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่อุปการะในด้านการศึกษาและสนับสนุนเป็นอย่างดีเสมอมา



คณะผู้วิจัย

กัณฑ์เอนก

จิริทีปต์

จิริภัทร

ศรีอนุชา

ทวีปสูงเนิน

মনপ্রদীপ্ত

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา III ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ระยะเวลาการดำเนินการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ระบบไฮดรอลิก	4
2.2 อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบไฮดรอลิก	4
2.3 สมการการคำนวณเบื้องต้น	5
2.4 พื้นฐานการควบคุมระบบ	6
2.5 การควบคุมพีไอดี	7
2.5.1 การควบคุมแบบสัดส่วน	7
2.5.2 การควบคุมแบบปริพันธ์	8
2.5.3 การควบคุมแบบอนุพันธ์	8
2.5.4 การควบคุมเชิงสัดส่วนใช้ร่วมกับปริพันธ์และอนุพันธ์	9
2.6 มาตรฐาน ISO 19879	9
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ	24
3.1 อุปกรณ์การทดลอง	24
3.2 วิธีการทดสอบ	28
3.2.1 การหาค่าความดันสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบ	29
3.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ	30
3.3 การใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลของระบบ	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา IV ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การต่อวงจรนอกเหนือจากรูปแบบที่วางไว้	38
3.4.1 การใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลและวาล์วกันกลับ	38
3.4.2 การใช้โซลินอยด์วาล์ว	39
3.5 การทดสอบที่ความดันเกินกว่า 50 bar	40
3.6 การทดสอบที่ความถี่เกินกว่า 0.8 Hz	42
บทที่ 4 ผลการทดสอบ	44
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาในแต่ละกรณี	44
4.2 การทดสอบที่ใช้จำนวนรอบในการทดสอบสูง	49
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ	52
5.1 สรุปผลการทำสอบ	52
5.2 วิจารณ์ผลการทดสอบ	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการใช้โปรแกรม	54
ภาคผนวก ข หน้าต่างและสัญลักษณ์ของโปรแกรมที่ใช้งาน	59
ภาคผนวก ค มาตรฐาน ISO 19879	73



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ระยะเวลาการดำเนินการ	3
2.1	การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของตัวควบคุมแบบ P, I, D	9
2.2	คุณสมบัติของตัวควบคุมแบบ PI, PD, PID	9
2.3	ความต้องการสำหรับการประกอบการทดสอบ	11
2.4	ตัวชี้วัดและขั้นตอนการทดสอบการป้องกัน	16
2.5	ตัวชี้วัดและขั้นตอนการทดสอบสัญญาณ	16
2.6	ตัวชี้วัดและขั้นตอนการทดสอบการรบกวน	17
2.7	ตัวชี้วัดและขั้นตอนการทดสอบแรงดันสูงสุด	18
2.8	ตัวชี้วัดและขั้นตอนการทดสอบความอดทนแบบวัฏจักรด้วยการสั่นสะเทือน	19
3.1	ตารางคำนวณของ Ziegler- Nichols	32
3.2	ตารางการเก็บผลการทดสอบ	36



สารบัญรูป

2.1	อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบไฮดรอลิก [3]	5
2.2	ไดอะแกรมการควบคุมระบบวงจกเปิด [7]	6
2.3	ไดอะแกรมการควบคุมระบบวงจกรปิด [7]	7
2.4	การควบคุมแบบสัดส่วน [6]	7
2.5	การควบคุมแบบอนุพันธ์ [6]	8
2.6	การประกอบการทดสอบสำหรับข้อต่อ (ชนิดที่ 1)	11
2.7	การประกอบการทดสอบสำหรับปลั๊กอก (ชนิดที่ 2)	12
2.8	การติดตั้งหลายอุปกรณ์โดยไม่ติดตั้งท่อ (ชนิดที่ 3)	12
2.9	การประกอบการทดสอบสำหรับหน้าแปลน (ชนิดที่ 4)	13
2.10	การประกอบเบื้องต้นสำหรับการทดสอบแบบความดันคงที่และการอัดจนระเบิด	15
2.11	การประกอบสำหรับการทดสอบการรั่วไหล	17
2.12	รูปแบบความดันที่ใช้กับการทดสอบการดลแบบความดันสูง	20
2.13	รูปแบบความดันที่ใช้กับการทดสอบการดลแบบความดันต่ำ	21
2.14	วงจรถ่ายอย่างที่ใช้ทดสอบการดล [8]	22
3.1	ชุดต้นกำลังไฮดรอลิก	24
3.2	วาล์วแบบสัดส่วน	25
3.3	กระบอกสูบและสปริง	25
3.4	อินเวอร์เตอร์	26
3.5	เซนเซอร์วัดความดัน	26
3.6	สายส่งน้ำมัน	27
3.7	แหล่งจ่ายไฟฟ้า	27
3.8	คอมพิวเตอร์	28
3.9	วงจรไฮดรอลิกสำหรับการทดสอบ	30
3.10	บล็อกไดอะแกรมที่ใช้สำหรับการทดสอบ	31
3.11	หน้าต่างแสดงผลการทดสอบ	31
3.12	การตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการปรับจูนค่า PID แบบ Ziegler- Nichols Method (1)	33
3.13	การสังเกตช่วงระยะการแกว่งที่เกิดขึ้น	33
3.14	การตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการปรับจูนค่า PID แบบ Ziegler- Nichols Method (2)	34
3.15	การตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการปรับจูนค่า PID ทั้งสามตัว	34
3.16	การตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการปรับค่า K_p	35
3.17	การตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการปรับค่า K_p ให้เกิด Overshoot	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VII ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.18	การตอบสนองหลังจากปรับค่า K_f	35
3.19	การตอบสนองหลังจากปรับจูนทั้ง K_p , K_i และ K_D ในระดับที่เหมาะสม	36
3.20	บล็อกไดอะแกรมการควบคุมระบบวงจรถัด	37
3.21	วงจรถัดใช้ร่วมกับวาล์วควบคุมอัตราการไหลและวาล์วกันกลับ	38
3.22	หน้าตาแสดงผลการทดสอบการใช้อัตราการไหลและวาล์วกันกลับ	38
3.23	วงจรถัดใช้ร่วมกับโซลินอยด์วาล์ว	39
3.24	หน้าตาแสดงผลการทดสอบการใช้อัตราการไหล	39
3.25	หน้าตาแสดงผลการทดสอบที่ความดัน 70 bar	40
3.26	หน้าตาแสดงผลการทดสอบที่ความดัน 100 bar	40
3.27	หน้าตาแสดงผลการทดสอบที่ความถี่ 1.0 Hz	42
3.28	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 1.0 Hz จำนวน 50 รอบ	43
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 50 รอบ	44
4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 100 รอบ	45
4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 500 รอบ	45
4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 1,000 รอบ	46
4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 50 รอบ	46
4.6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 100 รอบ	47
4.7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 500 รอบ	47
4.8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 100 รอบ	48
4.9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 500 รอบ	48
4.10	หน้าตาแสดงผลการทดสอบที่ 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 1,000 รอบ	49
4.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 1,000 รอบ	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VIII ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12	หน้าต่างแสดงผลการทดสอบที่ 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 5,000 รอบ	50
4.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 5,000 รอบ	51
1 (ก)	หน้าต่างควบคุมโปรแกรมการทดสอบ 1	55
2 (ก)	หน้าต่างควบคุมโปรแกรมการทดสอบ 2	55
3 (ก)	ไฟแสดง	56
4 (ก)	หน้าต่างควบคุมโปรแกรมการทดสอบ 1	56
5 (ก)	หน้าต่างควบคุมโปรแกรมการทดสอบ 2	56
6 (ก)	กราฟ Pressure Sensor A	57
7 (ก)	กราฟ Pressure Sensor A2	57
8 (ก)	กราฟ Waveform Chart	58
9 (ก)	ช่องแสดงค่าต่างๆ	58
1 (ข)	บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมการทดสอบการดลในอุปกรณ์ข้อต่อไฮดรอลิก 1	60
2 (ข)	บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมการทดสอบการดลในอุปกรณ์ข้อต่อไฮดรอลิก 2	60
3 (ข)	บล็อกไดอะแกรมช่วงรับค่า	60
4 (ข)	บล็อกไดอะแกรมสำหรับคำนวณเวลาในการทำงาน	62
5 (ข)	บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการทำงานแต่ละช่วง	63
6 (ข)	บล็อกไดอะแกรมที่ใช้ในการทำงานของ Stage 1	64
7 (ข)	บล็อกไดอะแกรมที่ใช้ในการทำงานภายใน Stage 1	65
8 (ข)	บล็อกไดอะแกรมที่ใช้ในการทำงาน Stage 2	67
9 (ข)	บล็อกไดอะแกรมที่ใช้ในการทำงาน Stage 3 และ Finish	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา IX ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ระบบไฮดรอลิกมีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตและอุตสาหกรรมก่อสร้าง ระบบไฮดรอลิก ประกอบด้วย ปัมไฮดรอลิก วาล์ว กระจบอกสูบ ท่อ น้ำมัน ถังรองน้ำมัน ข้อต่อของระบบไฮดรอลิกนั้น อยู่ในระบบท่อ ซึ่งบางครั้งถูกนำไปใช้งานและก่อให้เกิดแรงกระแทกเป็นจังหวะต่อข้อต่อเหล่านี้ แรงกระแทกในช่วงระยะเวลาที่ยาวนานอาจทำให้วัสดุเกิดการเสียรูป และเกิดความเสียหายตามมา นำไปสู่การรั่วไหลของน้ำมันและการลดลงของความดัน การป้องกันความเสียหายที่จะเกิดจากการใช้งานข้อต่อเหล่านี้ ทำได้โดยทำการทดสอบอุปกรณ์ก่อนการนำไปใช้งานจริง เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการใช้งาน และลดต้นทุนการบำรุงรักษา

ด้วยเหตุผลดังกล่าว เครื่องทดสอบข้อต่อ 90 องศาแบบถูกสร้างขึ้นโดยอ้างอิงมาตรฐาน ISO 19879 ในส่วนของการทดสอบการดลของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ข้อต่อ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบการดลของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ข้อต่อ โดยอ้างอิงกับมาตรฐาน ISO 19879

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ออกแบบและสร้างชุดทดสอบการดลของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ข้อต่อ ตามมาตรฐาน ISO 19879 โดยใช้โปรแกรม LabVIEW® ในการควบคุมชุดทดลอง

1.3.2 สามารถแสดงกราฟความดันเทียบกับเวลา ค่าความดัน เวลา และรอบการดลขณะทดสอบ และยังสามารถแสดงค่าความดันที่ผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 1 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีเกี่ยวกับระบบไฮดรอลิก
- 1.4.2 ศึกษาและค้นคว้าทฤษฎีเกี่ยวกับการทำงานภายในโปรแกรม LabVIEW®
- 1.4.3 ออกแบบวงจรชุดทดสอบการดลของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ข้อต่อ โดยอิงกับมาตรฐาน ISO 19879

- 1.4.4 สร้างชุดทดสอบการดลของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ข้อต่อ
- 1.4.5 เขียนโปรแกรมควบคุมชุดทดสอบเพื่อให้ได้ความดันที่ใช้ทดสอบตรงตามมาตรฐาน ISO 19879
- 1.4.6 ทดลองทดสอบสมรรถนะของอุปกรณ์ข้อต่อข้อต่อ 90 องศา
- 1.4.7 รายงานและสรุปผลการทดสอบ



1.5 ระยะเวลาการดำเนินการ

ลำดับ	รายการ	เดือน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1	กำหนดหัวข้อ											
	1.1 ศึกษาปัญหาของระบบไฮดรอลิก											
	1.2 ศึกษาดูงานกับบริษัท											
2	หาข้อมูลที่ต้องการศึกษา											
	2.1 ศึกษาอุปกรณ์ข้อต่อต่าง											
	2.2 ศึกษากรรมวิธีการผลิตแบบ CNC											
	2.3 ศึกษากรรมวิธีการผลิตแบบบัดกรีแข็ง											
	2.4 ทำรายงานความคืบหน้ากับรูปเล่มบท1-3											
3	ดำเนินข้อตกลงกับบริษัทถึงขอบเขตและความรับผิดชอบ											
4	ปรึกษาหาวิธีการแก้ไข											
5	สำรวจอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ											
6	ศึกษามาตรฐานการทดสอบการดล											
7	ออกแบบวงจรสำหรับการทดสอบด้วยอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ											
8	ศึกษาโปรแกรม LabVIEW®											
9	ประยุกต์โปรแกรม LabVIEW® กับวงจรสำหรับทดสอบที่กอบขึ้น											
10	เริ่มการทดสอบ											
11	Project Day											
12	เตรียมนำเสนอโครงการ											
13	นำเสนอโครงการ											

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 3. จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

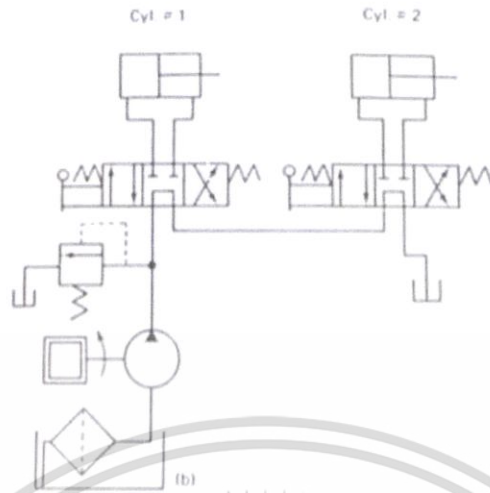
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบไฮดรอลิก

พลังงานในการส่งกำลังมีทั้งสิ้น 3 รูปแบบ คือ พลังงานไฟฟ้า พลังงานทางกล และพลังงานของไหล ในส่วนของระบบไฮดรอลิกนั้นจะอยู่ในรูปแบบหนึ่งของการส่งกำลังผ่านพลังงานของไหล โดยผ่านตัวกระทำ เช่น มอเตอร์ กระจบอกสูบ แครน แม่แรง เป็นต้น ของไหลที่เป็นตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานที่นิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรมและการก่อสร้าง คือ น้ำมันไฮดรอลิก ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ ไม่สามารถอัดตัวได้ทำให้การส่งถ่ายกำลังมีประสิทธิภาพ

2.2 อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบไฮดรอลิก

- 2.2.1 ปั๊มไฮดรอลิก เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขับของไหลเข้าสู่ระบบ
- 2.2.2 ถังน้ำมัน ใช้สำหรับกักเก็บของไหลที่ใช้ภายในระบบ
- 2.2.3 วาล์วนิรภัย หรืออุปกรณ์ควบคุมแรงดัน ในขณะที่ระบบมีความดันสูงเกินกว่าที่ตั้งไว้ วาล์วจะควบคุมน้ำมันไหลกลับสู่ถังน้ำมัน
- 2.2.4 ฟิวเจอร์หรือชุดกรองน้ำมัน มีหน้าที่กรองสิ่งสกปรกหรือสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าไปในระบบ
- 2.2.5 วาล์วเปิด-ปิด มีหน้าที่เปิด-ปิด การไหลของน้ำมัน
- 2.2.6 โซลินอยด์วาล์ว มีหน้าที่ควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมัน
- 2.2.7 อุปกรณ์การทำงาน ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานของไหลให้เป็นพลังงานกล เช่น ลูกสูบ
- 2.2.8 ท่อ ทำหน้าที่ส่งผ่านของไหลไปตามอุปกรณ์ต่างๆ
- 2.2.9 น้ำมันไฮดรอลิก เป็นตัวกลางที่ใช้ในการถ่ายทอดพลังงานไปยังส่วนต่างๆของระบบ และยังช่วยระบายความร้อนภายในระบบ น้ำมันไฮดรอลิกที่ดีควรมีสารป้องกันการเกิดฟอง การเกิดสนิมและการกัดกร่อน นอกจากนี้ยังต้องสามารถแยกตัวจากน้ำหรือของเหลวชนิดอื่น ๆ ได้ดีอีกด้วย



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบไฮดรอลิก [3]

2.3 สมการการคำนวณเบื้องต้น

การส่งกำลังในไฮดรอลิกจะเกิดขึ้นในจุดต้นกำลัง ซึ่งเราจะใส่พลังงานไฟฟ้าเข้าไป แล้วส่งต่อไปที่มอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนไปขับรอบ และขับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน แล้วส่งต่อไปยังอุปกรณ์ต่างๆในวงจร

กำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามอเตอร์

$$\text{Electric Power} = IV \quad (2.1)$$

Electrical Power คือ กำลังไฟฟ้า (Watt)

I คือ กระแสไฟฟ้า (Ampere)

V คือ แรงดันไฟฟ้า (Volt)

กำลังปั๊ม

$$\text{Pump Power} = PQ \quad (2.2)$$

Pump Power คือ กำลังปั๊ม (Watt)

P คือ ความดัน (Pascal)

Q คือ อัตราการไหล (m^3/s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 5 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการไหลของน้ำมัน

$$Q_T = V_D N \quad (2.3)$$

Q_T คือ อัตราการไหลของน้ำมัน (m^3/s)

V_D คือ ความจุน้ำมันต่อ 1 รอบการหมุน ($11.3 m^3/rev$)

N คือ จำนวนรอบต่อวินาที (rev/s)

2.4 พื้นฐานการควบคุมระบบ

การควบคุมระบบ คือ การวางระบบที่มีการจัดองค์ประกอบต่างๆอย่างมีระเบียบเพื่อให้มีผลตอบสนองของระบบเป็นไปตามที่ต้องการ

2.4.1 องค์ประกอบพื้นฐานของการควบคุมมีดังนี้

1. Input
2. Process
3. Output

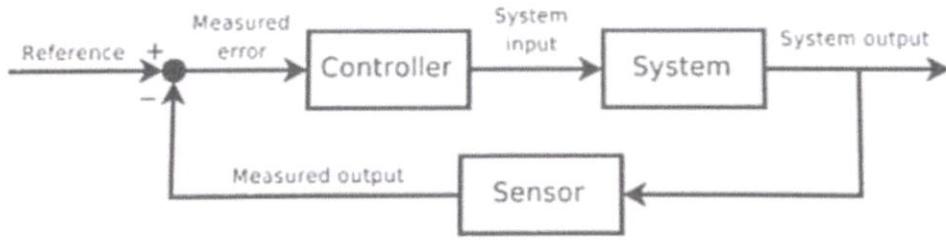
2.4.2 ประเภทของระบบการควบคุม

2.4.2.1 ระบบควบคุมวงจรมีเปิด (Opened-loop control system) เป็นระบบที่นำสัญญาณอินพุตเข้าสู่ระบบโดยไม่มีการนำเอาค่าเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุต



รูปที่ 2.2 ไดอะแกรมการควบคุมระบบวงจรมีเปิด [7]

2.4.2.2 ระบบควบคุมวงจรมีปิด (Closed-loop control system) เป็นระบบที่นำสัญญาณอินพุตเข้าสู่ระบบโดยนำค่าเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับค่าอินพุตเพื่อหาค่าความผิดพลาด แล้วนำค่าผิดพลาดเข้าสู่ตัวควบคุมเพื่อแปลงสัญญาณใหม่เข้าไปสู่การที่ได้ค่าเอาต์พุตตามที่ต้องการ



รูปที่ 2.3 โดอะแกรมการควบคุมระบบวงจรมปิด [7]

2.5 การควบคุมพีไอดี

ระบบควบคุมแบบพีไอดี เป็นระบบควบคุมที่ใช้เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของค่าสัญญาณภายในระบบ โดยใช้ในการปรับสัญญาณขาเข้า ซึ่งจะมีตัวควบคุมย่อย 3 ชนิด

2.5.1 การควบคุมแบบสัดส่วน (P Control)

เป็นการควบคุมโดยการสร้างสัญญาณขาออกด้วยการขยายสัญญาณด้วยค่า K_p เพื่อให้ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างสัญญาณขาออกและสัญญาณอ้างอิงมีค่าใกล้เคียงกัน กล่าวคือ หากค่าความคลาดเคลื่อนมีค่ามากขึ้น ค่าสัญญาณของขาออกก็จะมีค่ามากขึ้นตาม และหากค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยลง ค่าสัญญาณขาออกของตัวควบคุมก็จะมีค่าน้อยลงเช่นเดียวกัน

$$Output \propto Input \quad (2.4)$$

$$Y(t) = K_p e(t) \quad (2.5)$$

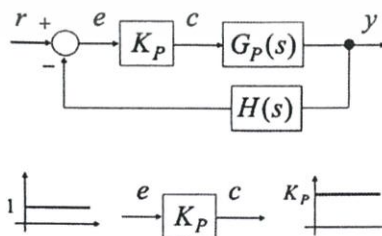
$Y(t)$ คือ ค่าเอาต์พุตที่ออกจากตัวควบคุม

$e(t)$ คือ ค่าความผิดพลาด = ค่าเอาต์พุต - r

r คือ ค่าอินพุตที่เป็นค่าเริ่มต้น

t คือ เวลา

K_p คือค่าคงที่ เรียกว่า อัตราขยาย



รูปที่ 2.4 การควบคุมแบบสัดส่วน [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การควบคุมแบบปริพันธ์ (I Control)

เป็นการนำเอาค่าสัญญาณความผิดพลาดระหว่างค่าสัญญาณขาออกและสัญญาณอ้างอิง แล้วตัวควบคุมจะสร้างสัญญาณขาออกด้วยการปริพันธ์ค่าความผิดพลาดแลนำไปคูณด้วย K_p เพื่อให้ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าสัญญาณขาออกและสัญญาณอ้างอิงค่อยๆเปลี่ยนแปลงจนค่าสัญญาณขาออกมีค่าใกล้เคียงกับสัญญาณอ้างอิง

$$Y(t) \propto \int_0^t e(t) dt \quad (2.6)$$

$$Y(t) = K_p \int_0^t e(t) dt \quad (2.7)$$

ใช้การแปลงลาปลาซได้

$$Y(s) = K_p \frac{E(s)}{s} \quad (2.8)$$

2.5.3 การควบคุมแบบอนุพันธ์ (D Control)

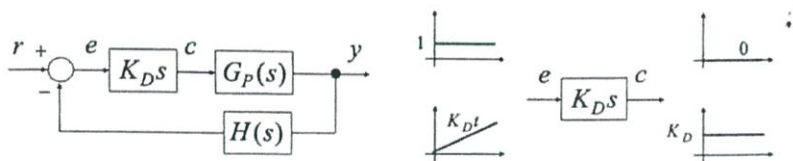
เป็นการนำค่าสัญญาณความผิดพลาดระหว่างค่าสัญญาณขาออกและสัญญาณอ้างอิง แล้วตัวควบคุมจะสร้างสัญญาณขาออกด้วยการอนุพันธ์ค่าความผิดพลาดแลนำไปคูณด้วย K_p ให้ค่าสัญญาณมีค่าสูงสุดแล้วค่อยๆลดค่าลงจนมีค่าเท่ากับสัญญาณอ้างอิง ตัวควบคุมนี้จะมีการปรับค่าความหน่วง (Damping) ในระบบ ทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น ทั้งนี้ค่าสัญญาณความผิดพลาดที่ออกจากตัวควบคุมนี้จะถูกอนุพันธ์ทำให้มีค่าเป็นศูนย์ เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับตัวควบคุมแบบอื่น เช่น PD PID

$$Y(t) = K_p \frac{de(t)}{dt} \quad (2.9)$$

$Y(t)$ คือ ค่าเอาต์พุตที่ออกจากตัวควบคุมแบบอนุพันธ์

K_D คือ อัตราขยายของตัวควบคุมแบบอนุพันธ์

$\frac{de(t)}{dt}$ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนต่อเวลา



รูปที่ 2.5 การควบคุมแบบอนุพันธ์ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 8. ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การควบคุมเชิงสัดส่วนใช้ร่วมกับปริพันธ์และอนุพันธ์ (PID control)

เป็นการนำการควบคุมทั้งสามแบบ มารวมกันเป็นสัญญาณขาออกของการควบคุม

$$Y(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.10)$$

เมื่อ $Y(t)$ คือ ค่าเอาต์พุตของการควบคุมแบบ PID

คุณสมบัติ	ตัวควบคุมแบบ P	ตัวควบคุมแบบ I	ตัวควบคุมแบบ D
ความเร็วในการตอบสนอง	เร็ว	ช้า	เร็วมาก
ความคลาดเคลื่อนในสภาวะคงที่ (Steady-state-error)	มีเกิดขึ้น	มีค่าเป็นศูนย์	ไม่สามารถควบคุมได้

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของตัวควบคุมแบบ P, I, D

คุณสมบัติ	ตัวควบคุมแบบ PI	ตัวควบคุมแบบ PD	ตัวควบคุมแบบ PID
ความเร็วในการตอบสนอง	เร็ว	เร็วมาก	เร็วมาก
ความคลาดเคลื่อนในสภาวะคงที่ (Steady-state-error)	มีค่าเป็นศูนย์	มีเกิดขึ้น	มีค่าเป็นศูนย์

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของตัวควบคุมแบบ PI, PD, PID

2.6 มาตรฐาน ISO 19879

มาตรฐานนี้แสดงถึงวิธีการทดสอบและการประเมินความสามารถในการใช้งานของการเชื่อมต่อโลหะสำหรับพลังงานของไหล และวิธีการทดสอบทั่วไปสำหรับพลังงานของไหลในการใช้งานข้อต่อไฮดรอลิก เหล่านี้จึงเป็นเหตุผลที่เลือกใช้มาตรฐานนี้มาใช้อ้างอิงในการทดสอบ ทั้งนี้มาตรฐานนี้ไม่รองกับการทดสอบอุปกรณ์ไฮดรอลิกชนิด ข้อต่อสวมเร็ว มาตรฐานที่รองรับ คือ ISO 7241-2

2.6.1 การอ้างอิงเชิงบรรทัดฐาน

เอกสารการอ้างอิงที่นำมาใช้ประกอบในตัวมาตรฐาน ISO 19879 มีดังนี้

ISO 48 ว่าด้วยยางและเทอร์โมพลาสติก-การตัดลื่นความแข็ง (ความแข็งระหว่าง 10 IRHD และ 100IRHD)

ISO 3448 ว่าด้วยอุตสาหกรรมของเหลว สารหล่อลื่น – มาตรฐานแบ่งแยกระดับชั้นของ ความหนืด

ISO 3601-3 ว่าด้วยระบบพลังงานของไหล- แหวน O-ring – ส่วนที่ 3: เกณฑ์คุณภาพการที่ยอมรับได้

ISO 5598 ว่าด้วยพลังงานระบบของไหล และองค์ประกอบ - คำศัพท์

ISO 6508 ว่าด้วยการเชื่อมต่อโลหะ – การทดสอบความแข็ง Rockwell

ISO 6605 ว่าด้วยพลังงานของไหลไฮดรอลิก – อุปกรณ์ที่ส่งน้ำมัน และการประกอบ – การทดสอบ

ISO 6743-4 ว่าด้วยสารหล่อลื่น, อุตสาหกรรมน้ำมันและผลิตภัณฑ์ ที่เกี่ยวข้อง (คลาส L) –การแบ่งชั้นระดับชั้น – ส่วนที่4: ตระกูล H (ระบบไฮดรอลิก)

2.6.2 คำศัพท์และคำจำกัดความ

สำหรับจุดมุ่งหมายของเอกสารนี้ อิงคำศัพท์ และคำจำกัดความ จากมาตรฐาน เลขที่ 5598

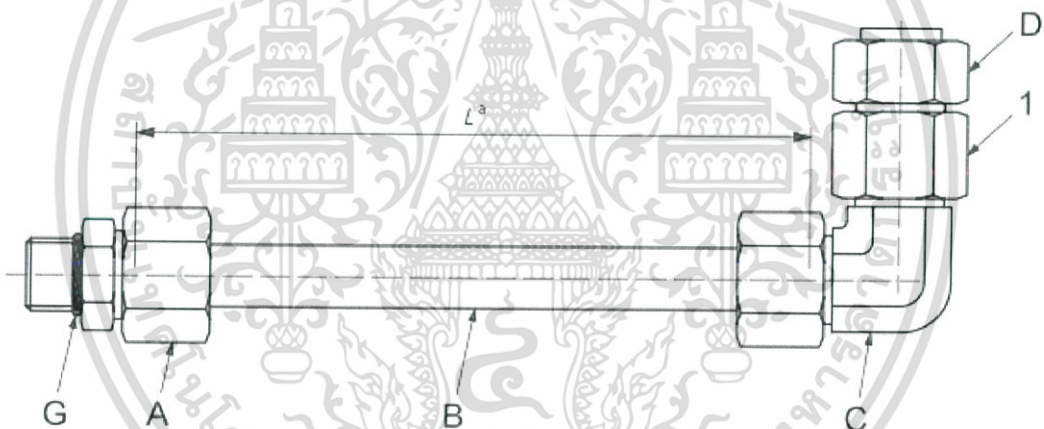
2.6.3 การตั้งค่าทั่วไป

1) การประกอบทดสอบ

ทุกองค์ประกอบที่ถูกทดสอบ ต้องอยู่ในขั้นตอนสุดท้าย ทั้งสกรูยึด ที่ต้องผ่านการอบร้อนมาแล้ว การประกอบที่ชิ้นส่วนนั้นกำหนดให้ทำจากทองเหลือง เว้นแต่ มีการระบุเฉพาะเจาะจงให้ส่วนชิ้นเป็นแบบอื่น รูปแบบที่ 1 การประกอบชุดทดสอบถูกแสดงใน รูปที่ 2.6 สำหรับท่อ (ใช้สำหรับวิธีทดสอบการรั่วไหล กันน้ำอัดจนแตก และการดล) รูปแบบที่ 2 การประกอบชุดทดสอบ ถูกแสดงในรูปที่ 2.7 สำหรับสกรูตัวผู้ (ใช้สำหรับวิธีทดสอบการรั่วไหลและกันน้ำ) การเชื่อมต่อโลหะถือเป็นข้อยกเว้นในการประกอบชุดทดสอบแบบอัดจนแตก และการดล ความแตกต่างระหว่างองค์ประกอบที่ใกล้เคียงกันสามารถทดสอบด้วยวิธีการเดียวกันได้ อธิบายไว้ในรูปแบบที่ 3 ดังรูปที่ 2.8 ได้แสดงไว้ ส่วนรูปแบบที่ 4 เป็นการประกอบชุดทดสอบสำหรับข้อต่อหน้าแปลน จะถูกแสดงไว้ใน รูปที่ 2.9 การประกอบชุดทดสอบ จะต้องสอดคล้อง ให้เกี่ยวพันกับความต้องการที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.3

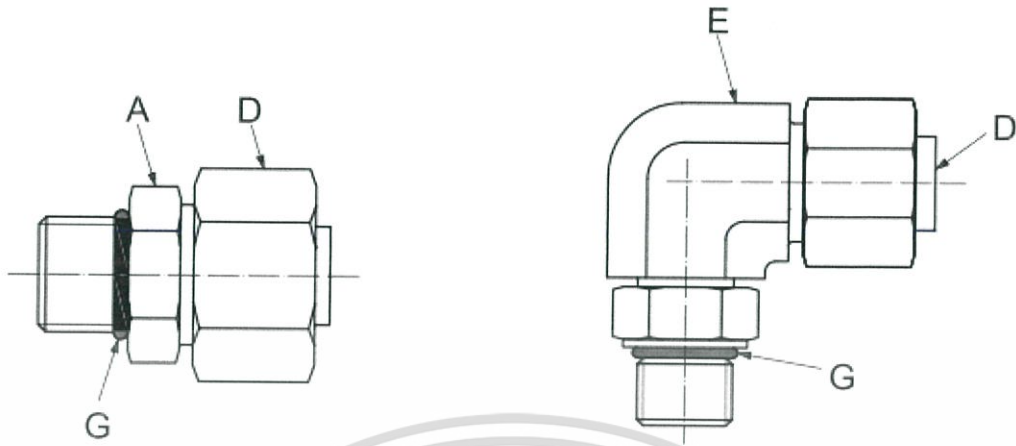
รหัส	ชิ้นส่วน	คำอธิบายและข้อมูลต่างๆ
A	ข้อต่อแกนตรง	ชนิดของสกรู และการต่อรวมทั้งวิธีการปิดผนึกที่เป็นตัวเลือก ต้องถูกบันทึกไว้ในผลรายงาน
B	ท่อเชื่อม	ความต้องการของความหนาที่เลือกโดยอิงจากอัตราความดันที่ใช้งานกับตัวเชื่อมต่อที่เกี่ยวข้อง ความยาวของท่อต้องเป็น 5 เท่า ของรัศมีความหนา บวก 50 มิลลิเมตร
C	ข้อต่อรูปทรงที่หมุนได้	-
D	ปลั๊กอุดเกลียวนอก	-
E	ข้อต่อรูปทรงที่ใช้กับตัวปรับสกรู	-
F	หน้าแปลน สำหรับการต่อ	-
G	การปิดผนึก	เช่น O-ring

ตารางที่ 2.3 ความต้องการสำหรับการประกอบการทดสอบ



รูปที่ 2.6 การประกอบการทดสอบสำหรับข้อต่อ (ชนิดที่ 1)

- 1 คือ สกรูหมุนเกลียวนอก
- A คือ ข้อต่อแกนตรง
- C คือ ข้อต่อรูปทรง
- D คือ ปลั๊กอุดเกลียวนอก
- G คือ การปิดผนึก เช่น O-ring



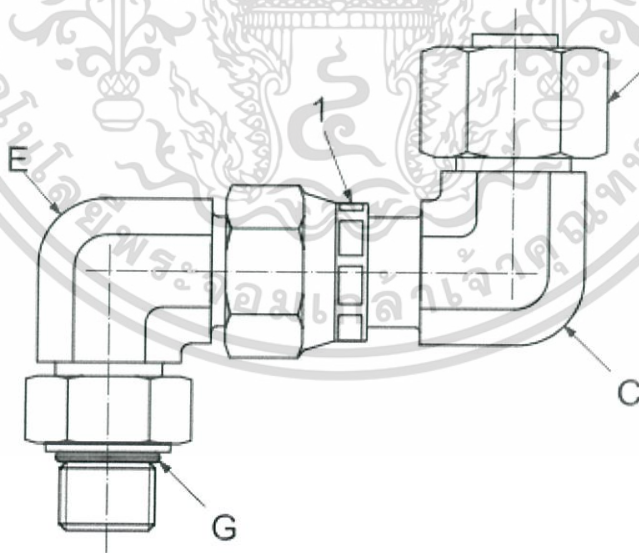
รูปที่ 2.7 การประกอบทดสอบสำหรับปลั๊กอุด (ชนิดที่ 2)

A คือ ขั้วต่อแกนตรง

D คือ ปลั๊กอุดเกลียวนอก

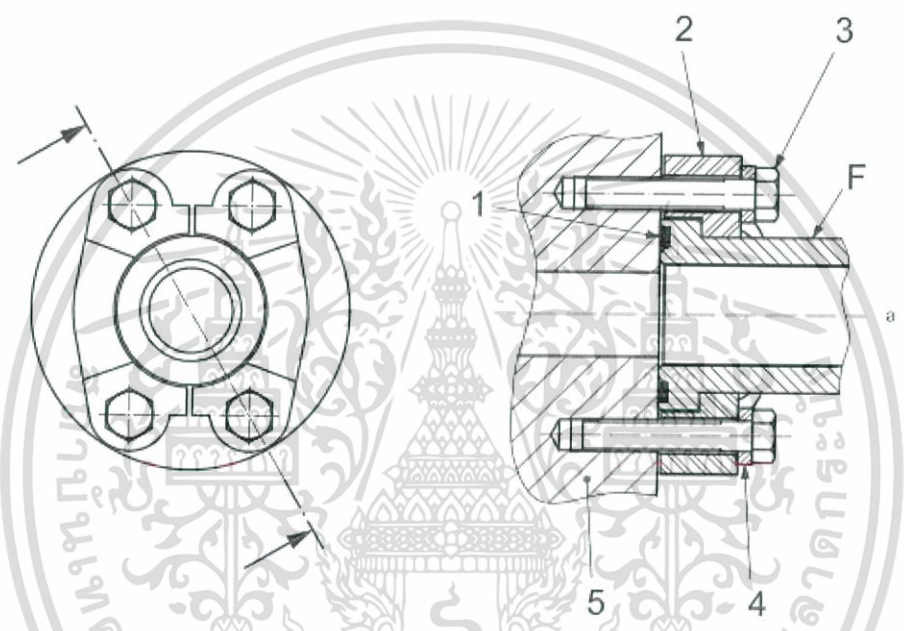
E คือ ขั้วต่อรูปทรงที่ใช้กับตัวปรับสกรู

G คือ การปิดผนึก เช่น O-ring



รูปที่ 2.8 การติดตั้งหลายอุปกรณ์โดยไม่ติดตั้งท่อ (ชนิดที่ 3)

- 1 คือ สกรูหมุนเกลียวนอก
- C คือ ขั้วต่อรูปทรง
- D คือ ปลั๊กอุดเกลียวนอก
- E คือ ขั้วต่อรูปทรงที่ใช้กับตัวปรับสกรู
- G คือ การปิดผนึก เช่น O-ring



รูปที่ 2.9 การประกอบทดสอบสำหรับหน้าแปลน (ชนิดที่ 4)

- 1. O - ring
- 2. หน้าแปลนแบบแยกชิ้นส่วนได้
- 3. สกรู
- 4. แป้นรอง
- 5. ชิ้นส่วนทดสอบที่ปรับเปลี่ยนได้
- F. หน้าแปลน สำหรับการต่อ

2) อุปกรณ์การทดสอบ

2.1) ทดสอบบล็อก

ทดสอบบล็อกต้องไม่เป็นแผ่นจาน และมีความแข็งแรงระหว่าง 35-45 HRC ตามมาตรฐาน ISO 6508 โดยการทดสอบบล็อกนั้น ต้องใช้สายแบบหลายช่องทาง ระยะห่างระหว่างกลางสายของการทดสอบ ต้องมีค่าน้อยที่สุดได้ 1.5 เท่าของขนาดรัศมีหน้าตัด และระยะห่างระหว่างกลางสายของการทดสอบกับจุดสุดท้ายของบล็อก ต้องมีค่าน้อยที่สุดได้ 1 เท่าของรัศมีหน้าตัด

2.2) ทดสอบการปิดผนึก

การปิดผนึกต้องเป็นยางชนิดไนไตร ที่ความแข็งอยู่ที่ 90 ± 5 IHRD เมื่อวัดตามมาตรฐาน ISO 48 การปิดผนึกต้องสอดคล้องกับรัศมีท่อและ O-ring ยกเว้นการทดสอบที่ต้องมีปริมาณมากเกินไปหรือระบุเจาะจงไม่จำเป็นต้องสนใจในส่วนนี้

3) ขั้นตอน

3.1) การหล่อลื่นหัวฉีด

ข้อต่อที่สร้างขึ้นจากเหล็กคาร์บอนสำหรับใช้ทดสอบโดยเฉพาะ หัวฉีดและพื้นผิวที่สัมผัสต้องใช้สารหล่อลื่นก่อนที่จะประกอบ เพื่อรองรับทอร์คที่เกิดขึ้น สารหล่อลื่นที่ใช้ต้องมีความหนืดตามมาตรฐาน ISO VG32 และ ISO 3448 สำหรับวัสดุที่ไม่ใช่เหล็กคาร์บอน ให้ใช้สารหล่อลื่นในกระบวนการผลิตแทน

3.2) ทอร์ค

ข้อต่อที่เชื่อมกับปลั๊กอุดเกลียวนอก ต้องทดสอบที่ค่าต่ำสุดของทอร์คที่รองรับได้ ยกเว้นในการประกอบซ้ำหรือการทดสอบที่มากเกินไป

3.3) อุณหภูมิ

อุณหภูมิของของเหลวไฮดรอลิกอยู่ระหว่าง 15 องศา และ 80 องศา

4) การทดสอบประกอบซ้ำ

4.1) ทฤษฎี

เป็นการประกอบตามรูปแบบที่ 1 และทำการทดสอบซ้ำตามจำนวนครั้งที่กำหนดว่าจะเกิดความเสียหายที่ชิ้นส่วนทดสอบหรือไม่

4.2) ขั้นตอน

ท่อน้ำต่อรูปทรงที่ใช้กับตัวปรับสกรู ดังรูปที่ 1 (ชิ้นส่วน A) และชิ้นส่วนทดสอบที่ปรับเปลี่ยนได้ (ชิ้นส่วน C) ถอดและนำมาประกอบใหม่ 6 ครั้ง ก่อนที่จะทำการถอดต้องหมุนท่อน้ำตามเข็มนาฬิกา 60 องศา ระหว่างการประกอบใหม่ต้องทำการเช็คให้แน่ใจว่าน็อตแต่ละตัวหมุนเข้าด้วยจำนวนหมุนที่เท่ากัน

4.3) การนำมาใช้งานใหม่ของอุปกรณ์

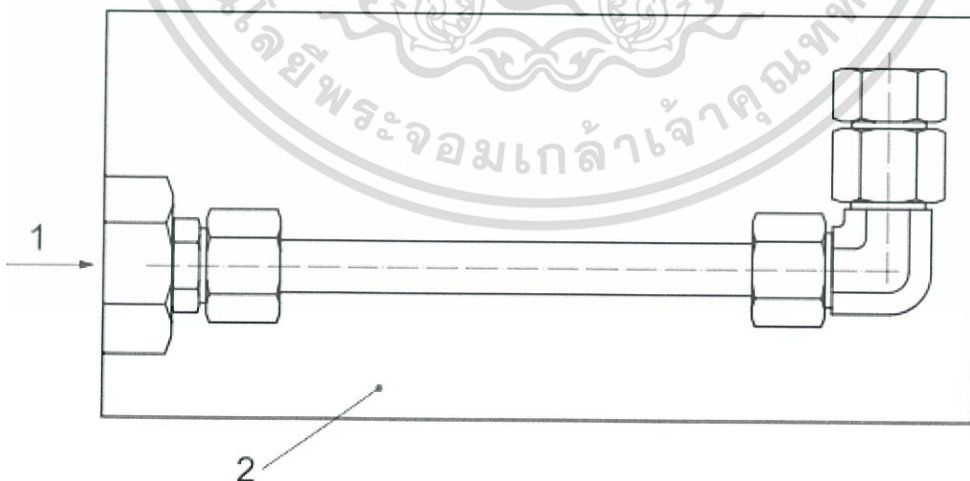
ชิ้นส่วนที่นำมาทดสอบ สามารถนำไปใช้ทดสอบการอัดจนแตกหรือการคลไต่ต่อไป

5) ทดสอบการป้องกัน

5.1) ทฤษฎี

เป็นการทดสอบเพื่อทดสอบว่า การประกอบแบบชนิด ที่ 1 2 3 และ 4 นั้นทนทานต่อการใช้งานหรือไม่ ทดสอบที่ 2 เท่าความดันที่ใช้งานจริง โดยไม่แสดงสัญญาณของการรั่วไหล

5.2) ขั้นตอนการทดสอบ



รูป 2.10 การประกอบเบื้องต้นสำหรับการทดสอบแบบความดันคงที่และการอัดจนระเบิด

ตัวชี้วัดสำหรับการทดสอบ	ข้อมูลและขั้นตอนในแต่ละตัวชี้วัด
เครื่องมือในการทดสอบ	น้ำมันไฮดรอลิกโดยอ้างอิงจากมาตรฐาน ISO 6743-4 : ด้วยความหนืดที่เท่ากับหรือน้อยกว่า ISO VG32 และใช้ ISO 3448 สำหรับน้ำ
ความดันที่ใช้ทดสอบ	2 เท่า ของความดันที่ใช้งาน ความดันที่ใช้มีค่าความเคลื่อนได้ไม่เกิน 16 เปอร์เซ็นต์ จากที่นำมาใช้ทดสอบ
ระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ	ไม่มีการรั่วไหลหรือเสียหาย ที่ขั้นต่ำ 60 วินาที
ตัวเปรียบเทียบว่าผ่านหรือไม่ผ่าน	ไม่มีส่วนไหนที่แสดงถึงการรั่วไหล และเสียหาย หลังการทดสอบ

ตารางที่ 2.4 ตัวชี้วัดและขั้นตอนการทดสอบการป้องกัน

5.3) การนำมาใช้งานใหม่ของอุปกรณ์

ชิ้นส่วนที่นำมาทดสอบนั้น สามารถนำไปใช้ทดสอบการอัดจนแตกได้ และไม่ควรมานำไปใช้งานจริง

6) ทดสอบสุญญากาศ

6.1) ทฤษฎี

สำหรับการทดสอบการประกอบแบบชนิดที่ 1, 2 และ 4 นั้น เพื่อยืนยันว่า การประกอบอุปกรณ์แบบสามารถทนรับสภาพสุญญากาศได้ที่ 6.5 kPa หรือที่ 0.065 bar เป็นความดันสมบูรณ์เป็นเวลา 5 นาที โดยไม่มีการรั่วไหล

6.2) ขั้นตอนการทดสอบ

ตัวชี้วัดสำหรับการทดสอบ	ข้อมูลและขั้นตอนในแต่ละตัวชี้วัด
เครื่องมือในการทดสอบ	สุญญากาศที่ความดัน 6.5 kPa หรือ 0.065 Bar เป็นความดันสมบูรณ์
ขั้นตอนการทดสอบ	ติดตั้งอุปกรณ์ทำสุญญากาศและนาโนมิเตอร์ ทำการเปิดเครื่องเพื่อให้สภาวะภายในท่อเป็นสุญญากาศ ให้ถึงความดันสุญญากาศที่กำหนด เป็นเวลา 5 นาที เสร็จแล้วทำการปิดเครื่อง ตรวจสอบชิ้นส่วนว่ามีการรั่วไหลหรือไม่ วัดได้จาก การเพิ่มขึ้นของความดันสมบูรณ์ ที่นาโนมิเตอร์
ระยะเวลาที่ใช้ทดสอบ	ระยะเวลา 5 นาที
ตัวเปรียบเทียบว่าผ่านหรือไม่ผ่าน	มีการเพิ่มขึ้นของความดันสมบูรณ์ที่อ่านได้ไม่ควรเกิน 3 kPa หรือ 0.03 bar และไม่มีชิ้นส่วนใดเกิดการเสียหาย

ตารางที่ 2.5 ตัวชี้วัดและขั้นตอนการทดสอบสุญญากาศ

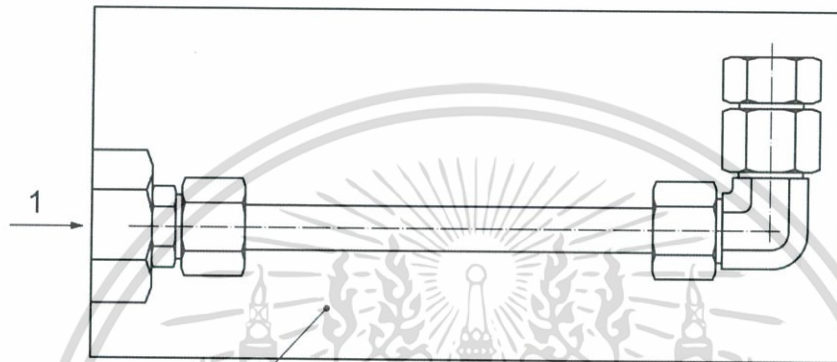
6.3) การนำมาใช้งานใหม่ของอุปกรณ์

ชิ้นส่วนที่นำมาทดสอบนั้น สามารถนำไปใช้ทดสอบการอัดจนแตกได้ และไม่ควรมานำไปใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 16 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) การทดสอบการรั่วไหล

เป็นการทดสอบการรั่วของข้อต่อของระบบไฮดรอลิก โดยจะอัดอากาศเข้าสู่ข้อต่อของระบบไฮดรอลิก ให้มีความดันภายในเป็นหนึ่งในสามของความดันที่ใช้งาน แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำเพื่อสังเกตว่ามีฟองอากาศรั่วไหลออกมาหรือไม่ ถ้าเกิดว่ามีฟองอากาศรั่วไหลออกมาแสดงว่าข้อต่อนั้นมีการรั่วไหล



รูปที่ 2.11 การประกอบสำหรับการทดสอบการรั่วไหล

1 คือ ทางเข้าของของไหลที่ใช้ทดสอบ

2 คือ น้ำ

7.1) ขั้นตอนการทดสอบ

ตัวชี้วัดการทดสอบ	ค่าของตัวชี้วัดและขั้นตอนในการทำการทดสอบ
ตัวกลางที่ใช้ทดสอบ	อากาศเป็นตัวกลางที่ใช้ทดสอบและจะถูกบันทึกในรายงานการทดสอบ
ความดันที่ใช้ทดสอบ	ความดันในการทดสอบจะถูกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งความดันมีค่า 15% ของความดันที่ใช้งาน และตามที่มาตรฐานกำหนดค่าที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 6.3 MPa
ระยะเวลาการทดสอบ	อย่างน้อยสามนาทีที่ความดันทดสอบหลังจากนั้นอากาศที่อยู่ในข้อต่อก็จะออกมาทางรอยรั่วเป็นฟองน้ำ
ผ่าน/ไม่ผ่าน	การรั่วไหลที่อยู่ในรูปฟองน้ำจะต้องไม่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนไฮดรอลิกถึงจะผ่านเกณฑ์
1 bar = 0.1 MPa = 10 ⁵ Pa; 1 MPa = 1 N/mm ²	

ตารางที่ 2.6 ตัวชี้วัดและขั้นตอนการทดสอบการรั่วไหล

7.2) การนำมาใช้งานใหม่ของอุปกรณ์

ข้อต่อที่นำมาทดสอบการรั่วไหลหลังจากการทดสอบจะไม่นำมาใช้งานจริงในระบบไฮดรอลิก แต่สามารถนำไปใช้ทดสอบครั้งต่อไปได้

8) ทดสอบแรงดันสูงสุดที่วัสดุจะรองรับได้

การทดสอบแรงดันสูงสุดของอุปกรณ์ข้อต่อนี้สร้างขึ้นสำหรับการตรวจสอบความดันที่ยอมรับได้เมื่อใช้ในระบบไฮดรอลิกโดยการเพิ่มแรงดัน ความดันที่อุปกรณ์รับได้ต้องถึงอย่างน้อย 4 เท่าก่อนจะเสียรูป โดยของเหลวที่ใช้ทดสอบในระบบเป็นน้ำ

8.1) ขั้นตอนการทดสอบ

ตัวชี้วัดการทดสอบ	ค่าของตัวชี้วัดและขั้นตอนในการทำการทดสอบ
ตัวกลางที่ใช้ทดสอบ	น้ำเป็นตัวกลางที่ใช้ทดสอบและจะถูกบันทึกในรายงานการทดสอบ
ความดันที่ใช้ทดสอบ	ใช้ความดันอย่างน้อย 4 เท่าของความดันที่ใช้งาน
ระยะเวลาการทดสอบ	ทดสอบจนกระทั่งอุปกรณ์ข้อต่อเสียรูป
ผ่าน/ไม่ผ่าน	ต้องไม่มีชิ้นส่วนใดแสดงการเสียรูปหรือรั่วไหลในขณะที่ทำการทดสอบภายใต้ความดันที่ต่ำกว่า 4 เท่าของความดันใช้งาน

ตารางที่ 2.7 ตัวชี้วัดและขั้นตอนการทดสอบแรงดันสูงสุด

8.2) การนำมาใช้งานใหม่ของอุปกรณ์

ข้อต่อที่นำมาทดสอบหลังจากการทดสอบแรงดันสูงสุดจะไม่นำมาใช้งานจริงในระบบไฮดรอลิกและการทดสอบครั้งต่อไป

9) การทดสอบการลดด้วยการสั่นสะเทือน

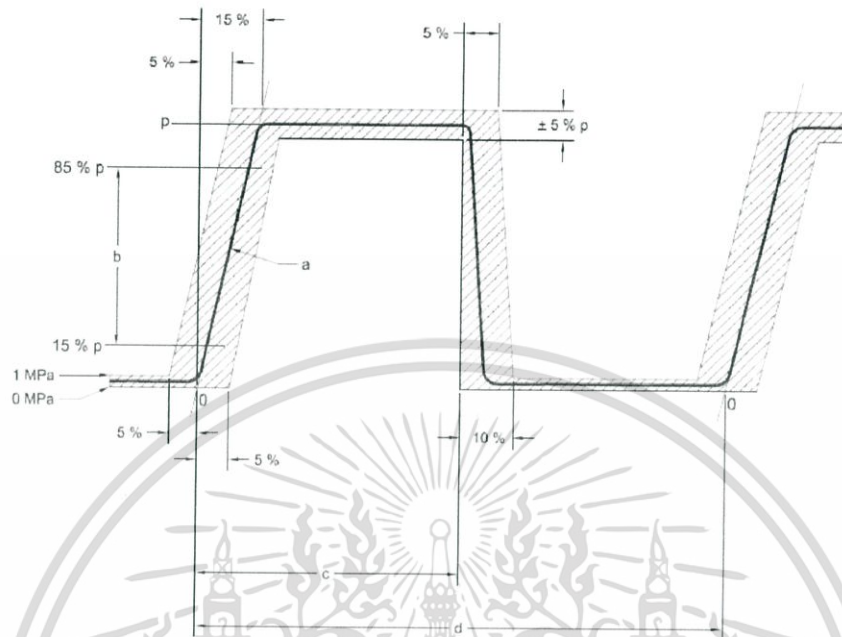
เป็นการทดสอบอุปกรณ์โดยที่ไม่มีการรั่วซึม หรือการเสียรูป โดยที่จะทดสอบโดยการทำให้ ทดสอบที่ 133% ของแรงดันที่ใช้งาน จำนวน 500,000 รอบ และมีการสั่นสะเทือน ในขณะที่ทดสอบด้วย

9.1) ขั้นตอนการทดสอบ

ตัวชี้วัด	ค่าของตัวชี้วัดและกระบวนการ
ตัวกลางที่ใช้ทดสอบ	ของเหลวไฮดรอลิกที่อ้างอิง จากมาตรฐาน ISO6743-4 ด้วยความหนาแน่นตามมาตรฐาน ISO VG32 หรือตามมาตรฐาน 3448 หรือน้ำ ตัวกลางที่ใช้ทดสอบควรบันทึกในรายงานผลการทดสอบ
แรงดันที่ใช้ทดสอบ	แรงดันที่ใช้ทดสอบควรมีรูปแบบการสั่นสะเทือนตามมาตรฐาน ISO6605 ด้วยความดันสูงสุด 133% ของแรงดันที่ใช้งานในขณะที่มีการสั่นสะเทือนด้วยความถี่ 0.5 Hz ถึง 1.25 Hz
ระดับความเครียดของการดัดที่ใช้ทดสอบ	25% ของขั้นต่ำของ ความเค้นวิกฤติที่ทำให้เกิดการครากของท่อ
ความถี่ของการสั่นสะเทือน	20 เท่าของความถี่แรงกระตุ้น
ระยะเวลาทดสอบ	ขั้นต่ำ 500,000 รอบ
ผ่าน/ไม่ผ่าน	ไม่มีส่วนใด ในการประกอบมีการรั่วไหล หรือแตกหักระหว่างการทดสอบ
ท่อที่นำมาใช้งานต้องมีความเค้นวิกฤติที่ต่ำสุดมากกว่า 235 MPa และกำหนดให้มีความสามารถรองรับไดนามิกของท่อ โดยคำนึงถึงเมื่อพิจารณาระดับความเครียดที่ใช้ในการทดสอบ	

ตารางที่ 2.8 ตัวชี้วัดและขั้นตอนการทดสอบความอดทนแบบวัฏจักรด้วยการสั่นสะเทือน

9.2) ความดันที่ใช้ตามมาตรฐาน ISO6605



- NOTE 1 Secant pressure rise is the straight line drawn through two points on the pressure rise curve, one point at 15% of the test pressure and the other at 85% of the test pressure
 NOTE 2 Point "0" is the intersection of the secant pressure rise with a pressure of 0 MPa (0 bar)
 NOTE 3 Pressure rise rate is the slope of the secant pressure rise expressed in megapascals per second (MPa/s)
 NOTE 4 Cycle rate shall be uniform at 0.5 to 1.3 Hz
 NOTE 5 The nominal rate of pressure rise shall be equal to

รูปที่ 2.12 รูปแบบความดันที่ใช้กับการทดสอบการดลแบบความดันสูง

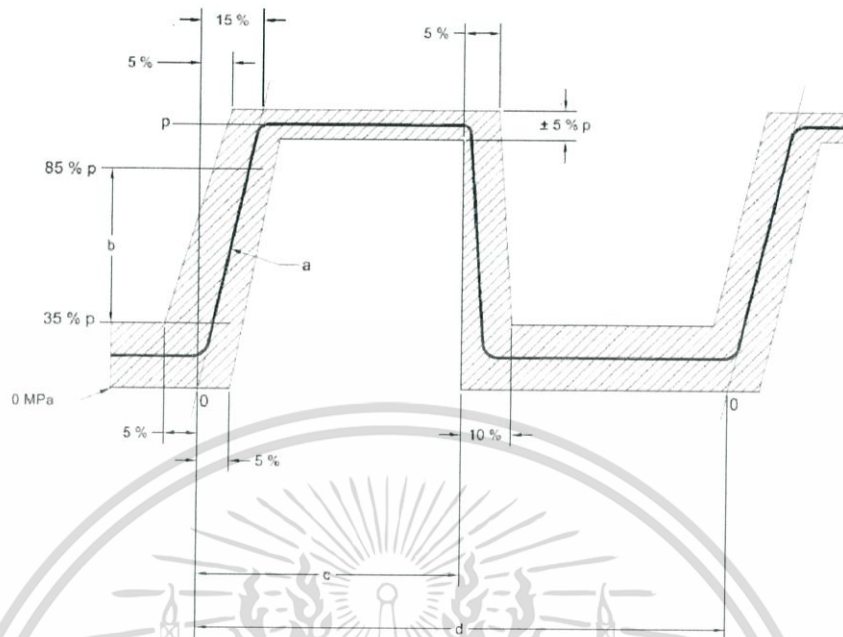
โดยที่

a คือ เส้นตรงที่บ่งบอกอัตราความดันที่เพิ่มขึ้น

b คือ อัตราความดันที่เพิ่มขึ้นโดยตัดเส้นจากจุดสองจุด

c 45% ถึง 55% ของแรงดันกระตุ้นที่สมบูรณ์

d เมื่อครบวงรอบของแรงดันกระตุ้น



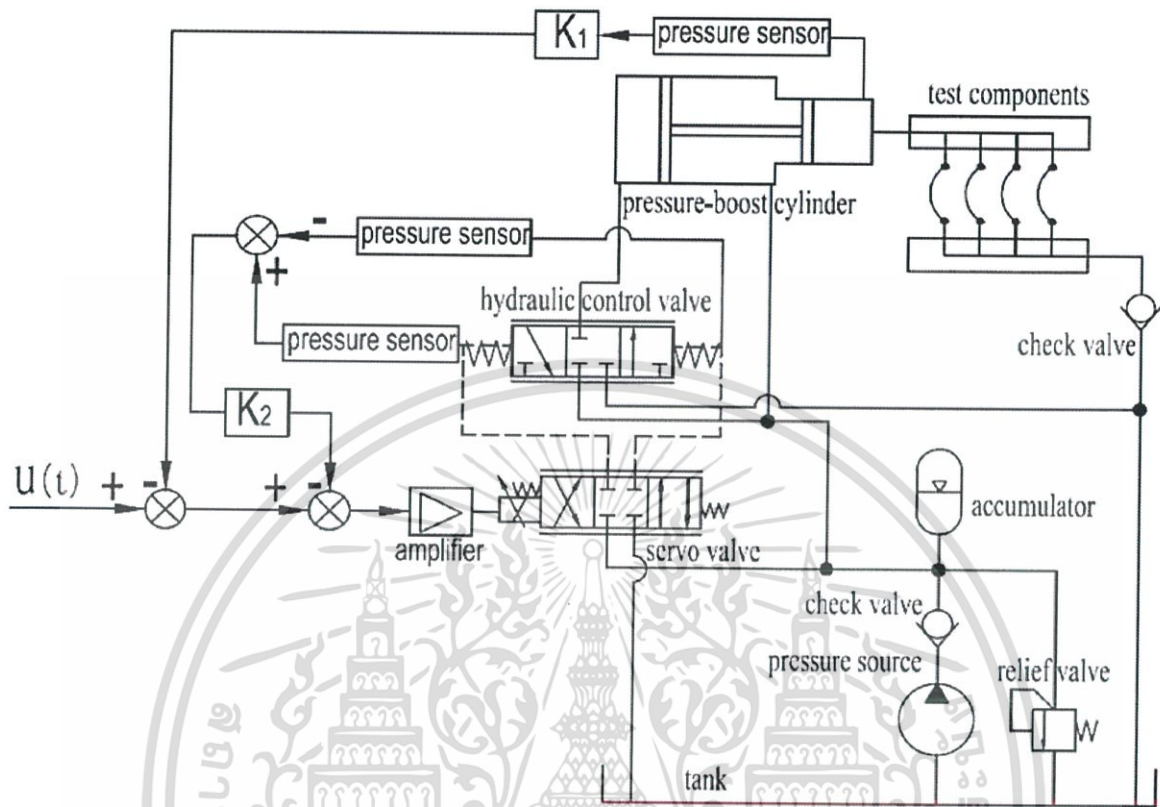
- NOTE 1 Secant pressure rise is the straight line drawn through two points on the pressure rise curve, one point at 35% of the test pressure and the other at 85% of the test pressure.
- NOTE 2 Point '0' is the intersection of the secant pressure rise with a pressure of 0 MPa (0 bar).
- NOTE 3 Pressure rise rate is the slope of the secant pressure rise expressed in megapascals per second (MPa/s).
- NOTE 4 Cycle rate shall be uniform at 0.2 to 1.0 Hz.
- NOTE 5 The nominal rate of pressure rise shall be equal to

รูปที่ 2.13 รูปแบบความดันที่ใช้กับการทดสอบการดลแบบความดันต่ำ

โดยที่

- a เส้นตรงที่บ่งบอกอัตราการความดันที่เพิ่มขึ้น
- b อัตราความดันที่เพิ่มขึ้นโดยตัดเส้นจากจุดสองจุด
- c 45% ถึง 55% ของแรงดันกระตุ้นที่สมบูรณ์
- d เมื่อครบวงจรของแรงดันกระตุ้น

9.3) วงจรสำหรับการทดสอบการดล



รูปที่ 2.14 วงจรตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการดล [8]

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการทดสอบ

- | | |
|------------------|----------------------------|
| 1. Tank | 7. Amplifier |
| 2. Relief Valve | 8. Hydraulic Control Valve |
| 3. 2 Check Valve | 9. Pressure-Boost Cylinder |
| 4. Pump | 10. Test Subject |
| 5. Accumulator | 11. 3 Pressure Sensors |
| 6. Servo Valve | |

โดยวงจรตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการคลมมีการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้

1. เมื่อเปิดการทำงานของเครื่องให้กำลัง มอเตอร์จะหมุนนำน้ำมันจากถังเก็บน้ำมันผ่านวาล์วนิรภัย ผ่านตัวสะสมความดัน และวาล์วกันกลับ จนไปถึงเซอร์โววาล์วที่มีการปรับค่าการควบคุมอัตราการไหลเรียบร้อยแล้ว โดยในช่วงแรกจะปรับค่าการควบคุมให้ล้อยของเซอร์โววาล์วเคลื่อนไปทางขวา วาล์วควบคุมอัตราการไหลจะถูกผลักไปทางซ้าย เนื่องด้วยค่าความดันที่เกิดขึ้นจากเซอร์โววาล์วบังคับ
2. หลังจากวาล์วควบคุมอัตราการไหลถูกผลักไปทางซ้าย ทำให้เปิดช่องทางการไหลของน้ำมันให้เข้าสู่ถังเพิ่มแรงดัน
3. อัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดที่แตกต่างกัน ส่งผลถึงแรงดันฝั่งขาออกจากถังเพิ่มแรงดัน ที่เพิ่มขึ้น เข้าสู่อุปกรณ์ที่ทำการทดสอบ
4. น้ำมันในถังเพิ่มแรงดันจะถูกดันกลับลงถังเก็บ
5. เซนเซอร์วัดความดันที่ติดไว้ในแต่ละส่วน ส่งข้อมูลความดันที่เก็บได้กลับไปคำนวณ
6. เมื่อความดันและระยะเวลาที่เกิดขึ้น ในช่วงเพิ่มความดันเป็นไปตามคาด ก็จะเข้าถึงช่วงลดความดัน
7. ช่วงลดความดัน ทำการสั่งการ เซอร์โววาล์วให้เคลื่อนไปทางซ้าย และวาล์วควบคุมอัตราการไหลจะถูกผลักไปทางขวา เนื่องด้วยค่าความดันที่เกิดขึ้นจากเซอร์โววาล์วบังคับ
8. วาล์วควบคุมอัตราการไหลเปิดช่องทางการไหลของน้ำมันให้กลับสู่ถังพัก
9. น้ำมันจากถังเพิ่มแรงดันไหลกลับผ่านช่องทางนี้กลับสู่ถังพักน้ำมัน

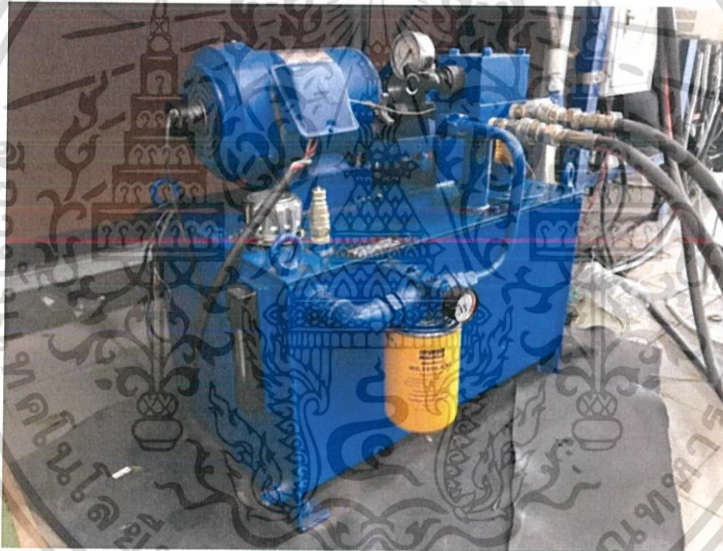
บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

บทนี้กล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์และวิธีการทดสอบการดลของแรงดันที่เกิดขึ้นภายในระบบไฮดรอลิก โดยอธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์การทดสอบที่ใช้ภายในระบบทั้งหมด และการทดสอบที่สร้างขึ้นเป็นชุดทดสอบเบื้องต้นสำหรับนำไปสร้างและพัฒนาต่อเป็นชุดทดสอบจริง โดยอ้างอิงการทดสอบจากมาตรฐาน ISO 19879: 2010 แบบความดันต่ำ ซึ่งในชุดทดสอบเบื้องต้นนี้ใช้ความดันที่น้อยกว่าและจำนวนรอบในการทดสอบที่น้อยกว่าเช่นกัน เนื่องจากข้อจำกัดในการสร้างและข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่มี

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

3.1.1 ชุดต้นกำลังไฮดรอลิก (Hydraulic Power Unit)

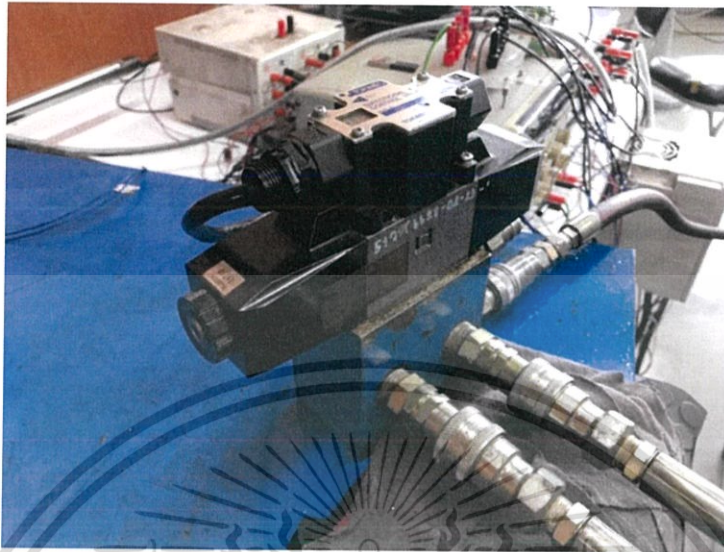


รูปที่ 3.1 ชุดต้นกำลังไฮดรอลิก

ทำหน้าที่สร้างอัตราการไหลและแรงดันให้กับน้ำมันไฮดรอลิก ดังที่แสดงในรูปที่ 3.1 ประกอบด้วย

- 1) มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส MITSUBISHI Type SF-JR 380 โวลต์ 3.4 แอมป์ ขนาด 1.5 kW ความถี่สูงสุด 50 เฮิร์ตซ์ ความเร็วรอบสูงสุด 1430 รอบต่อนาที ค่า Power Factor = 0.82
- 2) ปั๊มไฮดรอลิกแบบเฟืองนอก (Hydraulic External Gear Pump) ผลิตโดยบริษัท HONOR รุ่น 2GG1U11R ขนาด 3.53 กิโลกรัม ความจุ 11.3 ซีซีต่อรอบ ให้อัตราการไหลสูงสุด 16.1 ลิตรต่อนาที ความดันสูงสุด 300 บาร์
- 3) วาล์วนิรภัย (Pressure Relief Valve)

3.1.2 วาล์วแบบสัดส่วน (Proportional Valve)



รูปที่ 3.2 วาล์วแบบสัดส่วน

ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางและอัตราการไหล โดยการจ่ายสัญญาณควบคุมในช่วง -10 ถึง +10 โวลต์ ผลิตโดยบริษัท TOKIMEC รุ่น COM-3-2C-60-AN-11 อัตราการไหลสูงสุด 30 ลิตรต่อนาที ความดันจำกัดที่พอร์ต P, A และ B เท่ากับ 245 bar และที่พอร์ต T เท่ากับ 137 bar

3.1.3 กระบอกสูบและสปริง (Cylinder with Spring)



รูปที่ 3.3 กระบอกสูบและสปริง

ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยในการดันน้ำมันที่ค้างอยู่ภายในระบบให้ไหลกลับลงสู่ถังกักเก็บน้ำมันให้เร็วยิ่งขึ้น สร้างขึ้นเพื่อใช้แทนถังสะสมพลังงาน (Accumulator) ที่เป็นตัวเก็บความดันเพื่อให้นำไปใช้ต่อไปโดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา²⁵ จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)



รูปที่ 3.4 อินเวอร์เตอร์

ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์โดยการปรับความถี่ ผลิตโดย TOSHIBA รุ่น VF-S11-4055PL-WN (R5) ชนิด 3 เฟส 5.5 KW ความต่างศักย์ไฟฟ้าเข้า 380/500 Volt ความต่างศักย์ไฟฟ้าออก 380/500 Volt ความถี่เข้า 50/60 Hz ความถี่ออก 0.5/500 Hz

3.1.5 เซนเซอร์วัดความดัน (Pressure Sensor)



รูปที่ 3.5 เซนเซอร์วัดความดัน

ทำหน้าที่วัดความดันระหว่างขาเข้าและขาออกของข้อต่อข้ออ 90 องศา ผลิตโดย Wika รุ่น DIN 175301-803A ช่วงความดันที่ใช้งาน 0 - 600 bar ส่งสัญญาณเข้าในช่วง DC 0-10 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา²⁶จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

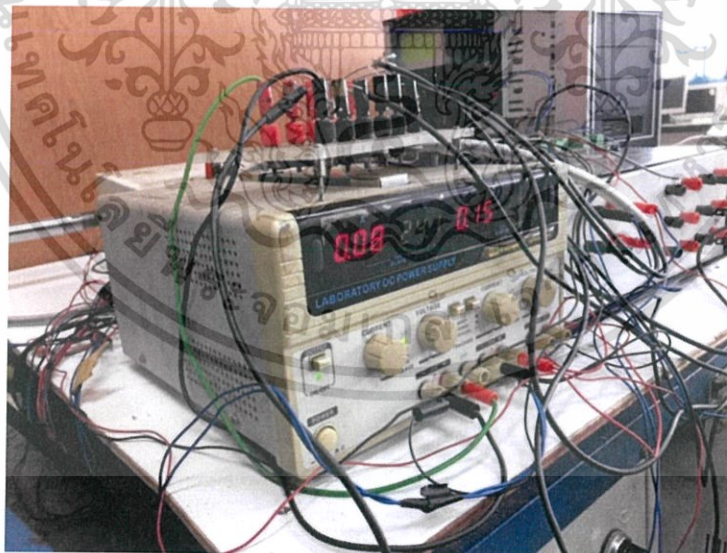
3.1.6 ท่อส่งน้ำมันไฮดรอลิก (Hydraulic Hose)



รูปที่ 3.6 สายส่งน้ำมัน

ทำหน้าที่ส่งผ่านน้ำมันไฮดรอลิก เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ 9.5 มิลลิเมตรและเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ 17.1 มิลลิเมตร รับความดันได้สูงสุด 180 bar

3.1.7 แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply)

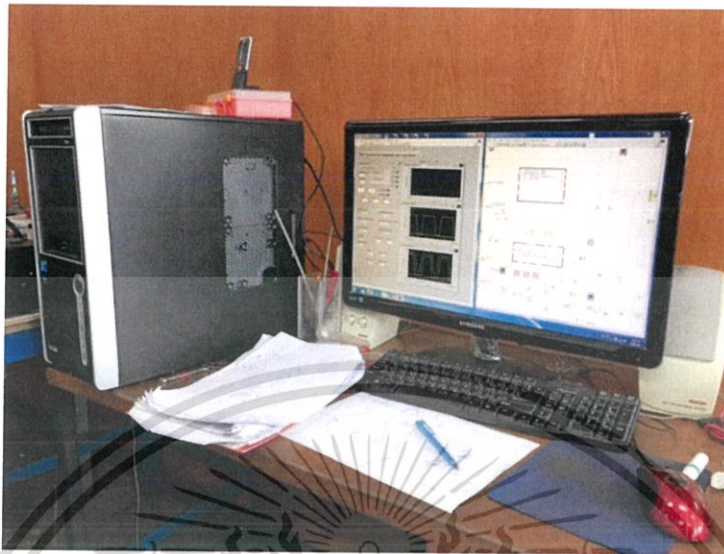


รูปที่ 3.7 แหล่งจ่ายไฟฟ้า

ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้าให้กับเซนเซอร์วัดความดันและวาล์วควบคุมทิศทางและอัตราการไหล ขนาด 24 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา²⁷ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.8 คอมพิวเตอร์ (Computer)



รูปที่ 3.8 คอมพิวเตอร์

ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของการทำงาน ใช้สั่งการอุปกรณ์ภายในระบบ และรับข้อมูลที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาประมวลผลและปรับค่าให้เข้าสู่ค่าที่ใช้อ้างอิง

3.2 วิธีการทดสอบ

ในการทดสอบการดลของความดันภายในข้อต่อของระบบไฮดรอลิกมีวัตถุประสงค์คือต้องการที่ให้ความดันภายในของระบบไฮดรอลิกเกิดแรงกระทำต่อข้อต่อโดยตรงเป็นจังหวะเพื่อวัดความล้าและสังเกตความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวข้อต่อ ในการสร้างแรงดันที่กระทำต่อข้อต่อไฮดรอลิกเป็นจังหวะ ต้องใช้การควบคุมจากการส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังตัวควบคุมผ่านโปรแกรมที่ได้ทำการออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการทดสอบโดยเฉพาะ ทั้งนี้เราใช้การส่งสัญญาณไฟฟ้าแบบระบบปิดเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการควบคุม โดยตั้งค่าความดันของระบบไว้ที่ 50 bar และขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

3.2.1 การหาค่าความดันสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบ

$$Q = V_D N$$

โดย

Q คือ อัตราการไหลของน้ำมัน (m^3/s)

V_D คือ ความจุน้ำมันต่อ 1 รอบการหมุน (m^3/rev)

N คือ จำนวนรอบต่อนาที (rev/min)

จากชุดต้นกำลัง

$$V_D = 11.3 \text{ m}^3/rev$$

$$N = 1430 \text{ rev/min}$$

จะได้

$$Q = 11.3 \times (1430/60) \text{ m}^3/s$$

$$Q = 0.000269 \text{ m}^3/s$$

$$\text{Pump Power} = PQ$$

โดย

P คือ ความดัน (Pascal)

Q คือ อัตราการไหลของน้ำมัน (m^3/s)

จากชุดต้นกำลัง

$$\text{Pump Power} = 1500 \text{ W}$$

จะได้

$$1500 \text{ W} = P \times 0.000269 \text{ m}^3/s$$

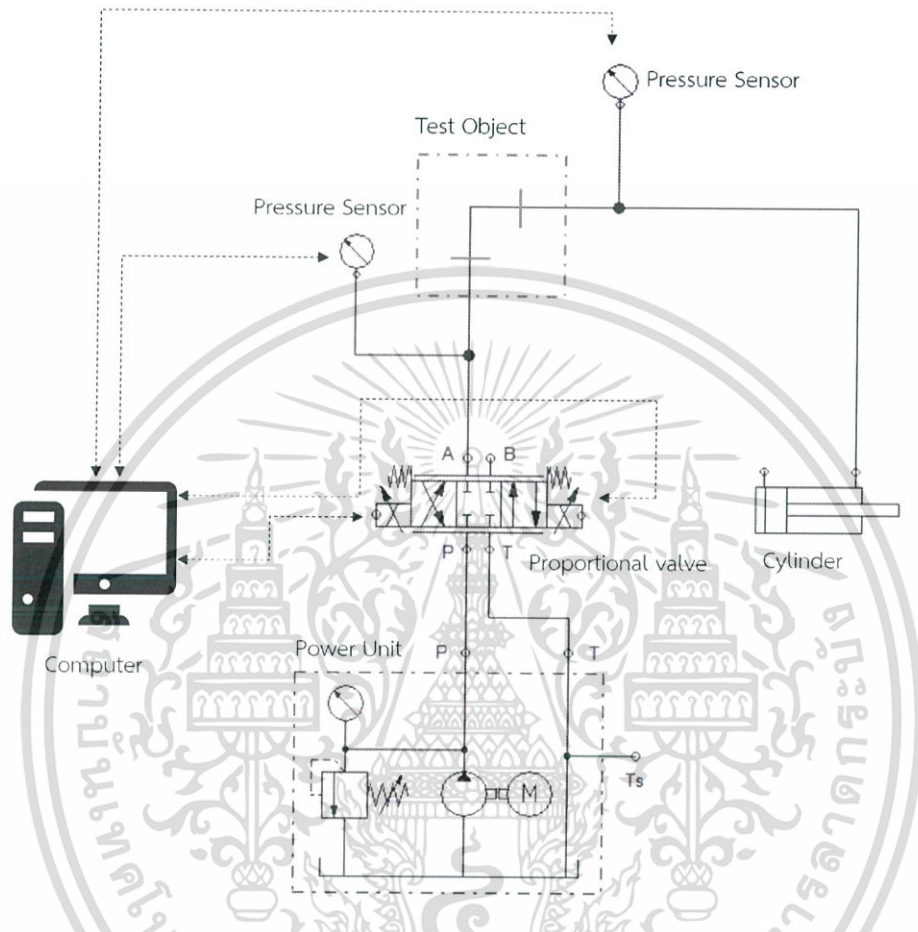
$$P_{MAX} = 5,569,651.587 \text{ Pa}$$

$$= 55.6965159 \text{ bar}$$

ดังนั้น เลือกใช้ความดันที่ 50 bar ในการทดสอบ เพื่อการ Overshoot ที่เกิดขึ้นจากการปรับค่า PID เพื่อควบคุมความดันให้ได้ตามต้องการ หากต้องการเลือกใช้ความดันที่มากกว่านี้ เช่น 70-100 bar จะทำให้การจ่ายน้ำมันในการส่งกำลังเพื่อเพิ่มความดัน ไม่เพียงพอต่อการสร้างแรงดลในอุปกรณ์

3.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

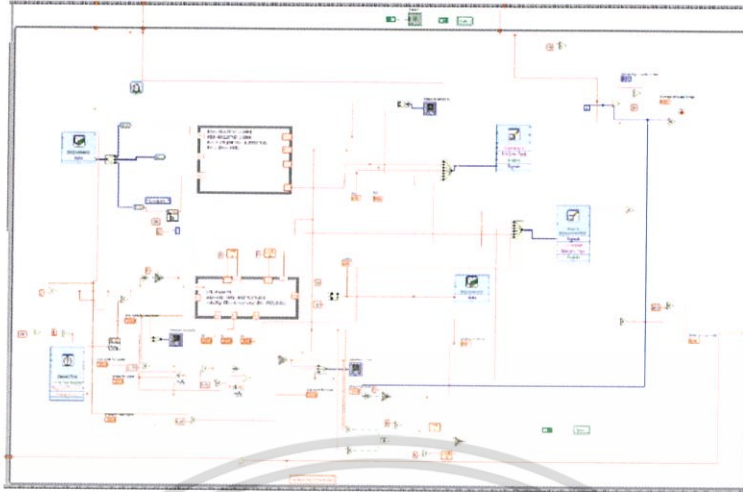
1) ทำการต่อวงจรไฮดรอลิกตามรูปแบบที่วางไว้



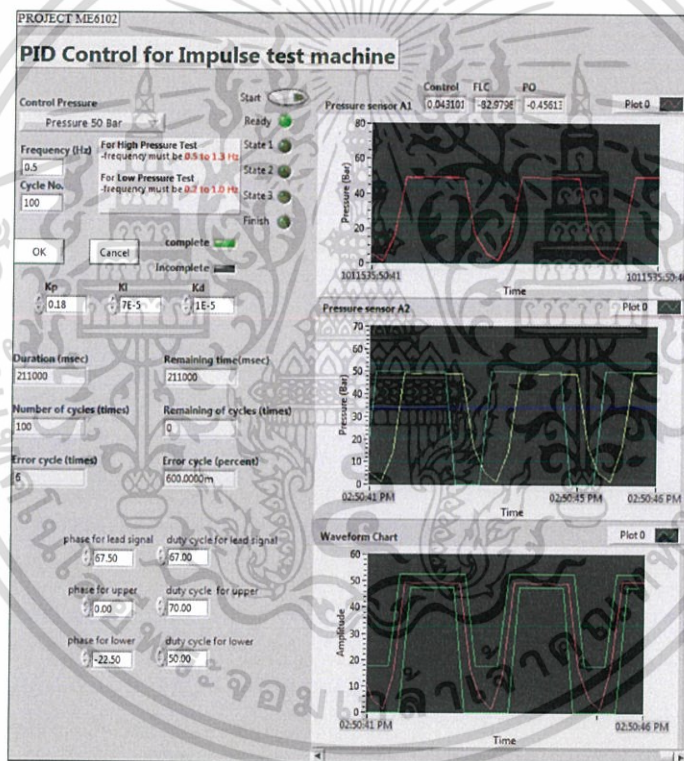
รูปที่ 3.9 วงจรไฮดรอลิกสำหรับการทดสอบ

อุปกรณ์บางตัวที่ใช้ในวงจรต้นแบบมีราคาที่สูง ทำให้อุปกรณ์บางตัวที่ใช้ถูกดัดแปลงมาใช้แทนที่กัน เช่น กระจกสูบและสปริงถูกใช้แทนที่ถึงสะสมพลังงานเพื่อลดการใช้งบประมาณในการสร้างชุดทดลอง วงจรนี้จึงเป็นวงจรที่ดัดแปลงจากวงจรต้นแบบที่สร้างจากอุปกรณ์ที่มีอยู่ภายในห้องปฏิบัติการทั้งหมดและนำไปทดสอบเบื้องต้นแล้วสามารถใช้ในการทดสอบนี้ได้

2) ทำการเขียนโปรแกรมในการควบคุมวาล์วควบคุมทิศทาง และอัตราการไหล โดยใช้ LabVIEW® และระบบการควบคุมวงจรถัด โดยใช้สัญญาณจากเซนเซอร์วัดความดัน เป็นค่าตัวสัญญาณในการป้อนกลับ



รูปที่ 3.10 บล็อกไดอะแกรมที่ใช้สำหรับการทดสอบ



รูปที่ 3.11 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบ

3) ตั้งค่าการควบคุมทั้งสามการควบคุม แบบสัดส่วน แบบปริพันธ์ และแบบอนุพันธ์ (K_p , K_i , K_d)

ตัวควบคุมที่นำมาใช้ ใช้การควบคุมแบบ PID เป็นการควบคุมแบบปรับจูนด้วยมือ สามารถปรับเปลี่ยนค่า Gain ระหว่างการควบคุมได้ จนกว่าเจอค่าที่เหมาะสม โดยขั้นตอนแรกให้ตั้งค่า K_i และ K_D เป็นศูนย์ เพิ่มค่า K_p จนกระทั่งสัญญาณขาออกทำให้ระบบเกิดการตอบสนอง แล้วเพิ่มค่า K_p ที่ละน้อยจนทำให้เกิด การแกว่ง หลังจากนั้นตั้งค่า K_p ให้เหลือครึ่งหนึ่งของค่าที่ทำให้เกิดการแกว่งสำหรับการตอบสนองชนิด “Quarter Amplitude Decay” แล้วเพิ่ม K_i จนกระทั่งออฟเซตถูกต้องในเวลาที่ต้องการของกระบวนการ แต่ถ้า K_i มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 31 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปทำให้ไม่เสถียร สุดท้ายให้เพิ่มค่า K_p จนกระทั่งค่าตอบสนองอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ถ้า K_D มากเกินไป เป็นเหตุให้การตอบสนอง และโอเวอร์ชูตเกินยอมรับได้

วิธีการนี้นำเสนอโดย John G. Ziegler และ Nathaniel B. Nichols ในคริสต์ทศวรรษที่ 1940 ชั้นแรกให้ตั้งค่า K_i และ K_D เป็นศูนย์ เพิ่มอัตราขยาย K_p สูงที่สุด จนกระทั่งเริ่มเกิดการแกว่งนำค่าสัญญาณ และค่าการแกว่งของสัญญาณ มหาหาค่าตัวแปรที่เหลือตามตาราง

Control Type	K_p	K_i	K_D
P	$0.5 K_u$	-	-
PI	$0.45 K_u$	$1.2 K_p / P_u$	-
PID	$0.60 K_u$	$2 K_p / P_u$	$K_p P_u / 8$

ตารางที่ 3.1 ตารางคำนวณของ Ziegler- Nichols

K_u คือ ค่าสัญญาณที่ทำให้เกิดการแกว่งของระบบ

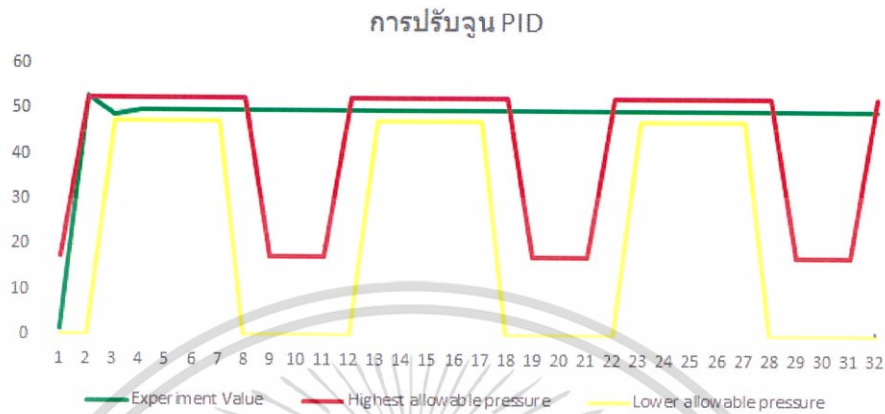
P_u คือ ค่าช่วงการแกว่ง

การปรับจูน PID ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1) การปรับจูน PID แบบ Ziegler- Nichols Method

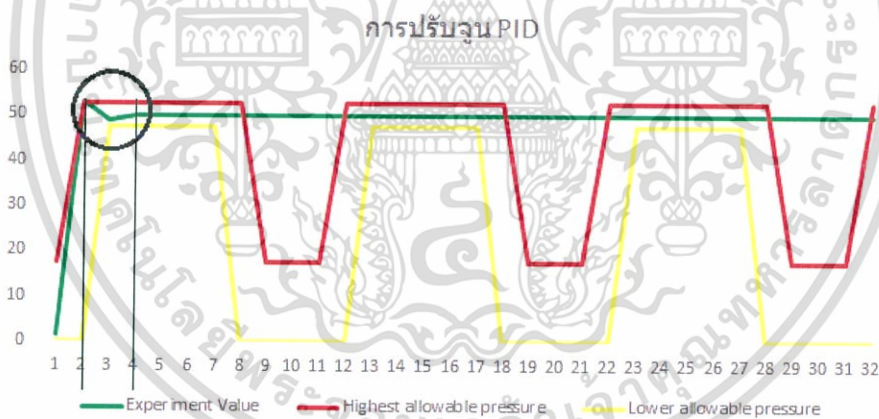
เนื่องด้วยเป็นการปรับจูน PID แบบ Ziegler- Nichols Method ทั้งสามตัวการควบคุม ปรับจูน ค่า K_u และสังเกตช่วงการแกว่งจนถึงจุดที่เสถียรของกราฟแล้วนำมาเป็นค่า P_u โดยในโค้ดโปรแกรม LabVIEW® ได้ทำการใส่การคำนวณไว้เรียบร้อยแล้วตามตารางที่ 3.1 โดยจะมีวิธีการดังนี้

1.1) ปรับค่า K_U ในระดับ 0.001 เป็นครั้งแรก โดยยังไม่ทราบค่าการแกว่ง P_U สังเกตการตอบสนองจนกระทั่งเสถียร



รูปที่ 3.12 การตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการปรับจูนค่า PID แบบ Ziegler- Nichols Method (1)

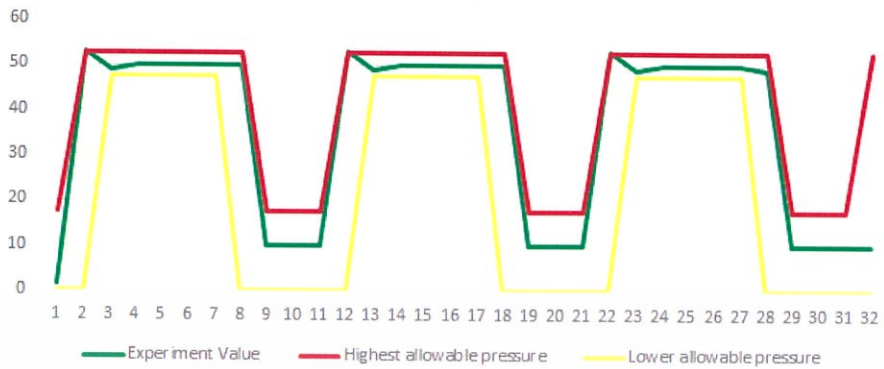
1.2) สังเกตช่วงการแกว่งที่เกิดขึ้น นำระยะนั้นมาเป็นค่า P_U ในตัวอย่างที่ยกมา มีช่วงการแกว่งเท่ากับ 2



รูปที่ 3.13 การสังเกตช่วงระยะการแกว่งที่เกิดขึ้น

1.3) นำค่า P_U ที่เท่ากับ 2 และ K_U ในระดับ 0.001 กลับมาใส่ในช่องการปรับจูน อีกครั้ง โดยโค้ดที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม LabVIEW® ได้ทำการคำนวณ $K_p = 0.0006$, $K_i = 0.0006$ และ $K_D = 0.00015$

การปรับจูน PID

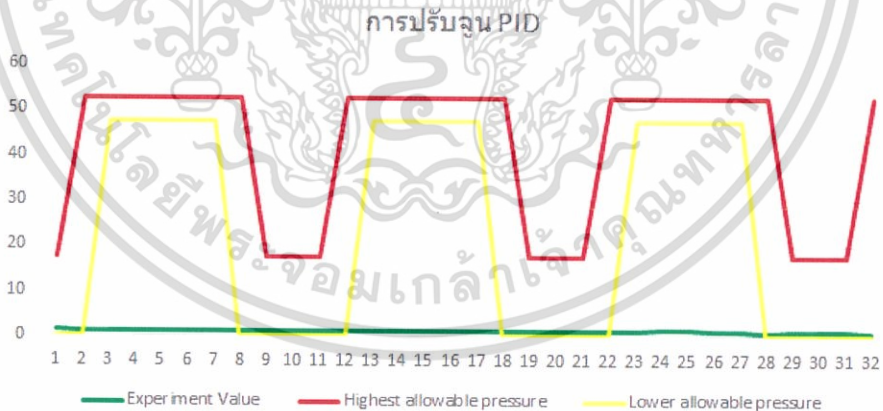


รูปที่ 3.14 การตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการปรับจูนค่า PID แบบ Ziegler- Nichols Method (2)

1.4) ทำการปรับค่า K_U อีกครั้ง พร้อมทั้งสังเกตค่าการแกว่ง P_U ใหม่ แล้วทำการปรับจูนเรื่อยๆ จนกระทั่งเห็นได้เวลา ความผิดพลาดต่ำสุด แต่พบปัญหาใหญ่ในการทำแบบนี้คือในการต้องปรับค่าใหม่ในแต่ละครั้ง ต้องทำการหาค่าการแกว่งใหม่ทุกครั้ง ต่อการปรับจูน K_U 1 ค่า

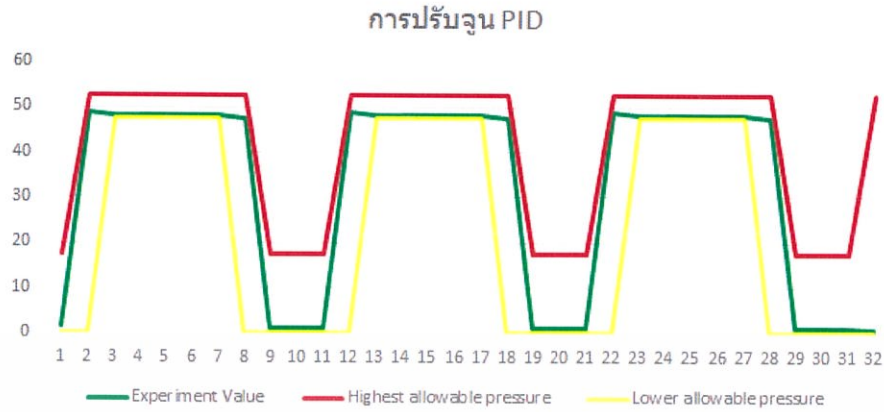
2) การปรับจูน PID แบบปรับจูนมือ

2.1) ปรับจูน ค่า K_p , K_i และ K_d ทั้งสามค่าเป็น 0 ในตอนเริ่มต้น พบการตอบสนองจากการโปรแกรมเป็นดังรูปที่เกิดขึ้น



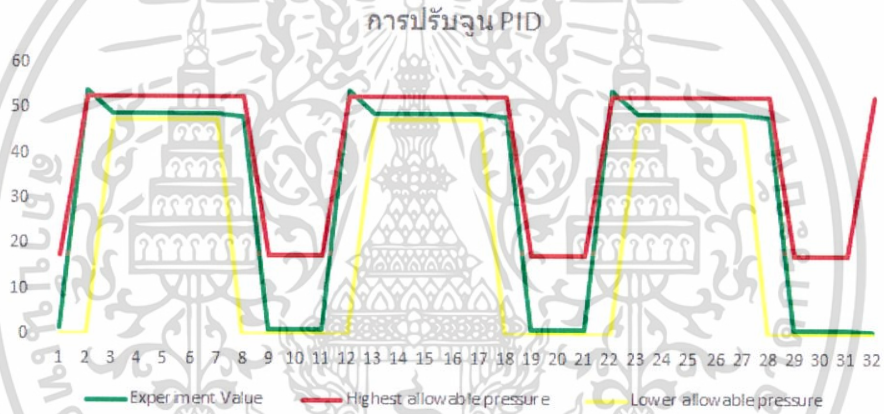
รูปที่ 3.15 การตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการปรับจูนค่า PID ทั้งสามตัว

2.2) เริ่มปรับจูน ค่า K_p จาก 0 เพิ่มขึ้น ในระดับ 0.001 จนถึงค่าที่ ผลลัพธ์จากการทดสอบเกิดการตอบสนอง ในกรณีนั้นๆ



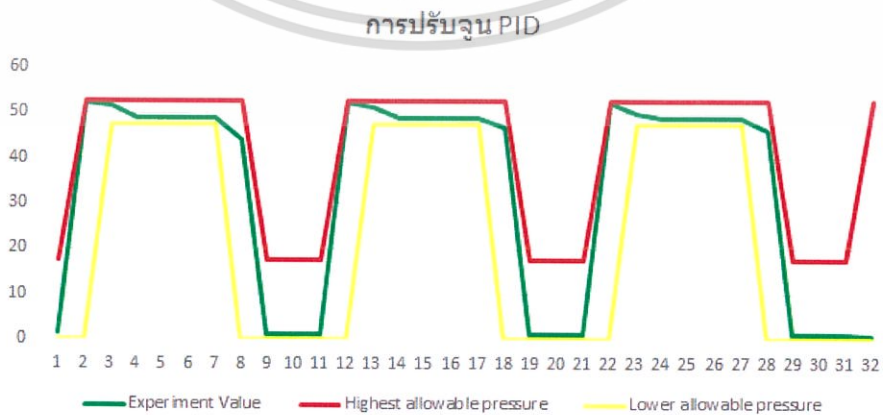
รูปที่ 3.16 การตอบสนองที่เกิดขึ้นจากปรับค่า K_p

2.3) ปรับจูนค่า K_p เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเกิด Overshoot ที่ค่าแรก ตามผลลัพธ์จากการทดสอบ



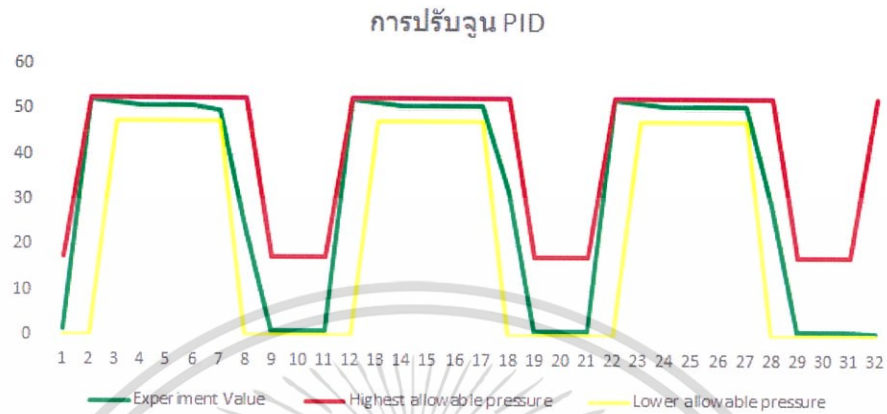
รูปที่ 3.17 การตอบสนองที่เกิดขึ้นจากปรับค่า K_p ให้เกิด Overshoot

2.4) ปรับจูนค่า K_i เพิ่มขึ้น เริ่มจาก 0 ในระดับ 0.001 จนถึงค่าที่ ชี้อัดได้ว่า ผลลัพธ์จากการทดสอบ เข้าถึงจุดเสถียรได้เร็วขึ้น



รูปที่ 3.18 แสดงการตอบสนองหลังจากปรับค่า K_i

2.5) ปรับจูน ค่า K_D เพิ่มขึ้น เริ่มจาก 0 ในระดับ 0.00001 เนื่องจากการปรับจูน K_D จะส่งผลต่อการตอบสนองที่เร็วมาก ปรับจน ชี้ชัดได้ว่า ผลลัพธ์จากการทดสอบ เข้าถึงจุดเสถียร ในหลายๆจุด



รูปที่ 3.19 การตอบสนองหลังจากปรับจูนทั้ง K_p , K_i และ K_D ในระดับที่เหมาะสม

4) เก็บค่าบันทึกผล

เก็บค่าข้อมูล ความดันที่ เกิดขึ้นจริง (bar)	ค่าความดัน สูงสุดที่ยอมรับ ได้ +5% ณ เวลานั้น (bar)	ค่าความดัน น้อยสุดที่ ยอมรับได้ -5% ณ เวลานั้น (bar)	ค่า K_p	ค่า K_i	ค่า K_D
	52.5	0			
	17.5	0			
	17.5	0			
	17.5	0			
	52.5	47.5			
	52.5	47.5			

ตารางที่ 3.2 ตารางการเก็บผลการทดสอบ

5) นำข้อมูลที่ได้รับมาวิเคราะห์การทดสอบ

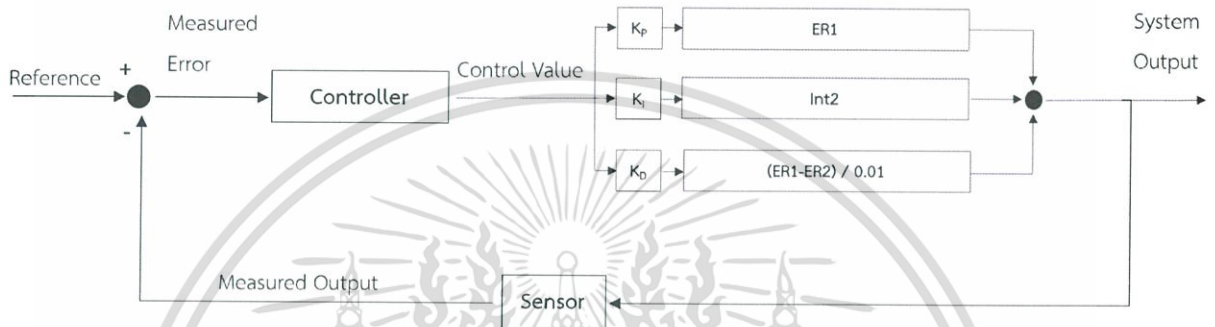
- เวลาที่ใช้ (Time)
- ค่าความคลาดเคลื่อน (Error)
- ส่วนเกิน (Overshoot)

6) สรุป และวิจารณ์ผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 36 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลของระบบ (Closed-loop Control System with Proportional Valve)

การใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลของระบบควบคุมด้วยโค้ดที่เขียนขึ้นจากโปรแกรม LabVIEW® ในคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมอัตราการไหลให้ความดันที่ได้จากการวัดจากเซนเซอร์วัดความดันเป็นไปตามสัญญาณนาระบบ ที่สร้างขึ้นภายในโค้ด โดยสัญญาณนาระบบเป็นสัญญาณแบบการดล



รูปที่ 3.20 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมระบบวงจรมหัพิด

ER1 = Puse - PJ

Puse = สัญญาณอ้างอิง ที่ใช้มานำสัญญาณ

PJ = ค่าความดันที่เกิดขึ้นจริง จากเซนเซอร์วัดความดัน

int2 = int1 + (ER1+ER2) *0.5*0.010

int2 = ค่าที่นำไปใช้ ในการคำนวณ ctrl

ER2 = เป็นค่า Feedback จาก ER1 เท่ากับ 0

Int 1 = เป็นค่า Feedback จาก int 2 เท่ากับ 0

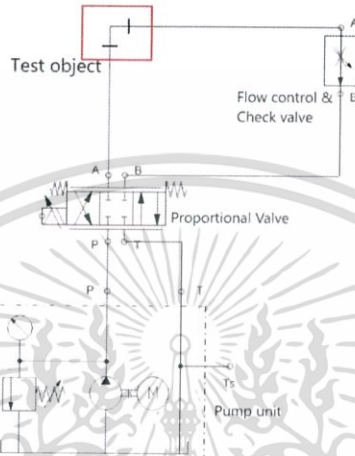
ctrl = $K_p \cdot ER1 + K_i \cdot int2 + K_d \cdot (ER1 - ER2) / 0.01$

ctrl = ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ส่งไปให้วาล์วควบคุมทิศทาง

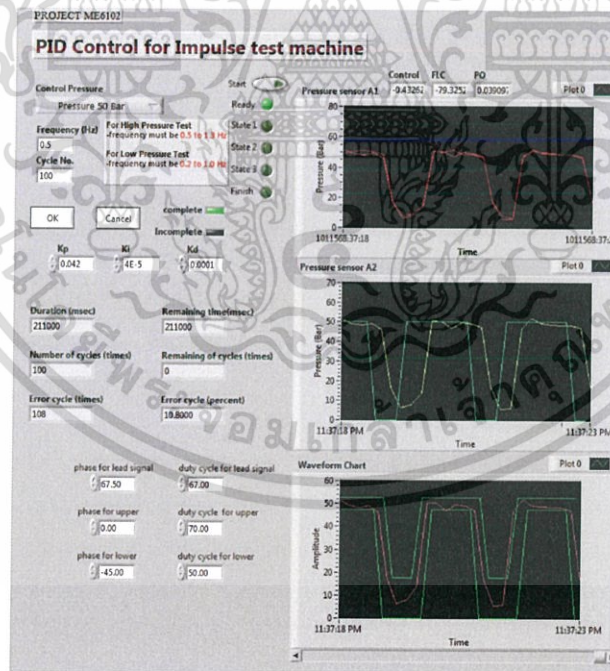
3.4 การต่อวงจรนอกเหนือจากรูปแบบที่วางไว้

ก่อนการทดสอบจริงได้มีการทดลองใช้อุปกรณ์อื่นมาใช้ร่วมกัน เพื่อใช้ทดสอบว่าวงจรรูปแบบใดจะเหมาะสมกับการทดสอบแบบการดลมากที่สุด โดยแต่ละวงจรจะมีปัญหาที่เกิดขึ้นแตกต่างกันออกไปดังนี้

3.4.1 การใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลและวาล์วกันกลับ



รูปที่ 3.21 วงจรที่ใช้ร่วมกับวาล์วควบคุมอัตราการไหลและวาล์วกันกลับ

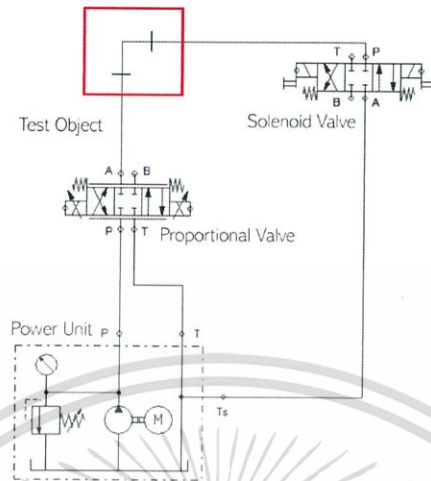


รูปที่ 3.22 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบการใช้วาล์วควบคุมอัตราการไหลและวาล์วกันกลับ

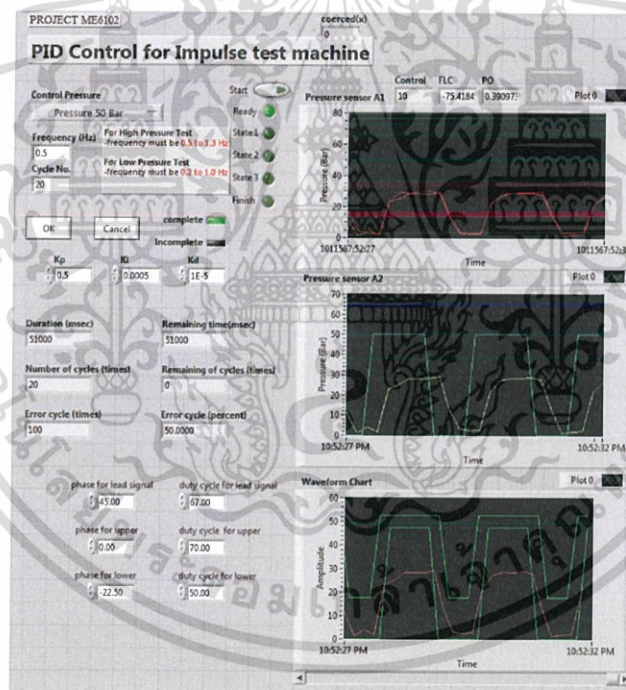
จากการทดสอบนำวาล์วควบคุมอัตราการไหลและวาล์วกันกลับมาใช้ร่วมกับวงจรที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.5 Hz พบว่าได้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ 10.8 % สังเกตจากลักษณะของการเกิด Overshoot ที่ไม่คงที่ส่งผลให้แรงดลมีค่ามากเกินไปอาจทำให้ข้อต่อเสียหายหรือเสียหายจึงไม่ควรนำมาใช้เป็นวงจรที่ใช้ทดสอบจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 38 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การใช้โซลินอยด์วาล์ว



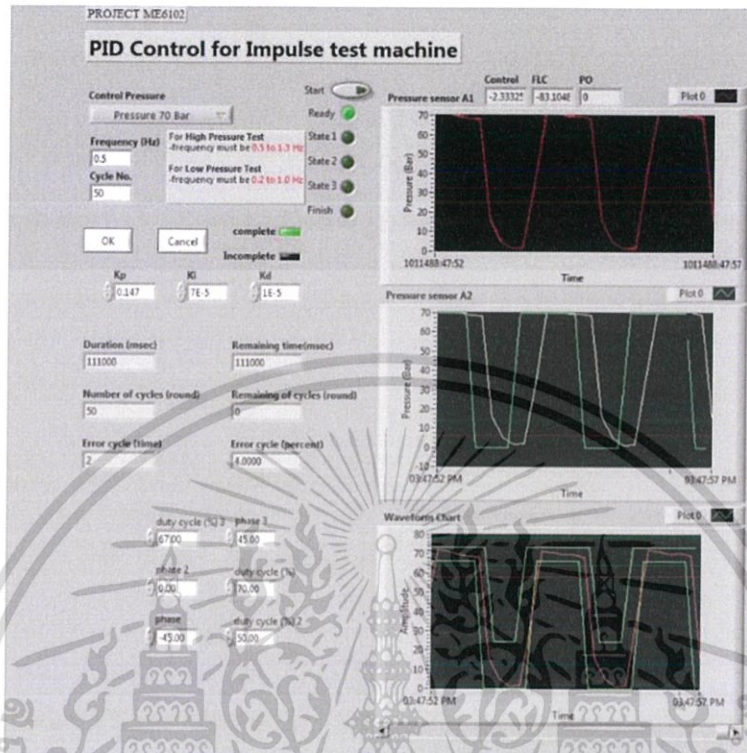
รูปที่ 3.23 วงจรที่ใช้ร่วมกับโซลินอยด์วาล์ว



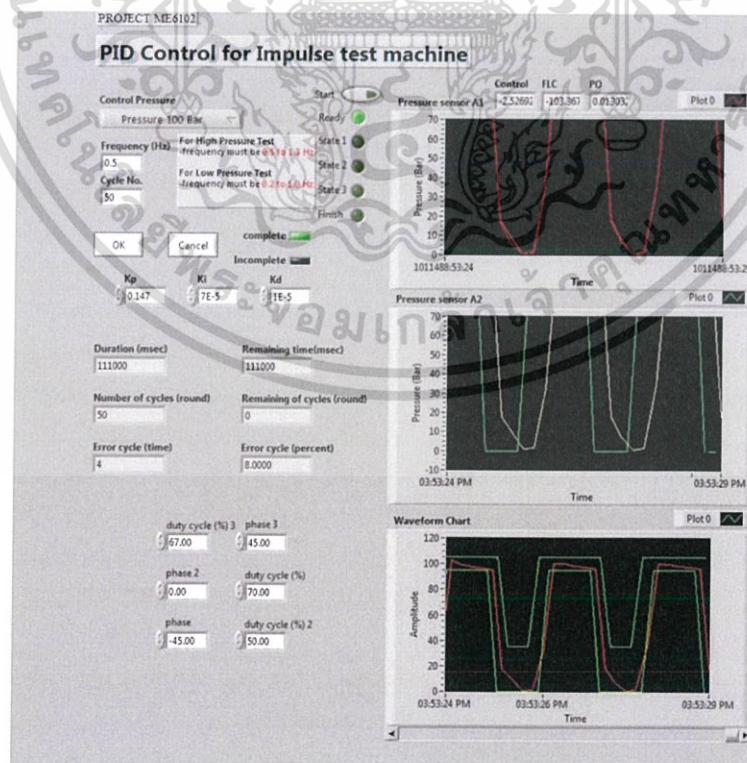
รูปที่ 3.24 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบการใช้โซลินอยด์วาล์ว

จากการทดสอบนำโซลินอยด์วาล์วมาใช้ที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.5 Hz พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากถึง 50 % เพราะเกิดจากชุดคำสั่งการใช้งานมีความขัดแย้งกันเอง ณ จุดที่ต้องการให้ความดันมีค่าสูงสุด โซลินอยด์วาล์วจะถูกสั่งให้เปิดออกทันที เมื่อน้ำมันที่อื่นออกจากโซลินอยด์วาล์วส่งผลให้ความดันลดลงก่อนถึงความดันที่ 50 bar ทำให้คำสั่งในช่วงที่ต้องการเพิ่มความดันให้ถึงจุดที่ต้องการมีข้อผิดพลาด จึงสรุปได้ว่าไม่ควรนำมาใช้เป็นวงจรที่ใช้ทดสอบจริง

3.5 การทดสอบที่ความดันเกินกว่า 50 bar



รูปที่ 3.25 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบที่ความดัน 70 bar



รูปที่ 3.26 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบที่ความดัน 100 bar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 40 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.25 และรูปที่ 3.26 จะเห็นว่ากราฟที่แสดงนั้นอยู่ภายใต้ค่าความดันที่ยอมรับได้ จากการทดสอบที่ความดัน 70 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 50 ครั้ง ตรวจพบความผิดพลาด 4 จุด จากทั้งหมด 500 จุด และทดสอบที่ความดัน 100 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 50 ครั้ง ตรวจพบความผิดพลาด 8 จุด จากทั้งหมด 500 จุด ซึ่งเป็นค่าความผิดพลาดที่น้อยมากแต่จะพบปัญหาที่จุดต้นกำลัง เนื่องจากปกติการทำงานของมอเตอร์จะเป็นการทำงานแบบต่อเนื่อง หากทดสอบที่ความดันมากกว่า 50 bar การทำงานของมอเตอร์จะเกิดความผิดปกติโดยในช่วงความดันต่ำมอเตอร์จะหยุดทำงานและเริ่มงานอีกครั้งเมื่อต้องการเพิ่มความดันให้ถึงความดันที่ต้องการ จากความผิดปกติข้างต้นจึงสรุปได้ว่าไม่ควรทำการทดสอบที่ความดันเกินกว่าความดันสูงสุด คำนวณได้จาก

$$\text{Pump Power} = PQ$$

โดย

P คือ ความดัน (Pascal)

Q คือ อัตราการไหลของน้ำมัน (m^3/s) มีค่า $0.000269 \text{ m}^3/\text{s}$

ที่ความดัน 70 bar จะได้

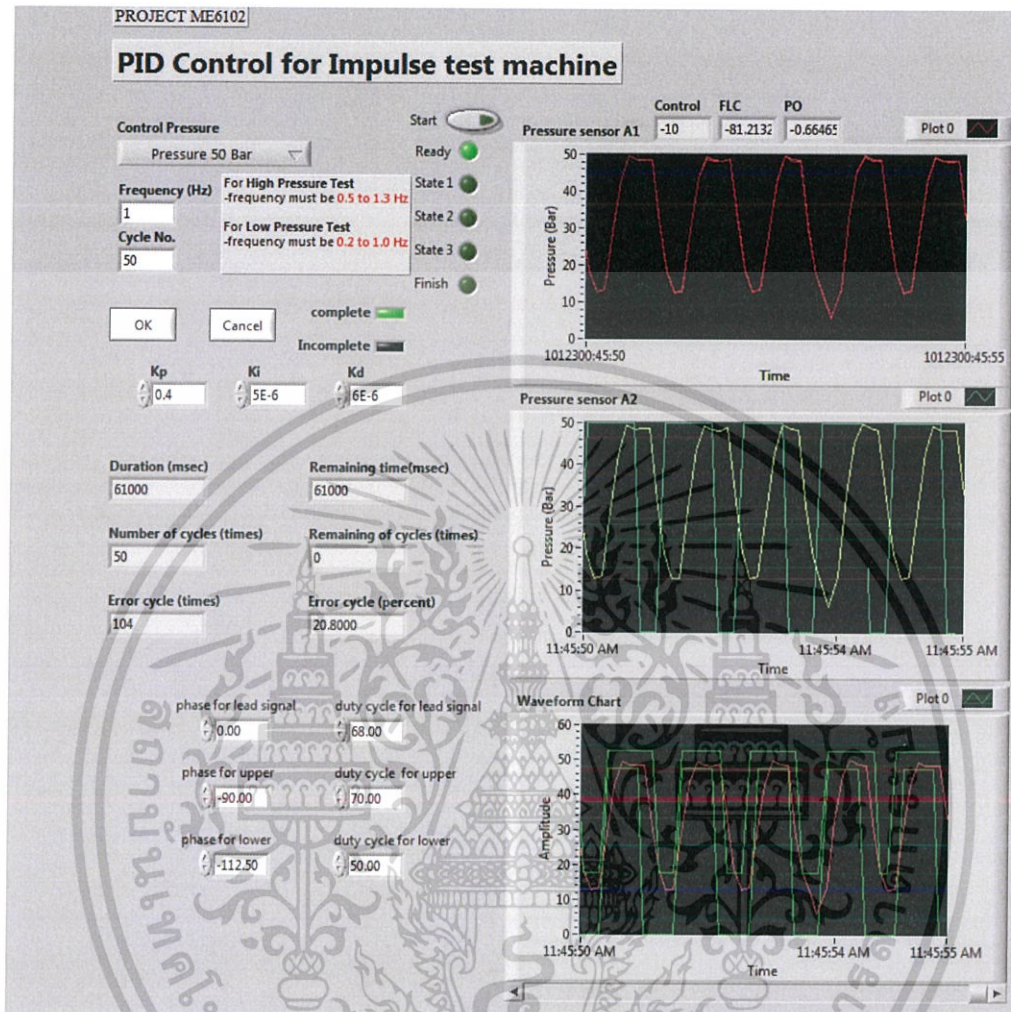
$$\begin{aligned} \text{Pump Power} &= 7,000,000 \times 0.000269 \\ &= 1,883 \text{ W} \end{aligned}$$

ที่ความดัน 100 bar จะได้

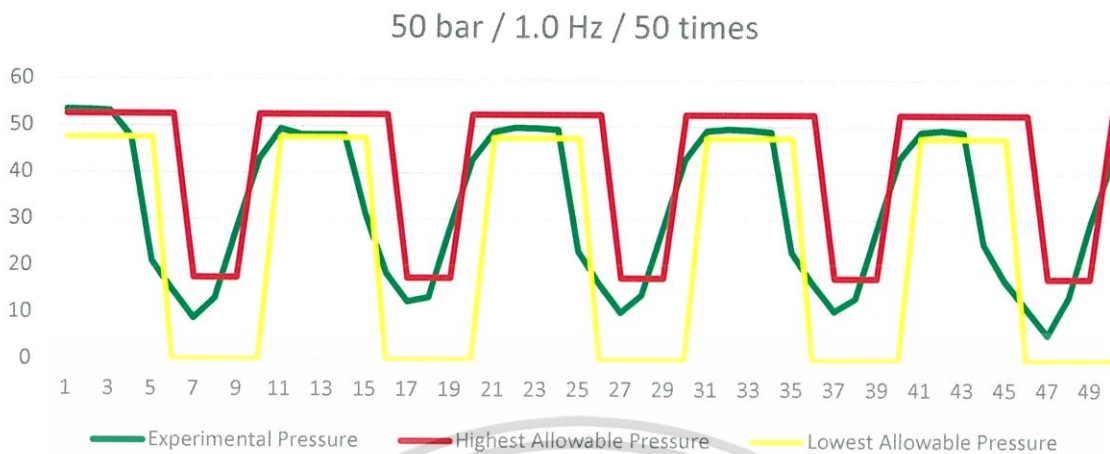
$$\begin{aligned} \text{Pump Power} &= 10,000,000 \times 0.000269 \\ &= 2,690 \text{ W} \end{aligned}$$

ซึ่งจุดต้นกำลังสามารถให้กำลังสูงสุดที่ 1,500 W

3.6 การทดสอบที่ความถี่เกินกว่า 0.8 Hz



รูปที่ 3.27 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบที่ความถี่ 1.0 Hz



รูปที่ 3.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันและเวลา 50 bar ความถี่ 1.0 Hz จำนวน 50 รอบ

จากรูปที่ 3.27 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 50 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 50 วินาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.4$, $K_i = 0.000005$ และ $K_d = 0.000006$ มีค่าความคลาดเคลื่อน 104 จุด จากทั้งหมด 500 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 20.8% การทดสอบลักษณะนี้จะเกิดความคลาดเคลื่อนมาก เพราะความถี่สูงเกินกว่าความสามารถของอุปกรณ์ โดยลูกสูบและสปริงไม่สามารถส่งน้ำมันลงสู่ถังกักเก็บน้ำมันได้เร็วพอในการลดความดัน และไม่สามารถเพิ่มความดันให้อยู่ในช่วงความดันที่ยอมรับได้ได้ทัน

บทที่ 4

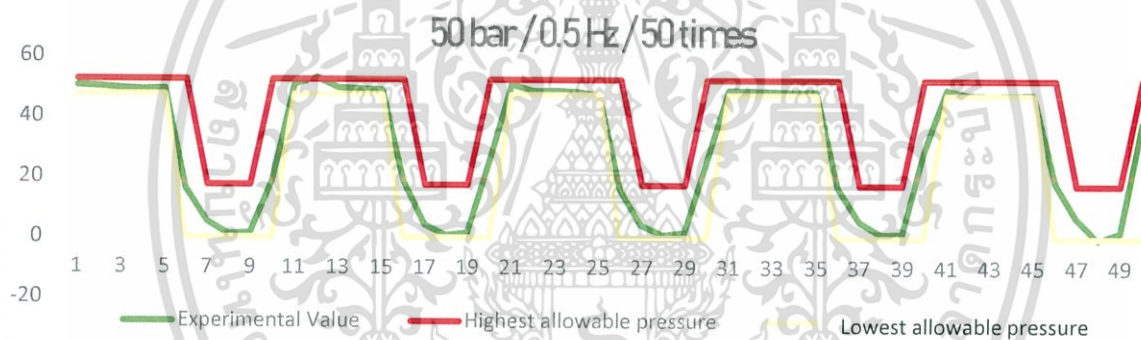
ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบควบคุมแรงดันการคลในระบบไฮดรอลิกด้วยการใช้วาล์วควบคุม ลูกสูบ และสปริง โดยใช้โปรแกรม LabVIEW® จะแบ่งกรณีไปตามความถี่และจำนวนรอบ แต่แต่ละกรณีจะมีการใช้การควบคุมแบบ PID และใช้ค่า K_p , K_i และ K_D ต่างกัน

4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาในแต่ละกรณี

ผลการทดสอบแรงดันการคลในระบบไฮดรอลิกที่เกิดขึ้นจากการทดลองควบคุมทิศทางการไหลที่วาล์วควบคุม และสร้างความดันกลับที่ลูกสูบติดสปริงนำมาใช้แทนอุปกรณ์ถึงสะสมความดัน จะได้กราฟต่างๆดังนี้

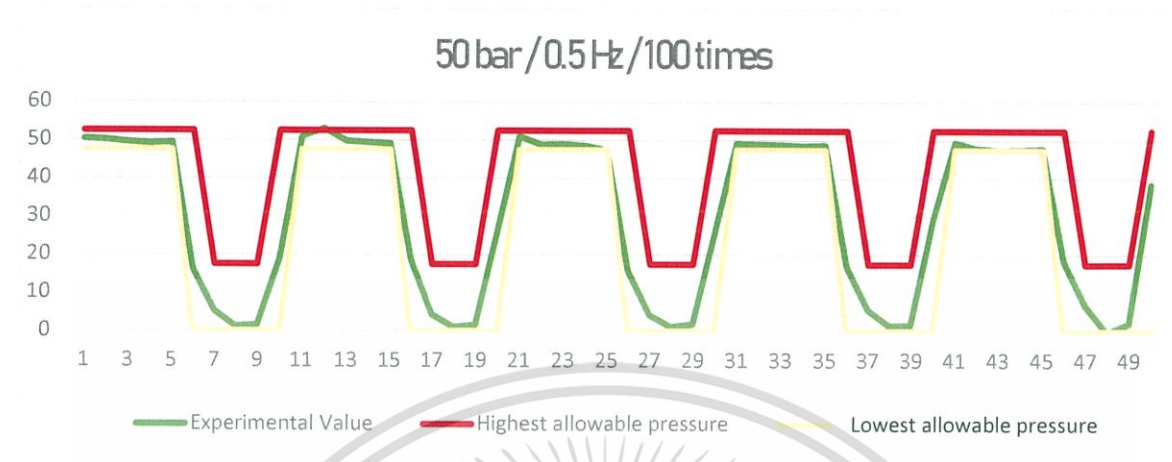
4.1.1 การทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 50 รอบ



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันและเวลา 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 50 รอบ

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 50 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 100 วินาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.18$, $K_i = 0.00007$ และ $K_D = 0.00001$ มีค่าความคลาดเคลื่อน 4 จุด จากทั้งหมด 500 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 0.8%

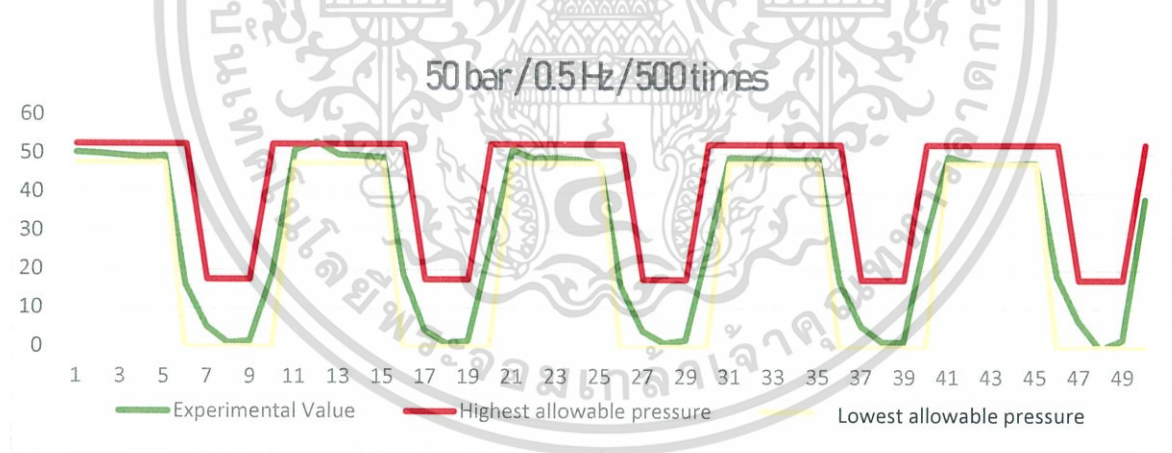
4.1.2 การทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 100 รอบ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 100 รอบ

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 100 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 200 วินาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.18$, $K_i = 0.00007$ และ $K_D = 0.00001$ มีค่าความคลาดเคลื่อน 10 จุด จากทั้งหมด 1,000 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 1.0%

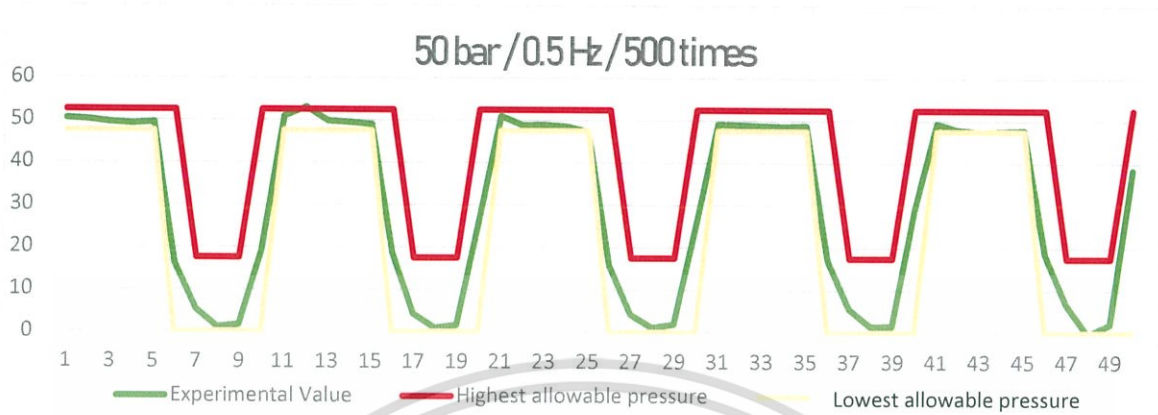
4.1.3 การทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 500 รอบ



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 500 รอบ

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 500 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 1,000 วินาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.18$, $K_i = 0.00007$ และ $K_D = 0.00001$ มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 36 จุด จากทั้งหมด 5,000 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 0.0072%

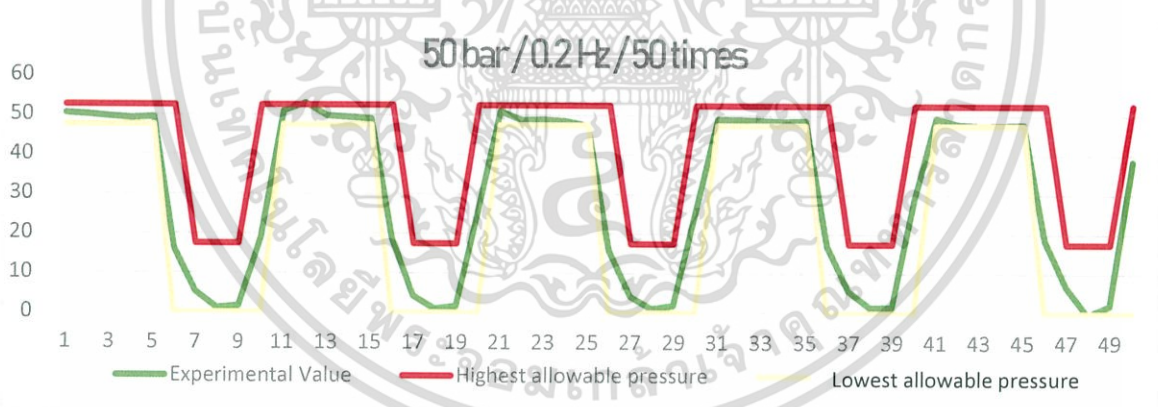
4.1.4 การทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 1,000 รอบ



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 1,000 รอบ

จากรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.5 Hz จำนวน 1,000 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 2,000 วินาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.18$, $K_i = 0.00007$ และ $K_D = 0.00001$ มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 426 จุด จากทั้งหมด 10,000 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 4.26%

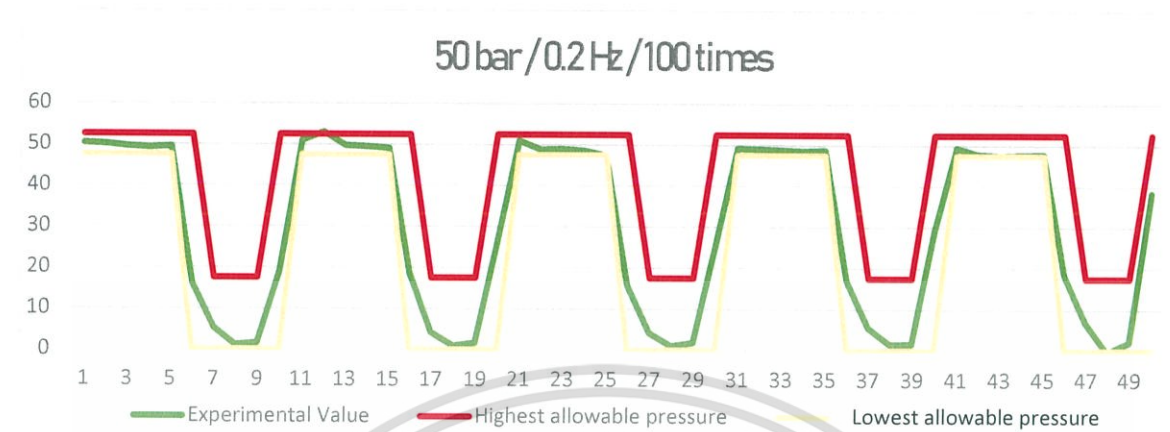
4.1.5 การทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 50 รอบ



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 50 รอบ

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 50 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 250 วินาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.0864$, $K_i = 0.00005$ และ $K_D = 0.0000002$ มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 43 จุด จากทั้งหมด 500 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 8.6%

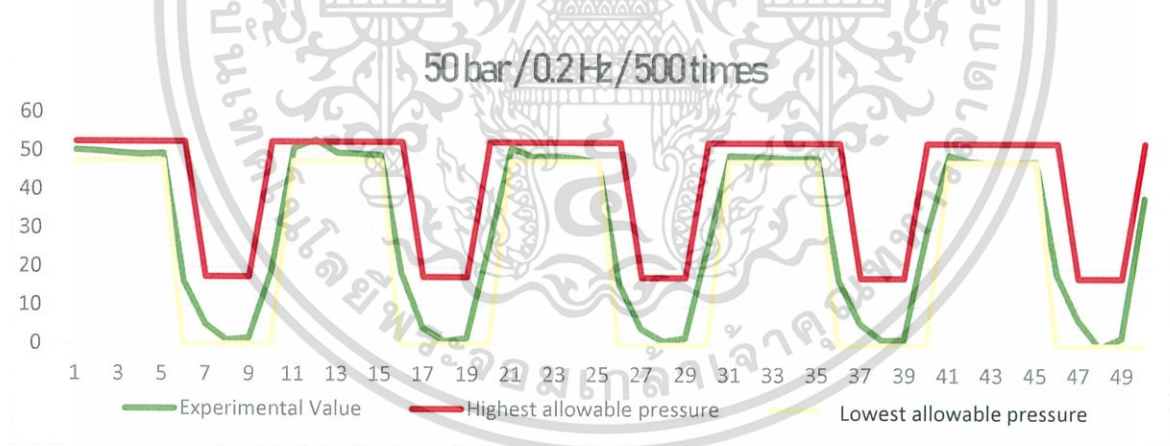
4.1.6 การทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 100 รอบ



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 100 รอบ

จากรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 100 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 500 วินาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.0864$, $K_i = 0.00005$ และ $K_D = 0.0000002$ มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 61 จุด จากทั้งหมด 1,000 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 6.1%

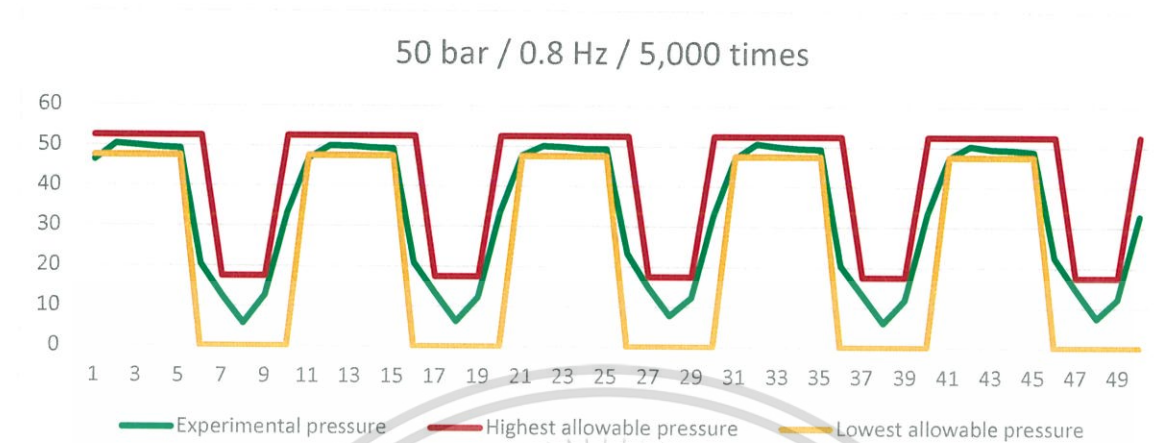
4.1.7 การทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 500 รอบ



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 500 รอบ

จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 500 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 2,500 วินาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.0864$, $K_i = 0.00005$ และ $K_D = 0.0000002$ มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 406 จุด จากทั้งหมด 5,000 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 8.12%

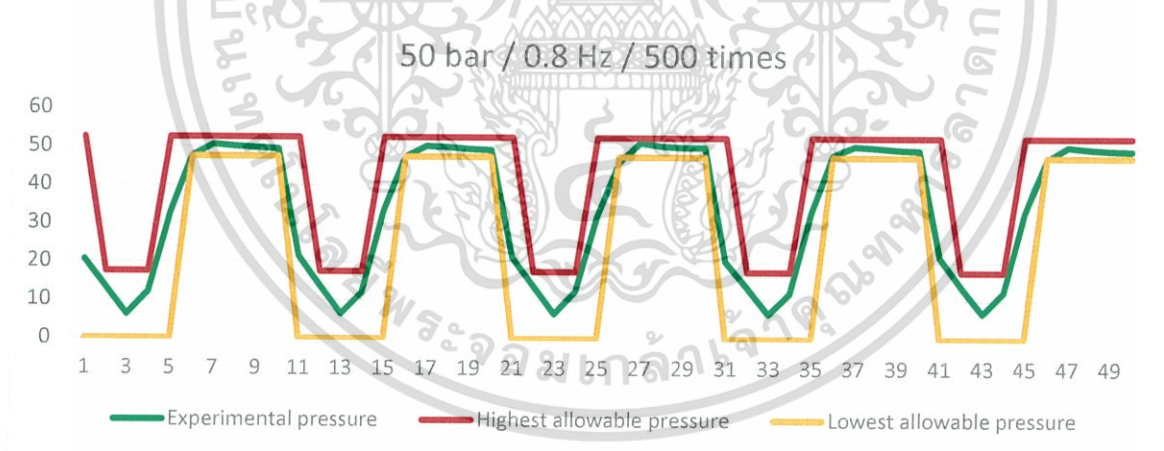
4.1.8 การทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 100 รอบ



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 100 รอบ

จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 100 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 125 วินาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.4$, $K_i = 0.000005$ และ $K_D = 0.000006$ มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 73 จุด จากทั้งหมด 1,000 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 7.3%

4.1.9 การทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 500 รอบ



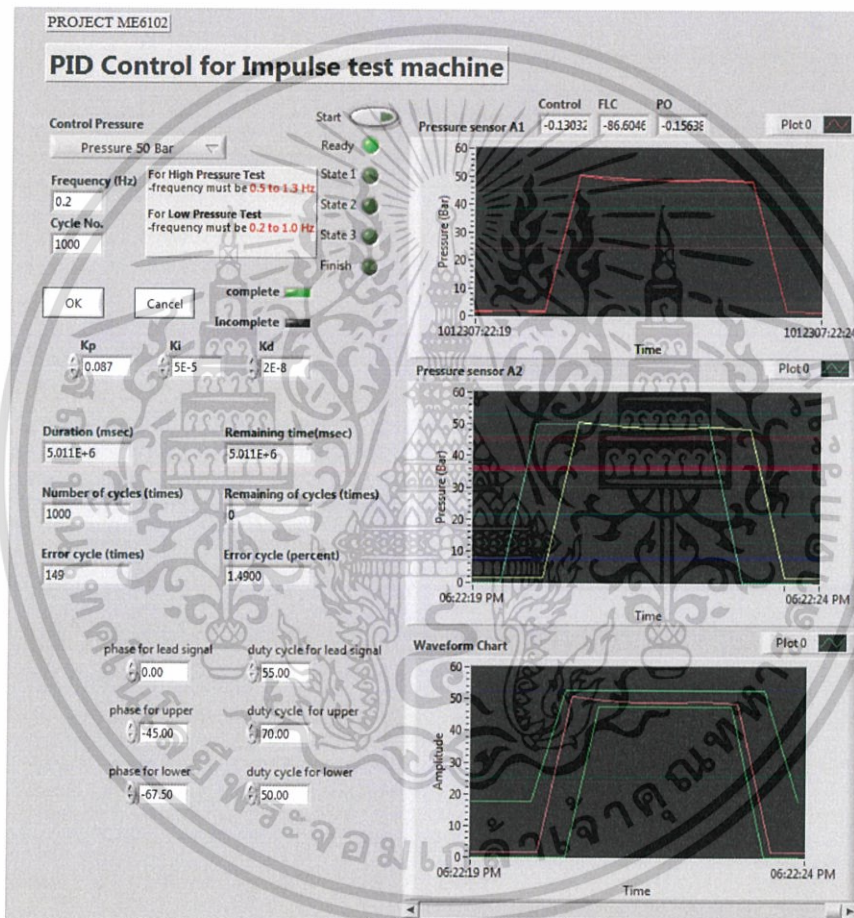
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 500 รอบ

จากรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 500 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 625 วินาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.4$, $K_i = 0.000005$ และ $K_D = 0.000006$ มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 470 จุด จากทั้งหมด 5,000 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 9.4%

4.2 การทดสอบที่ใช้จำนวนรอบในการทดสอบสูง

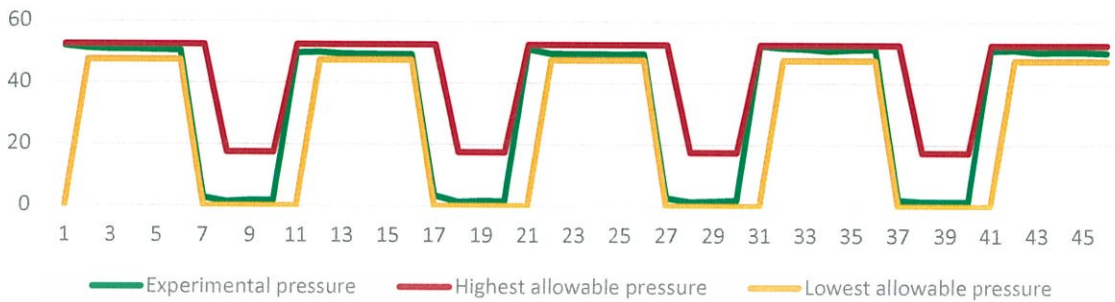
ตามมาตรฐาน ISO 19879 ให้ทดสอบเป็นจำนวน 500,000 รอบ เนื่องด้วยการทดสอบที่ใช้จำนวนรอบในการทดสอบมาก น้ำมันในระบบจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นมากเมื่อทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานานและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบไม่มีอุปกรณ์ระบายความร้อน ทำให้ไม่สามารถทดสอบตามจำนวนที่มาตรฐานกำหนดได้ จึงเลือกการทำการทดสอบดังนี้

4.2.1 การทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 1,000 รอบ



รูปที่ 4.10 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบที่ 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 1,000 รอบ

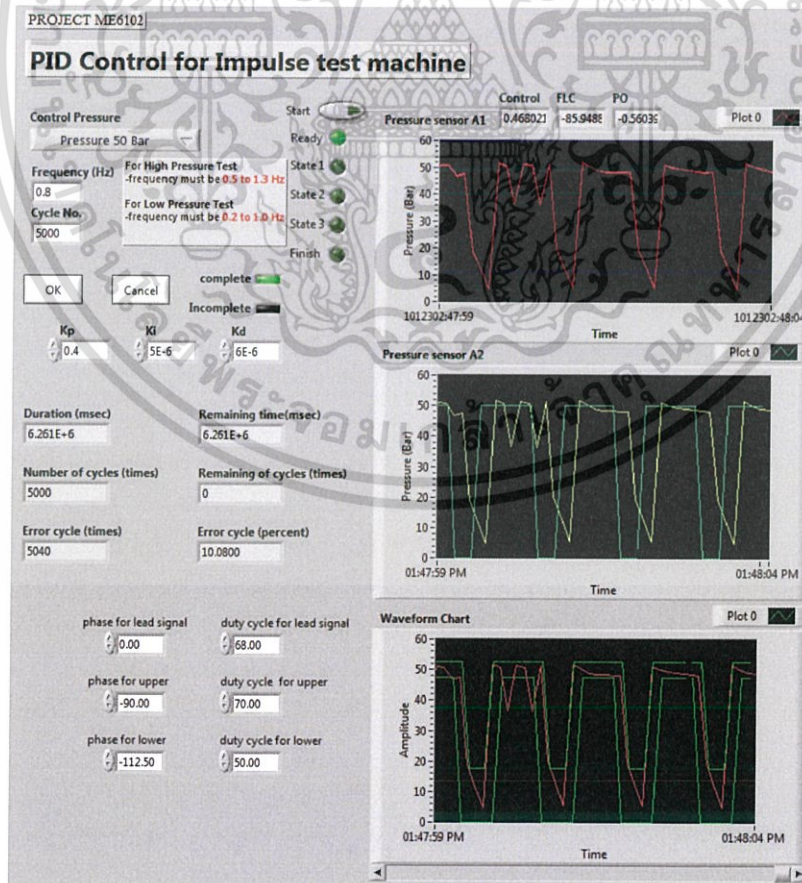
50 bar / 0.2 Hz / 1,000 times



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 1,000 รอบ

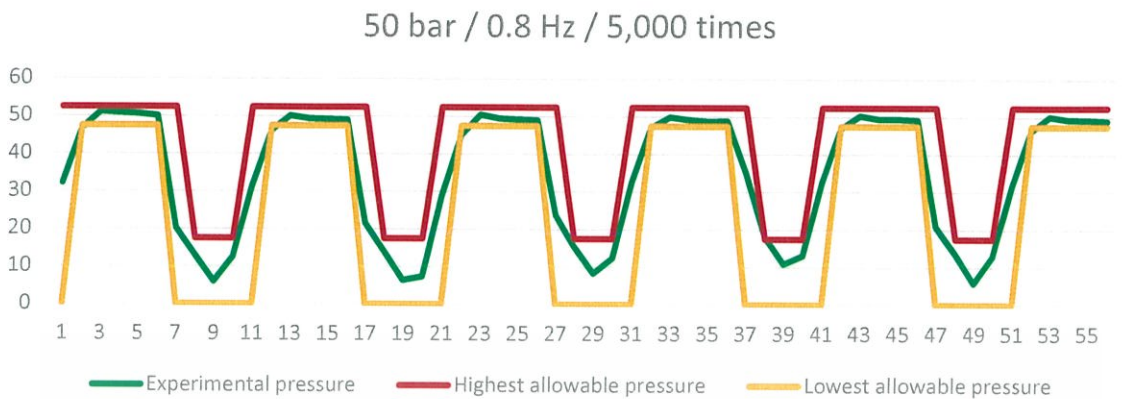
จากรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.2 Hz จำนวน 1,000 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 5,000 วินาที หรือ 1 ชั่วโมง 23 นาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.087$, $K_i = 0.00005$ และ $K_d = 0.00000002$ มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 149 จุด จากทั้งหมด 10,000 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 1.49%

4.2.2 การทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 5,000 รอบ



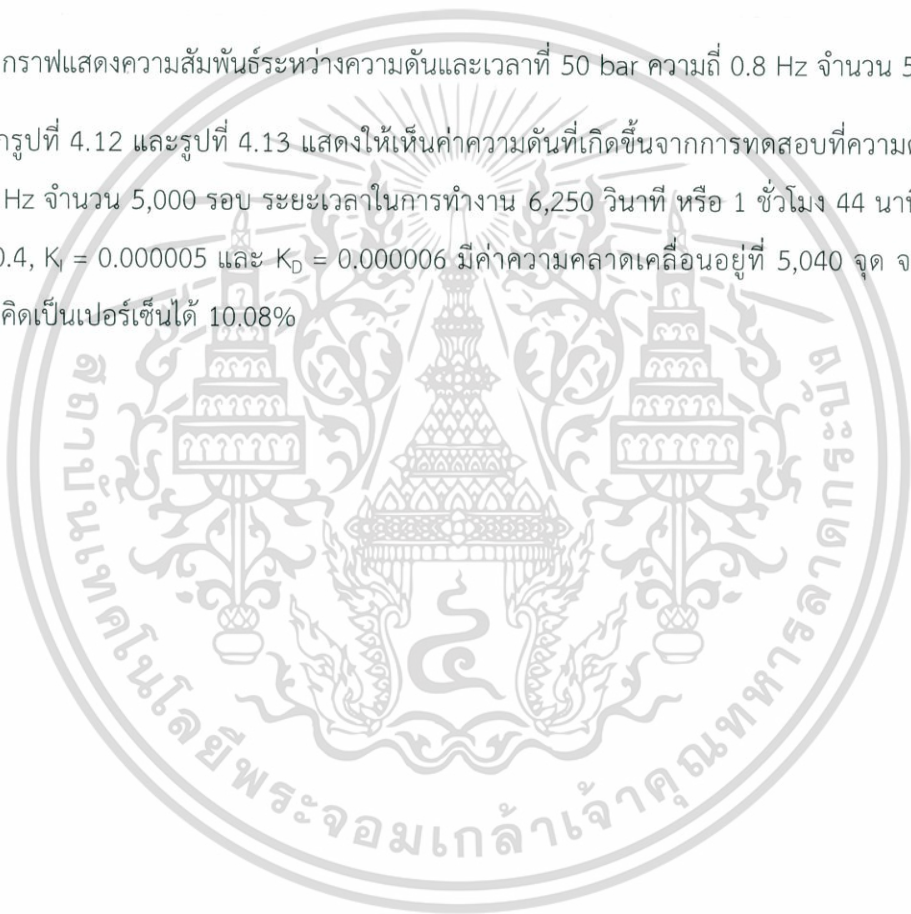
รูปที่ 4.12 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบที่ 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 5,000 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 50 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและเวลาที่ 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 5,000 รอบ

จากรูปที่ 4.12 และรูปที่ 4.13 แสดงให้เห็นค่าความดันที่เกิดขึ้นจากการทดสอบที่ความดัน 50 bar ความถี่ 0.8 Hz จำนวน 5,000 รอบ ระยะเวลาในการทำงาน 6,250 วินาที หรือ 1 ชั่วโมง 44 นาที มีค่า PID ดังนี้ $K_p = 0.4$, $K_i = 0.000005$ และ $K_d = 0.000006$ มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 5,040 จุด จากทั้งหมด 50,000 จุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 10.08%



บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

ในการสร้างเครื่องทดสอบข้อต่อในระบบไฮดรอลิก จะใช้มาตรฐาน ISO 19879 เป็นการอ้างอิงและปรับวงจรรบบไฮดรอลิกให้เข้ากับอุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ และทำการวิเคราะห์ค่าที่ได้จากการทดสอบต่างๆ เพื่อให้กราฟที่ออกมามีค่าตามที่มาตรฐานกำหนด สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบสร้างแรงดันแบบการดลในระบบไฮดรอลิกโดยใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการดังนี้ ชุดต้นกำลัง วาล์วควบคุมทิศทางและอัตราการไหล ท่อส่งน้ำมันไฮดรอลิก เซนเซอร์วัดความดัน และกระบอกสูบและสปริง จะสามารถทดสอบได้โดยควบคุมชุดทดลองนี้ด้วยการเขียนโปรแกรม LabVIEW® และใช้การควบคุมแบบ PID เข้ามาช่วยเพื่อให้ค่าแม่นยำมากขึ้น ซึ่งจะได้ค่า K_p , K_i และ K_D ที่ความถี่ 0.2 Hz เป็น 0.0864, 0.00005 และ 0.0000002 ตามลำดับ มีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 6-7% เป็นปกติ ที่ความถี่ 0.5 Hz จะได้ค่า $K_p = 0.18$, $K_i = 0.00007$ และ $K_D = 0.00001$ มีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 6-8% และที่ความถี่ 0.8 Hz จะได้ค่า $K_p = 0.4$, $K_i = 0.000005$ และ $K_D = 0.000006$ มีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 7-10% จากการปรับค่าตัวควบคุมแบบ PID จะพบว่ากราฟที่ออกมาอยู่ในช่วงความดันที่ยอมรับได้มากขึ้นและไม่มีอาการฟุ้งสูงเกินกรอบที่ตั้งไว้ทำให้กราฟต่างๆในแต่ละกรณีเข้าสู่สมดุลมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนรอบที่ทดสอบ

5.2 วิจารณ์ผลการทดสอบ

เนื่องจากการสร้างเครื่องทดสอบข้อต่อในระบบไฮดรอลิกแบบความดันสูงต้องใช้ความดันสูงมากในช่วง 300 - 500 bar ซึ่งในห้องปฏิบัติการไม่มีอุปกรณ์ที่สามารถให้กำลังในการเพิ่มความดันได้มากเพียงพอ จึงเลือกการทดสอบแบบความดันต่ำโดยการทดสอบแบบนี้จะใช้ความดันในการทดสอบเพียง 50 bar ตรงกับความสามารถของอุปกรณ์ภายในห้องทดสอบ แต่การทดสอบตามมาตรฐานนั้นใช้เวลาในการเดินเครื่องนานทำให้มอเตอร์ภายในชุดต้นกำลังไฮดรอลิกมีความร้อนสูงมากเกินกว่าที่จะรับได้ ทำให้หากมีการเดินเครื่องเป็นเวลานาน ผลการทดสอบที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นของน้ำมัน รวมทั้งอุปกรณ์ที่มีอยู่ไม่สามารถตอบสนองต่อการทดสอบในรูปแบบที่ใช้ความถี่ที่สูงเกินไปได้ เช่น ณ ความถี่ที่ 1 Hz ช่วงที่ต้องการให้ความดันมีค่า 0-17.5 bar ลดลงได้ไม่ถึงความดันที่ต้องการเพราะน้ำมันไม่สามารถไหลกลับเข้าถังกักเก็บได้ทัน หากต้องการทดสอบที่ใช้จำนวนรอบตามมาตรฐานสามารถทำได้โดยติดตั้งอุปกรณ์ระบายความร้อนในระบบเพื่อลดอุณหภูมิที่สูงขึ้นของน้ำมันในรอบการทดสอบที่มากขึ้น

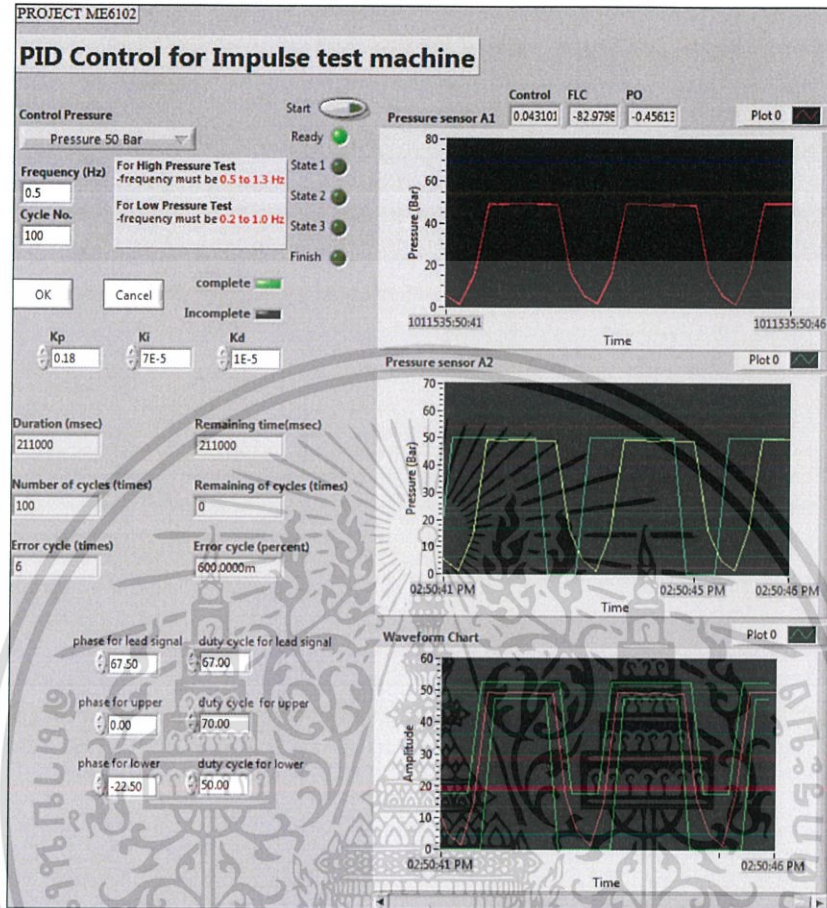
บรรณานุกรม

- [1] LabVIEW® for everyone (2007): graphical programming made easy and fun / Jeffrey Travis, Jim Kring.
- [2] International standard ISO: 19879 second edition (2010): Metallic tube connections for fluid power and general use- Test methods for hydraulic fluid power connections
- [3] Fluid power with applications (2003) by Anthony Esposito
- [4] ISO 19879: 2010 Metallic tube connections for fluid power and general use — Test methods for hydraulic fluid power connections
- [5] ISO 6605: 2015 Hydraulic fluid power — Test methods for hoses and hose assemblies
- [6] สุชาติ จันทร์จรมานิตย์ วศ.บ.ม mENG”, Control system ระบบควบคุม Principle of feedback Control & PID Controller. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- [7] กงวิชณ ทองรัตน์, ชนาธิป ทองสุขมาก, ชัยโย บัวศรีจันทร์ (2558) การควบคุมความเร็วของกระบอกสูบไฮดรอลิก (Velocity control of hydraulic cylinder), วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [8] Hydraulic Impulse-Testing System with Pressure Difference Feedback from a Second Stage Valve-Scientific Figureon Research Gate.
Available from: https://www.researchgate.net/Schematic-diagram-of-hydraulic-impulse-testing-system_fig3_273508965 [accessed 28 November 2018]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

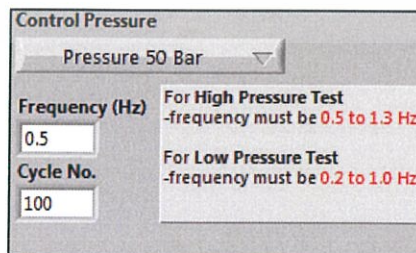
ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม



รูปที่ 1 (ก) หน้าต่างควบคุมโปรแกรมการทดสอบ 1

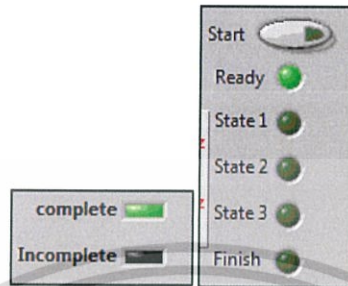
1) ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

1.1) กรอกค่าข้อมูล ที่ต้องการทำการทดสอบ ในตัวอย่างที่ยกมาเป็น การเลือกความดันที่ 50 บาร์ ที่ช่อง Control Pressure ความถี่สามารถเลือกได้ตามช่วงที่ต้องการทำการทดสอบช่อง Frequency (Hz) หรือ ช่วงที่ใช้งานจริง และ จำนวนรอบที่ต้องการทำการทดสอบในช่อง Cycle No.



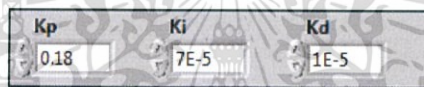
รูปที่ 2 (ก) หน้าต่างควบคุมโปรแกรมการทดสอบ 2

1.2) กด “OK” เมื่อกรอกค่าตามที่ต้องการ ช่องไฟสีเขียวจะขึ้นแสดงที่ Complete และ Ready (ตามรูปที่ 1 แสดงว่าไฟเขียวขึ้นที่ Complete และ Ready) กด “Cancel” ช่องไฟสีแดงจะปรากฏขึ้นที่ช่อง Incomplete และไฟ Ready จะหายไป



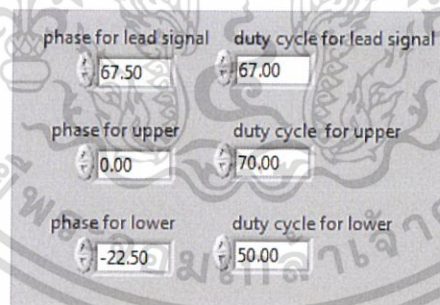
รูปที่ 3 (ก) ไฟแสดง

1.3) กำหนดค่าควบคุมสัญญาณ K_p , K_i และ K_d ตามลำดับ



รูปที่ 4 (ก) หน้าต่างควบคุมโปรแกรมการทดสอบ 1

1.4) กำหนดค่านำสัญญาณ ในส่วนต่าง ๆ ตามที่กำหนด

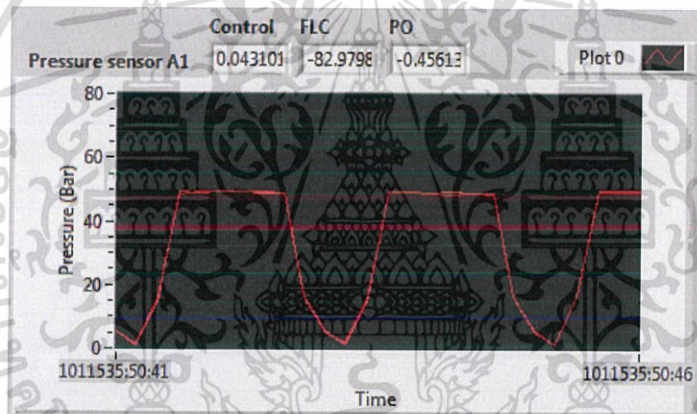


รูปที่ 5 (ก) หน้าต่างควบคุมโปรแกรมการทดสอบ 2

2.การทำงานของโปรแกรม

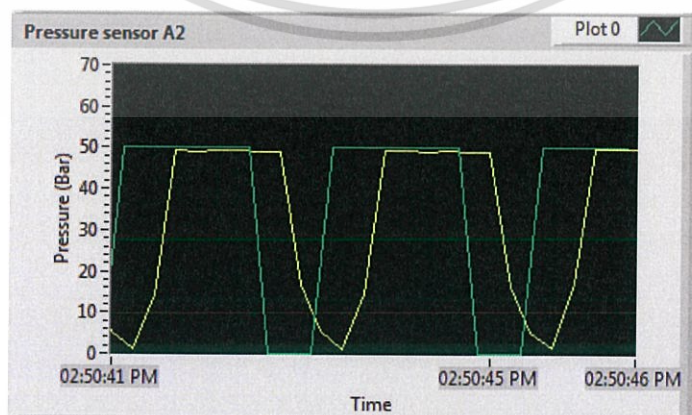
- Ready คือ สามารถกดปุ่ม Start เพื่อเริ่มการทดสอบ
- State 1 คือ ช่วงการทำงานที่โปรแกรม จะไป Set ค่าต่างๆในเครื่องการทดสอบให้เป็นค่าเริ่มต้น
- State 2 คือ ช่วงการทำงานที่โปรแกรม จะรับค่าจากที่กำหนดจากหน้า Interface นำมาคำนวณ และใช้งานในส่วนต่างๆตามกำหนด และเป็นช่วงที่เริ่มการจ่ายน้ำมัน เพื่อเริ่มการทดสอบกับตัวอุปกรณ์ข้อต่อ
- State 3 คือ ช่วงการทำงานที่โปรแกรม ส่งคำสั่งกลับไปควบคุม Proportional Valve เพื่อระบายน้ำมันภายในท่อ กลับลงสู่ถังเก็บ
- Finish คือ ช่วงการทำงานที่โปรแกรม ส่งคำสั่งกลับไปคุม Proportional Valve ให้กลับสู่ค่าปกติ

กราฟ Pressure Sensor A1 คือกราฟที่แสดงผลจาก Pressure Sensor ที่เราติดตั้งไว้ในระบบ การทดสอบทั้งสองตัว



รูปที่ 6 (ก) กราฟ Pressure sensor A1

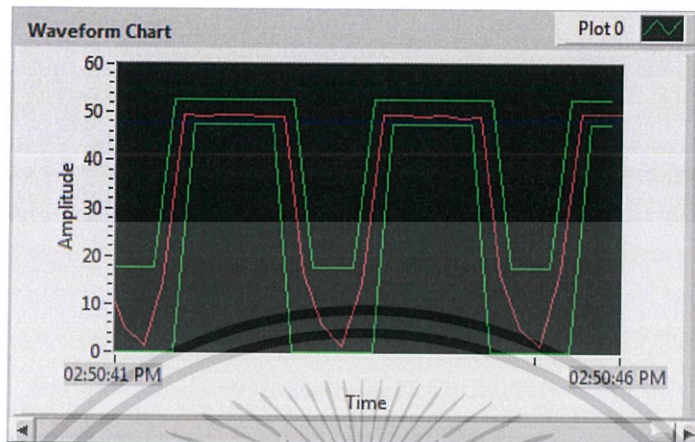
กราฟ Pressure Sensor A2 คือกราฟที่แสดงผลค่าตัวนำสัญญาณที่นำไปควบคุม Proportional Valve และค่าตอบสนองจาก Pressure Sensor ตัวที่ 2 รายงานผลกลับมา



รูปที่ 7 (ก) กราฟ Pressure sensor A2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 57 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟ Waveform Chart คือกราฟที่แสดงค่าความดันจากการทดสอบ (เส้นสีแดง) และช่วงค่าที่ยอมรับได้ (เส้นสีเขียว)



รูปที่ 8 (ก) กราฟ Waveform Chart

Duration (msec)	211000	Remaining time(msec)	211000
Number of cycles (times)	100	Remaining of cycles (times)	0
Error cycle (times)	6	Error cycle (percent)	600.0000m

รูปที่ 9 (ก) ช่องแสดงค่าต่างๆ

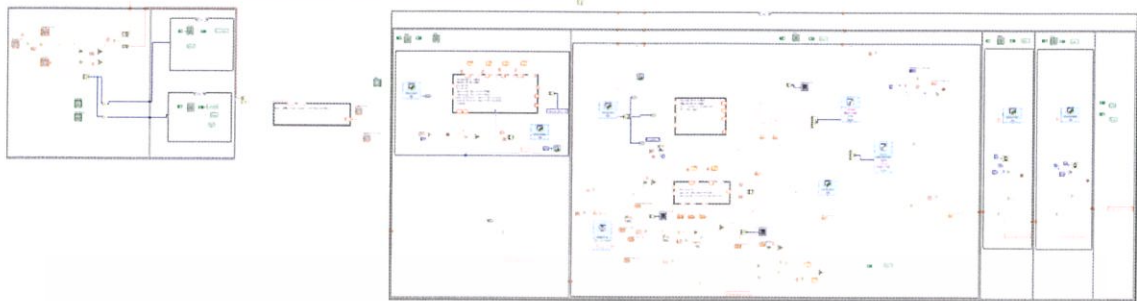
Duration (msec)	คือหน้าต่างที่แสดงระยะเวลาการทำงานทั้งหมดของการทดสอบหน่วยวินาที ⁻³
Remaining time (msec)	คือหน้าต่างที่แสดงระยะเวลาที่เหลืออยู่ของการทดสอบหน่วยวินาที ⁻³
Number of cycles (times)	คือหน้าต่างที่แสดงจำนวนรอบทั้งหมดในการทดสอบนั้น หน่วยครั้ง
Remaining of cycles (times)	คือหน้าต่างที่แสดงจำนวนรอบที่เหลืออยู่ของการทดสอบ หน่วยครั้ง
Error cycle (times)	คือหน้าต่างที่แสดงจำนวนค่าความผิดพลาดต่อจุด หน่วยครั้ง
Error cycle (percent)	คือหน้าต่างที่ที่แสดงจำนวนค่าความผิดพลาดต่อจุดเทียบกับจำนวนจุดที่เปรียบเทียบ หน่วยเปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 58 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

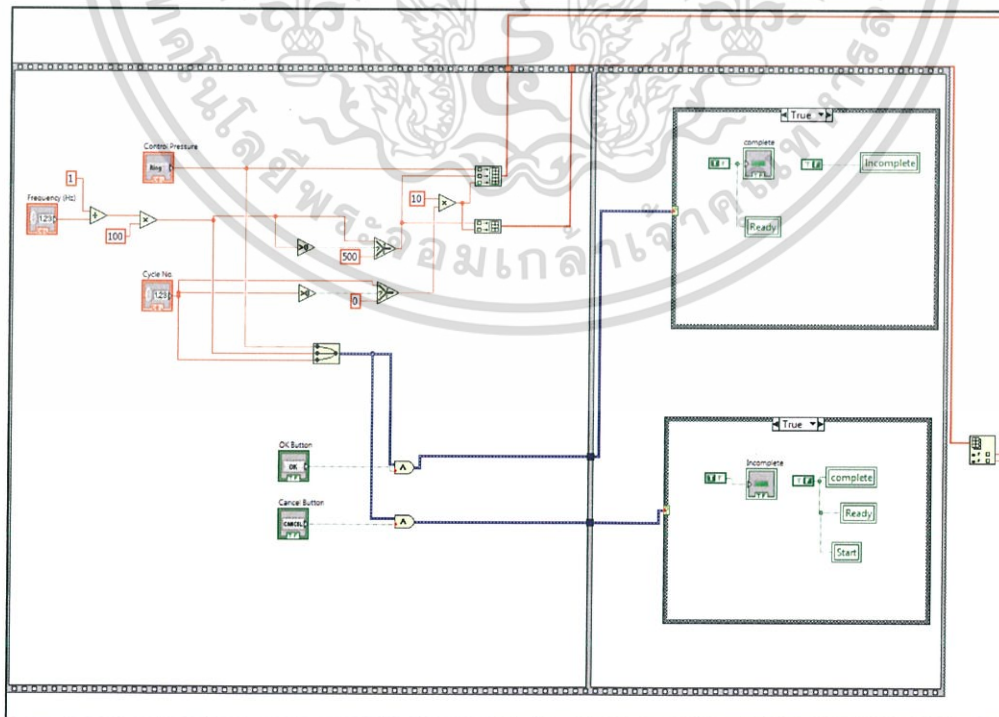
หน้าตาและสัญลักษณ์ของโปรแกรมที่ใช้งาน



รูปที่ 1 (ข) บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมการทดสอบการดลในอุปกรณ์ข้อต่อไฮดรอลิก 1

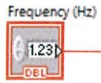


รูปที่ 2 (ข) บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมการทดสอบการดลในอุปกรณ์ข้อต่อไฮดรอลิก 2

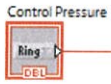


รูปที่ 3 (ข) บล็อกไดอะแกรมช่วงรับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา⁶⁰ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



: กล่องรับค่าความถี่ (Hz)



: กล่องเลือกค่าความดัน (bar)



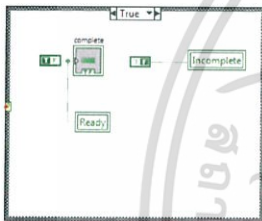
: กล่องรับค่าจำนวนรอบ (รอบ)



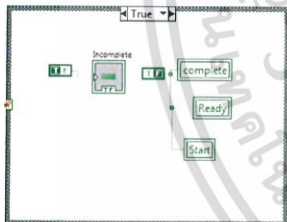
: ปุ่ม “OK”



: ปุ่ม “Cancel”



: Case structure True-False สำหรับการกด “OK”



: Case structure True-False สำหรับการกด “Cancel”



: กล่องรวบรวมสัญญาณ



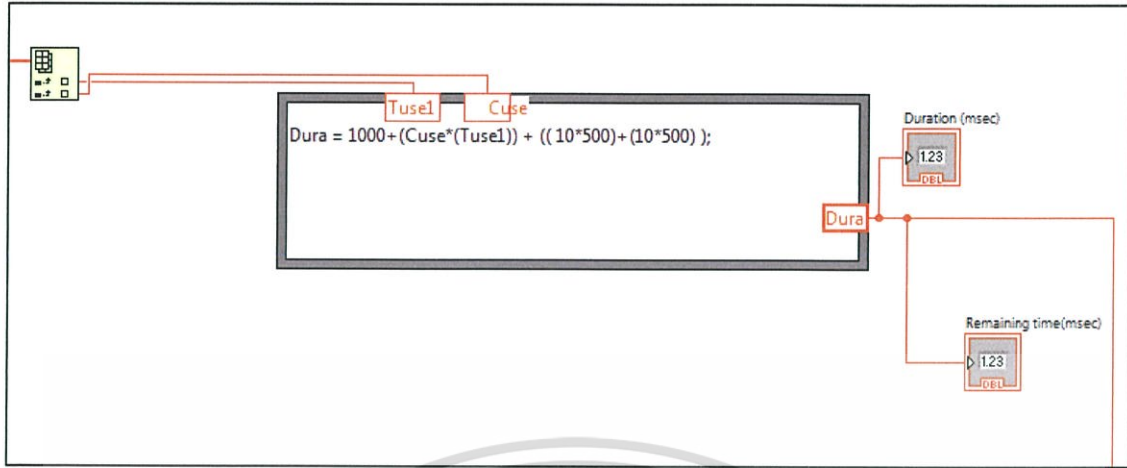
: กล่องรวบรวมข้อมูลชนิด Array (Single data to Array data)



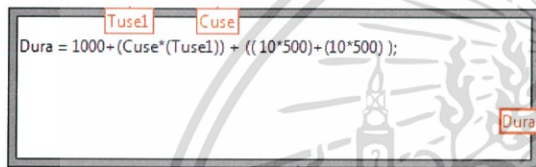
: กล่องเลือกข้อมูล กำกับโดย True-False Case โดย True จะบังคับให้กล่องนี้เลือกใช้ ข้อมูลชุดบน False จะบังคับให้กล่องนี้เลือกใช้ข้อมูลชุดล่าง



: กล่องแยกข้อมูลชนิด Array (Array data to Single data)



รูปที่ 4 (ข) บล็อกไดอะแกรมสำหรับคำนวณเวลาในการทำงาน



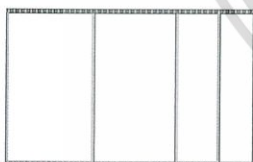
: Formula calculate box กล้องสำหรับใส่
สูตรคำนวณ เวลาที่ใช้ในการทำงาน



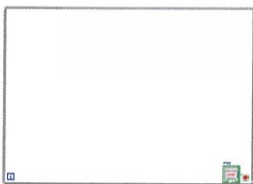
: กล้องแสดงระยะเวลาทั้งหมดของการทำงาน



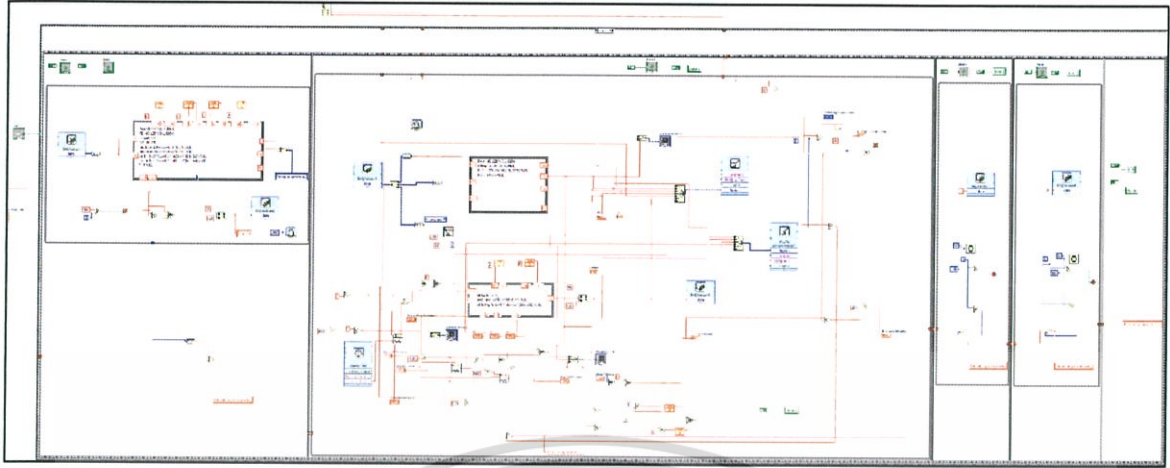
: กล้องแสดงระยะเวลาคงเหลือของการทำงาน



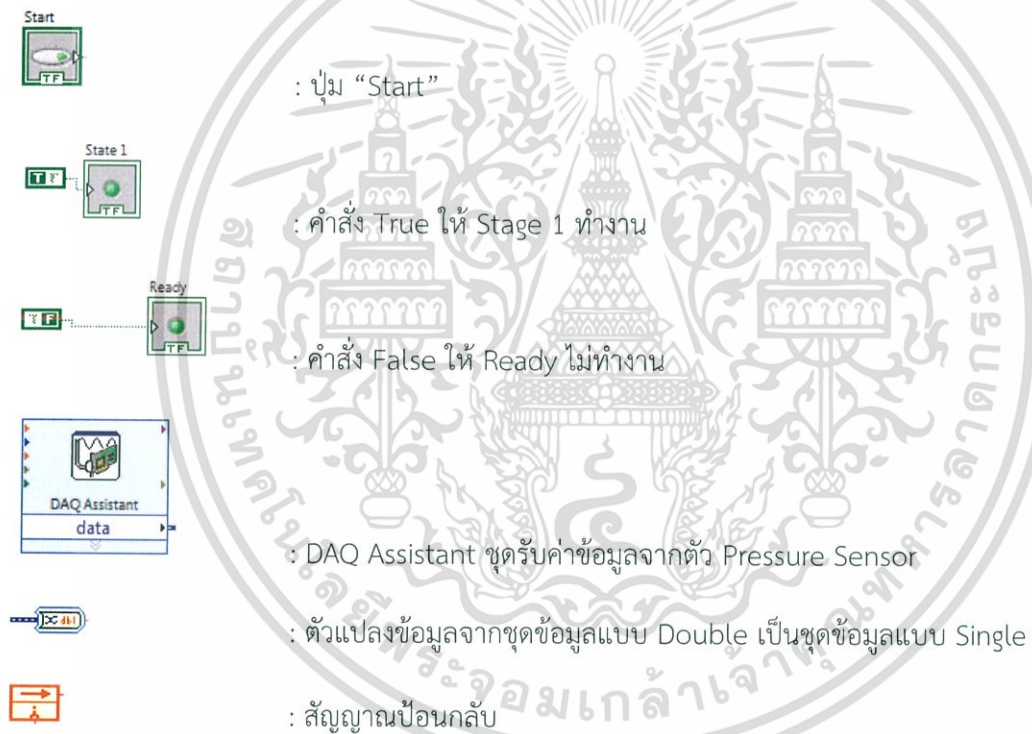
: Flat Sequence กรอบสำหรับแบ่งช่วงการทำงานเป็นขั้นๆ

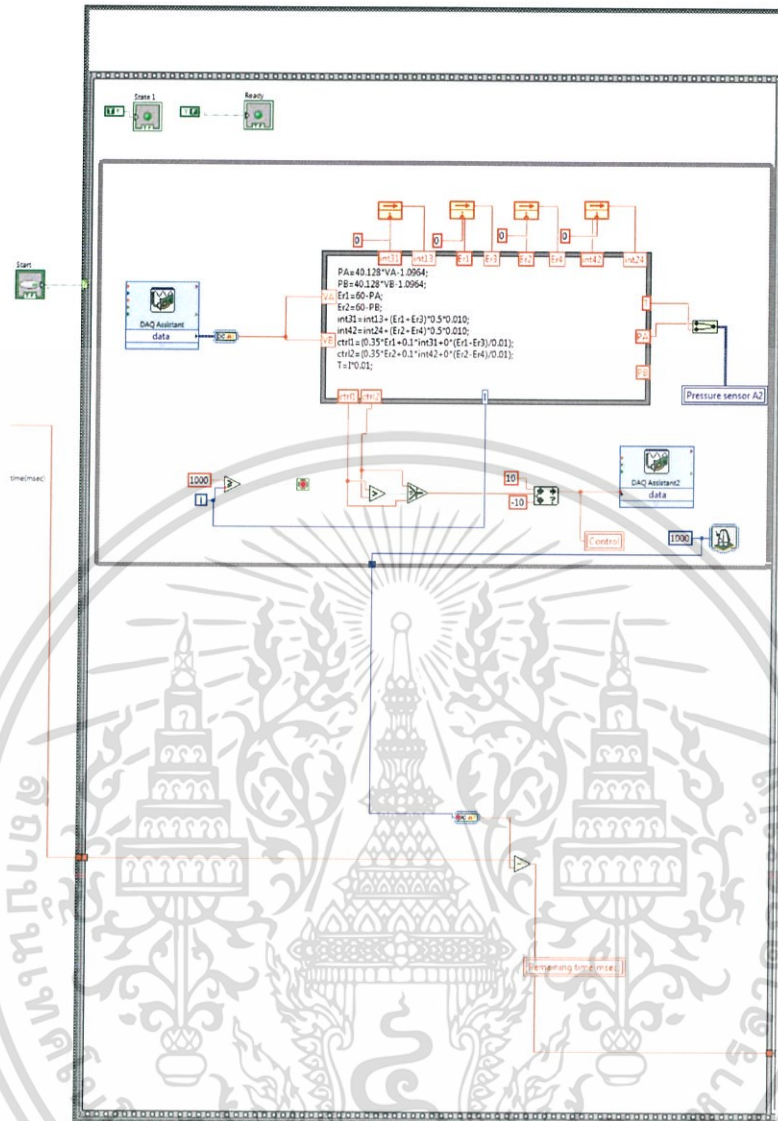


: While Loop กรอบสำหรับการทำงานแบบวนซ้ำ



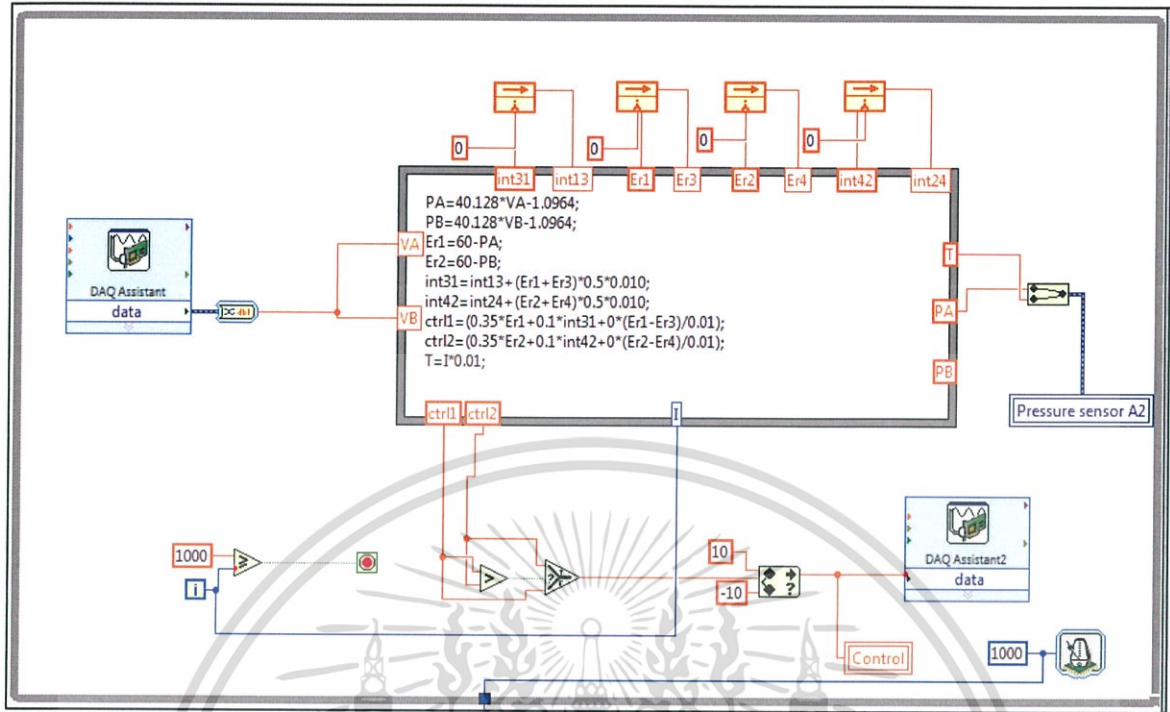
รูปที่ 5 (ข) บล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการทำงานแต่ละช่วง



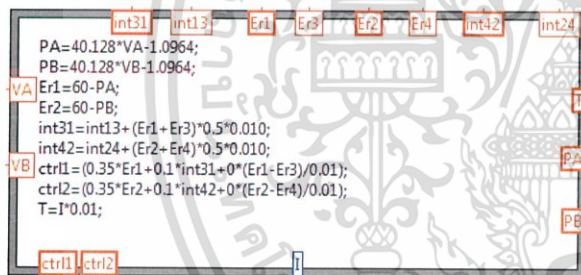


รูปที่ 6 (ข) บล็อกไดอะแกรมที่ใช้ในการทำงานของ Stage 1

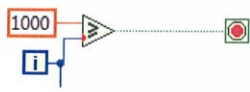
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา⁶⁴ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



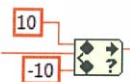
รูปที่ 7 (ข) บล็อกโคดอะแกรมที่ใช้ในการทำงานภายใน Stage 1



: Formula Calculator Box สำหรับการคำนวณค่าที่ได้จาก Pressure Sensor



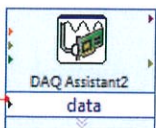
: ทำครบ 1000 จะหยุดการทำงาน



: กำหนดช่วงค่าสัญญาณที่จะจ่ายออกไป (+10 ถึง -10)



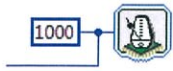
: เป็นการส่งข้อมูลแบบระบบ Local Communicate ให้ไปถึงกล่องที่ชื่อ Control



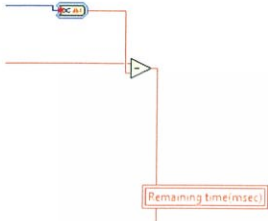
: DAQ assistant2 เป็นชุดการส่งคำสั่ง

Pressure sensor A2

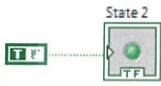
: เป็นการส่งข้อมูลแบบระบบ Local communicate ให้ไปถึงกราฟที่ชื่อ Pressure sensor A2



: รอ 1000 วินาที³ เพื่อเริ่มการทำงานรอบต่อไป



: จำนวนเวลาที่ใช้ไปใน Stage 1



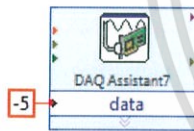
: คำสั่ง True ให้ Stage 2 ทำงาน



: คำสั่ง False ให้ Stage 1 หยุดทำงาน



: รอบเวลาที่รับค่ามาจากหน้า Interface จะมาส่งค่ามาควบคุมเวลาในการทำงานที่ตรงนี้

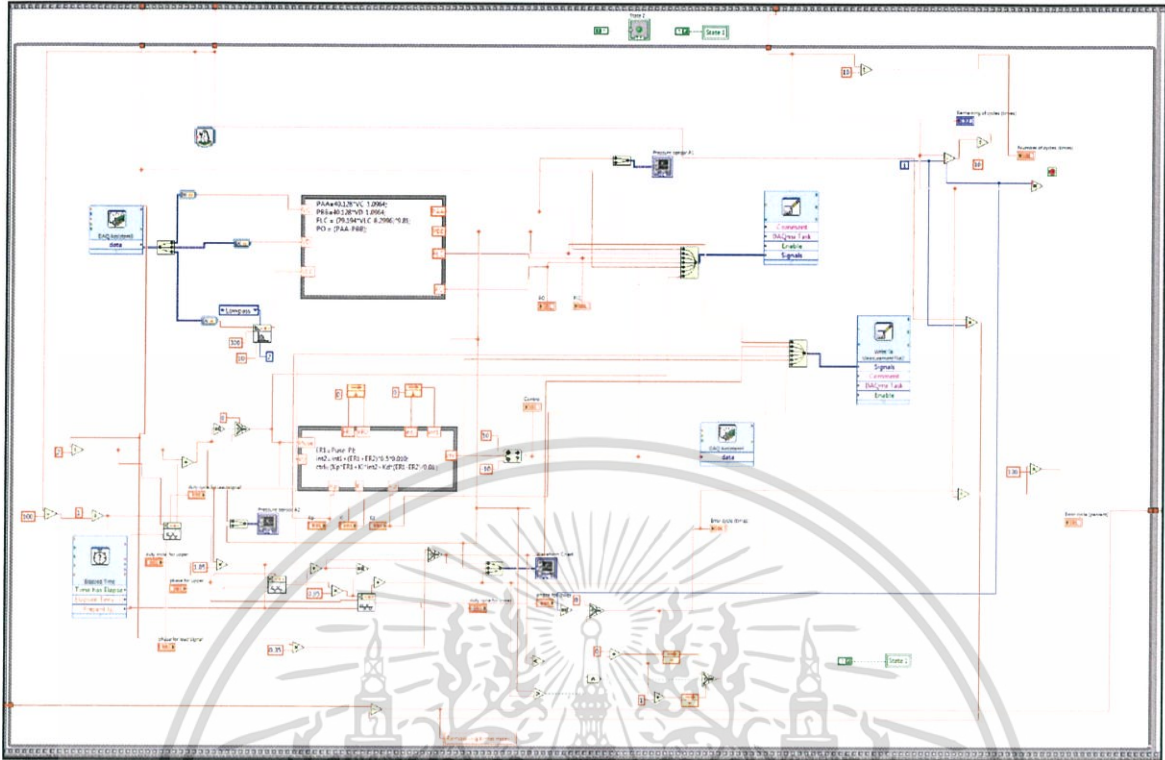


: DAQ assistant5 เป็นชุดการส่งคำสั่ง ในที่นี้กำหนดให้ส่งคำสั่ง -5 สู่อุปกรณ์ Proportional Valve

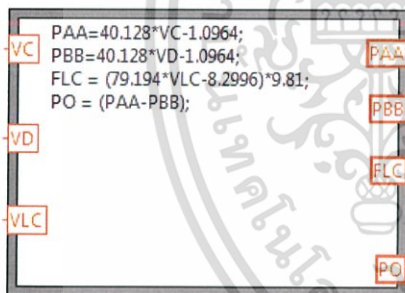


: DAQ assistant8 เป็นชุดการส่งคำสั่ง ในที่นี้กำหนดให้ส่งคำสั่ง 0 สู่อุปกรณ์ Proportional Valve

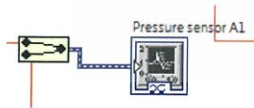
Valve



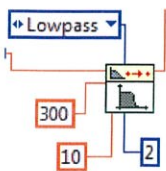
รูปที่ 8 (ข) บล็อกไดอะแกรมใช้ในการทำงาน Stage 2



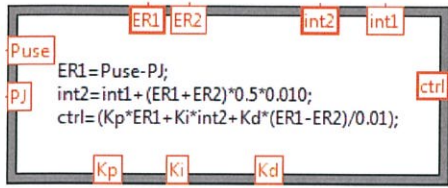
: Formula Calculator Box สำหรับการคำนวณ ค่าที่ได้จาก Pressure Sensor



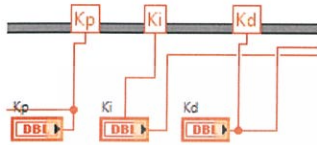
: ส่งข้อมูลทีจาก Pressure Sensor ทั้งสองตัวสู่กราฟ แสดงผลที่ชื่อ Pressure sensor A1



: Filter กรองสัญญาณ



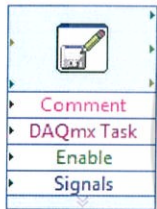
: Formula Calculator Box ชุดคำนวณ Control คำสั่ง ที่ผสาน K_p , K_i และ K_d เข้ามาใช้งาน



: กล่องสำหรับนำค่า K_p , K_i และ K_d จาก Interface มาคำนวณ



: ตัวนับเวลาสำหรับสัญญาณนำคำสั่ง



: ตัวเก็บข้อมูล แล้วสร้างไฟล์ LVTM เก็บไว้ใน DATA



: DAQ assistant3 เป็นชุดการรับคำสั่ง



: DAQ assistant4 เป็นชุดการส่งคำสั่ง



: ตัวสร้างสัญญาณ แบบ Impulse



: สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์สำหรับเปรียบเทียบ “น้อยกว่า”



: สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์สำหรับเปรียบเทียบ “มากกว่า”



: สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณ “บวกเพิ่ม”



: สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณ “การหาร”



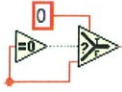
: สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณ “การคูณ”



: สัญลักษณ์ทางตรรกศาสตร์สำหรับการคำนวณ “และ”



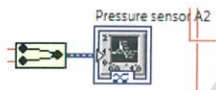
: สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณ “มากกว่าเท่ากับ”



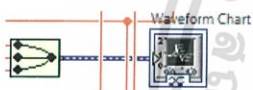
: สัญลักษณ์ทางตรรกศาสตร์การคำนวณค่าที่เมื่อเท่ากับ 0 ให้ทำตามเหตุการณ์ด้านบนในกรณีที่เป็นจริง (ค่าเท่ากับ 0) และทำตามเหตุการณ์ด้านล่างในกรณีที่ไม่เป็นจริง (ค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า 0)



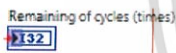
: กล่องแสดงข้อมูลแบบย่อ



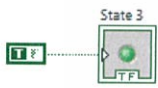
: ส่งข้อมูลจาก Pressure Sensor ทั้งสองตัวสู่กราฟ แสดงผลที่ชื่อ Pressure sensor A2



: ส่งข้อมูลจาก Pressure Sensor ทั้งสามตัวสู่กราฟแสดงผลที่ชื่อ Waveform Chart



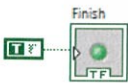
: กล่องแสดงข้อมูลแบบย่อ



: คำสั่ง True ให้ State 3 ทำงาน



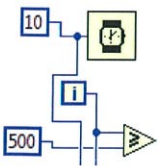
: คำสั่ง False ให้ State 2 หยุดทำงาน



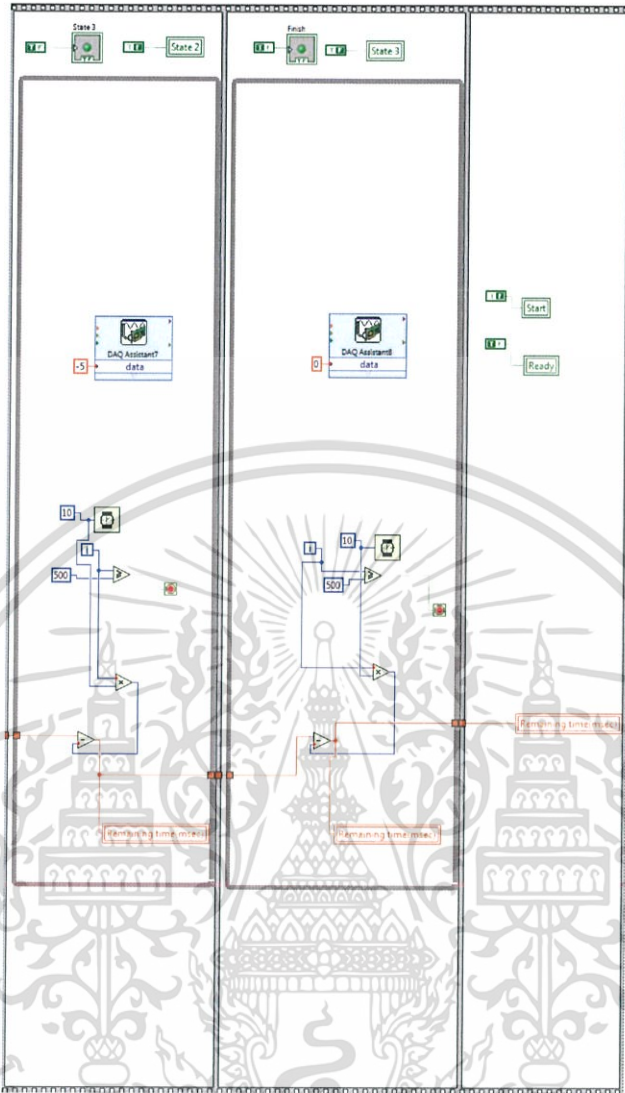
: คำสั่ง True ให้ Finish ทำงาน



: คำสั่ง False ให้ State 3 หยุดทำงาน



: นาฬิกาจับเวลา



รูปที่ 9 (ข) บล็อกโคอะแกรมที่ใช้ในการทำงาน Stage 3 และ Finish

Remaining time(msec)

: เป็นการส่งข้อมูลแบบระบบ Local Communicate ให้ไปถึง
กล่องที่ชื่อ Remaining Time (msec)



: คำสั่ง False ให้ Start ทำงานกรณีเป็นเท็จ

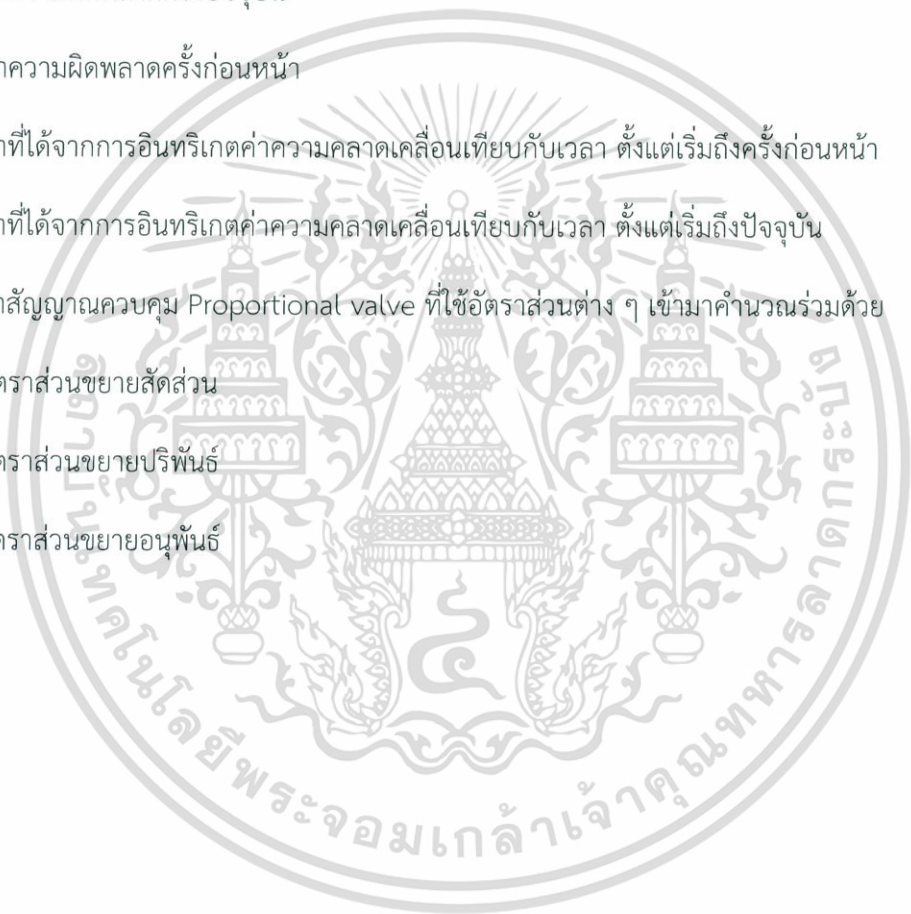


: คำสั่ง True ให้ Ready ทำงาน

- Tuse : ระยะเวลาที่คำนวณมาจากความถี่ที่รับมา
- Cuse : จำนวนรอบที่รับค่ามาจากหน้า Interface
- Dura : ระยะเวลาทั้งหมดที่จะใช้งาน โดยคำนวณจากข้อมูลที่รับมา
- Int31 : ค่าที่ได้จากการอินทิเกรตค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับเวลา ตั้งแต่เริ่มถึงครั้งก่อนหน้า
- Int13 : ค่าที่ได้จากการอินทิเกรตค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับเวลา ตั้งแต่เริ่มถึงปัจจุบัน
- Er1 : ค่าความผิดพลาดครั้งปัจจุบัน
- Er3 : ค่าความผิดพลาดครั้งก่อนหน้า
- Er2 : ค่าความผิดพลาดครั้งปัจจุบัน
- Er4 : ค่าความผิดพลาดครั้งก่อนหน้า
- Int42 : ค่าที่ได้จากการอินทิเกรตค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับเวลา ตั้งแต่เริ่มถึงครั้งก่อนหน้า
- Int24 : ค่าที่ได้จากการอินทิเกรตค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับเวลา ตั้งแต่เริ่มถึงปัจจุบัน
- VA : สัญญาณแรงดันไฟของเซนเซอร์วัดความดันตัวที่ 1
- VB : สัญญาณแรงดันไฟของเซนเซอร์วัดความดันตัวที่ 2
- ctrl1 : ค่าสัญญาณควบคุม Proportional valve ตัวที่ 1
- ctrl2 : ค่าสัญญาณควบคุม Proportional valve ตัวที่ 2
- T : ระยะเวลาคำนวณภายใน Stage 1
- PA : ค่าความดันที่คำนวณจากสัญญาณแรงดันไฟของเซนเซอร์ตัวที่ 1
- PB : ค่าความดันที่คำนวณจากสัญญาณแรงดันไฟของเซนเซอร์ตัวที่ 2
- I : ตัวนับจำนวนรอบเชิงคอมพิวเตอร์ ใน Stage 1
- VC : สัญญาณแรงดันไฟของเซนเซอร์วัดความดันตัวที่ 1
- VD : สัญญาณแรงดันไฟของเซนเซอร์วัดความดันตัวที่ 2
- VLC : สัญญาณแรงดันไฟของเซนเซอร์รับแรง
- PAA : ค่าความดันที่คำนวณจากสัญญาณแรงดันไฟของเซนเซอร์ตัวที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 71 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- PVV : ค่าความดันที่คำนวณจากสัญญาณแรงดันไฟของเซนเซอร์ตัวที่2
- FLC : แรงที่วัดได้โดยเซนเซอร์รับแรง
- PO : ค่าแตกต่างระหว่างความดันที่คำนวณจากสัญญาณแรงดันไฟของเซนเซอร์ทั้งสองตัว
- Puse : ค่าสัญญาณนาฬิกาที่สร้างขึ้น เพื่อใช้เทียบกับค่าความดันสัญญาณจริงที่วัดจากเซนเซอร์
- PJ : ค่าความดันสัญญาณจริงที่วัดจากเซนเซอร์ เามาเปรียบเทียบกับสัญญาณนาฬิกา
- ER1 : ค่าความผิดพลาดครั้งปัจจุบัน
- ER2 : ค่าความผิดพลาดครั้งก่อนหน้า
- Int2 : ค่าที่ได้จากการอินทิเกรตค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับเวลา ตั้งแต่เริ่มถึงครั้งก่อนหน้า
- Int1 : ค่าที่ได้จากการอินทิเกรตค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับเวลา ตั้งแต่เริ่มถึงปัจจุบัน
- ctrl : ค่าสัญญาณควบคุม Proportional valve ที่ใช้อัตราส่วนต่าง ๆ เข้ามาคำนวณร่วมด้วย
- K_p : อัตราส่วนขยายสัดส่วน
- K_i : อัตราส่วนขยายปริพันธ์
- K_D : อัตราส่วนขยายอนุพันธ์



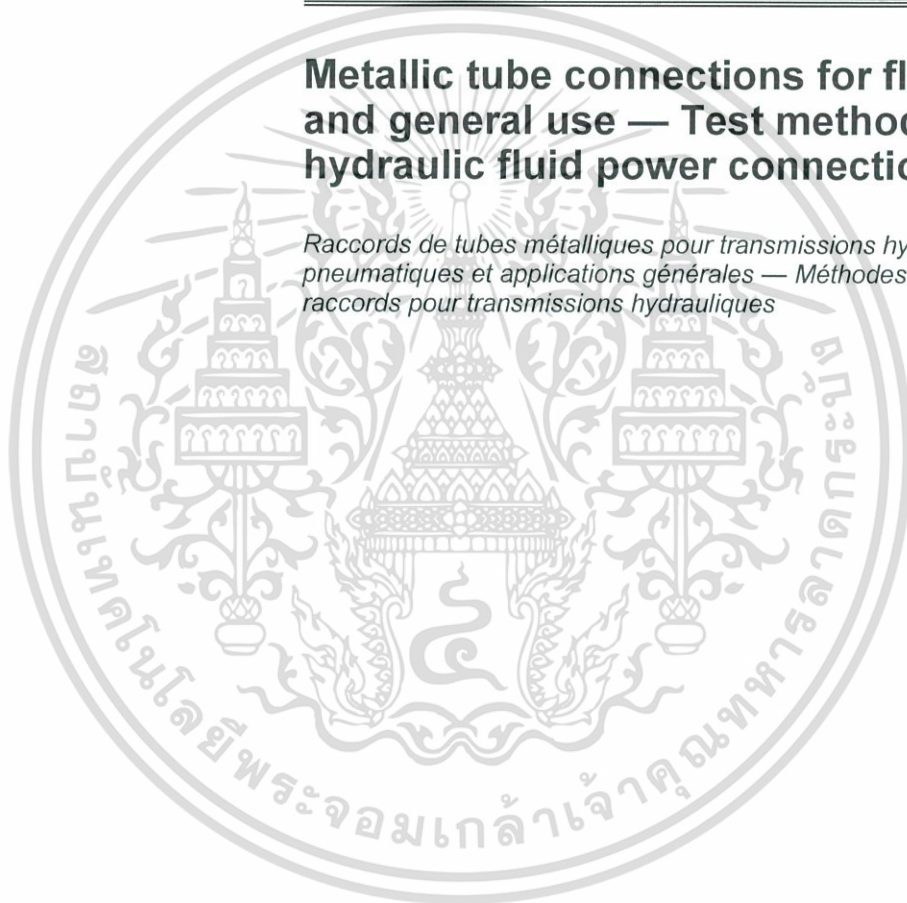


ภาคผนวก ค

มาตรฐาน ISO 19879

**Metallic tube connections for fluid power
and general use — Test methods for
hydraulic fluid power connections**

*Raccords de tubes métalliques pour transmissions hydrauliques et
pneumatiques et applications générales — Méthodes d'essai pour
raccords pour transmissions hydrauliques*



Reference number
ISO 19879:2010(E)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสืบค้นเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© ISO 2010

PDF disclaimer

This PDF file may contain embedded typefaces. In accordance with Adobe's licensing policy, this file may be printed or viewed but shall not be edited unless the typefaces which are embedded are licensed to and installed on the computer performing the editing. In downloading this file, parties accept therein the responsibility of not infringing Adobe's licensing policy. The ISO Central Secretariat accepts no liability in this area.

Adobe is a trademark of Adobe Systems Incorporated.

Details of the software products used to create this PDF file can be found in the General Info relative to the file; the PDF-creation parameters were optimized for printing. Every care has been taken to ensure that the file is suitable for use by ISO member bodies. In the unlikely event that a problem relating to it is found, please inform the Central Secretariat at the address given below.



COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT

© ISO 2010

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Published in Switzerland

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้กันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Downloaded 2015-08-03
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

© ISO 2010 – All rights reserved

Contents

Page

Foreword	iv
Introduction	v
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions	2
4 General requirements	2
5 Repeated assembly test	6
6 Leakage test	6
7 Proof test	7
8 Burst test	9
9 Cyclic endurance test	9
10 Vacuum test	10
11 Overtightening test	11
12 Vibration test	11
13 Cyclic endurance (impulse) test with vibration	14
14 Identification statement (Reference to this International Standard)	15
Annex A (normative) Test data form	16
Bibliography	19

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

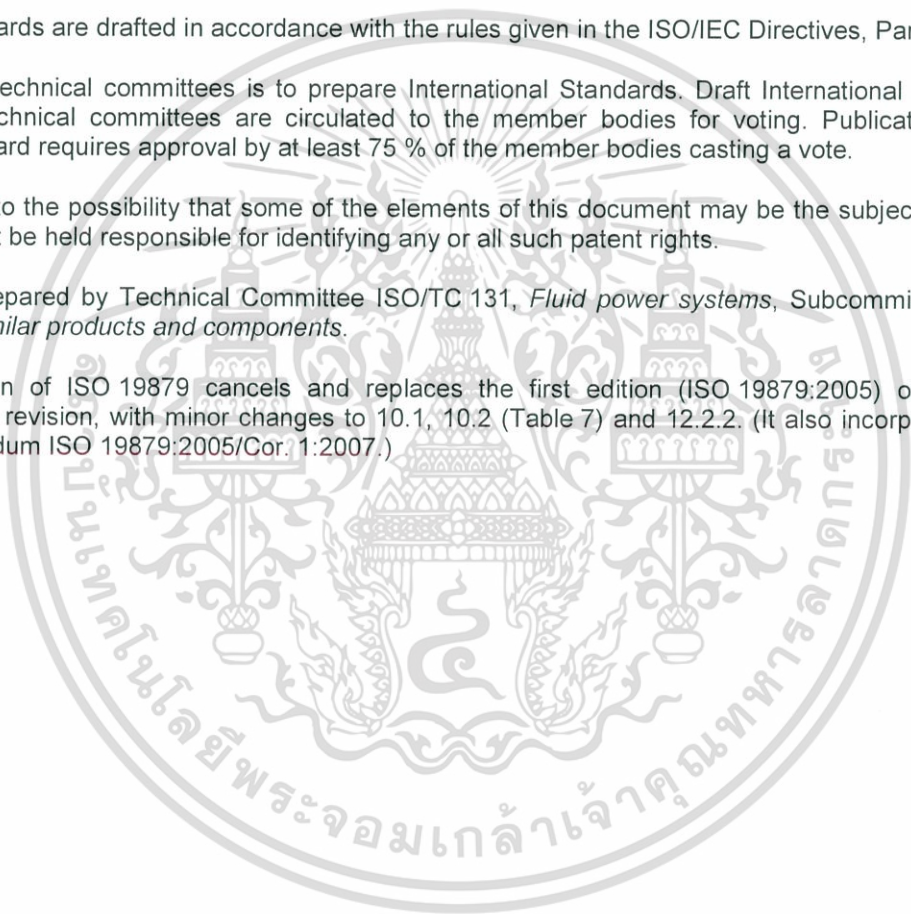
International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2.

The main task of technical committees is to prepare International Standards. Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

ISO 19879 was prepared by Technical Committee ISO/TC 131, *Fluid power systems*, Subcommittee SC 4, *Connectors and similar products and components*.

This second edition of ISO 19879 cancels and replaces the first edition (ISO 19879:2005) of which it constitutes a minor revision, with minor changes to 10.1, 10.2 (Table 7) and 12.2.2. (It also incorporates the Technical Corrigendum ISO 19879:2005/Cor. 1:2007.)



Introduction

In hydraulic fluid power systems, power is transmitted and controlled through a liquid under pressure within an enclosed circuit. It is required that components be designed to meet these requirements under varying conditions. Testing of components to meet performance requirements provides a basis of assurance for determining design application and for checking component compliance with the stated requirements.



Metallic tube connections for fluid power and general use — Test methods for hydraulic fluid power connections

WARNING — Some of the tests described in this International Standard are considered hazardous. It is, therefore, essential that, in conducting these tests, all appropriate safety precautions be strictly adhered to. Attention is drawn to the danger of burst, fine jets (which can penetrate the skin) and energy release of expanding gases. To reduce the hazard of energy release, bleed air out of test specimens prior to pressure testing. Tests shall be set up and performed by properly trained personnel.

1 Scope

This International Standard specifies uniform methods for the testing and performance evaluation of metallic tube connections, stud ends for ports and flange connections for use in hydraulic fluid power applications. This International Standard does not apply to the testing of hydraulic quick-action couplings, which is covered by ISO 7241-2.

Tests outlined in this International Standard are independent of each other and document the method to follow for each test. See the appropriate component International Standard for which tests to conduct and for performance criteria.

For qualification of the connector, the minimum number of samples specified in this International Standard is tested, unless otherwise specified in the relevant connector standard or as agreed upon by the manufacturer and the user.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 48, *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD)*

ISO 3448, *Industrial liquid lubricants — ISO viscosity classification*

ISO 3601-3, *Fluid power systems — O-rings — Part 3: Quality acceptance criteria*

ISO 5598, *Fluid power systems and components — Vocabulary*

ISO 6508 (all parts), *Metallic materials — Rockwell hardness test*

ISO 6605, *Hydraulic fluid power — Hoses and hose assemblies — Test methods*

ISO 6743-4, *Lubricants, industrial oils and related products (class L) — Classification — Part 4: Family H (Hydraulic systems)*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 5598 apply.

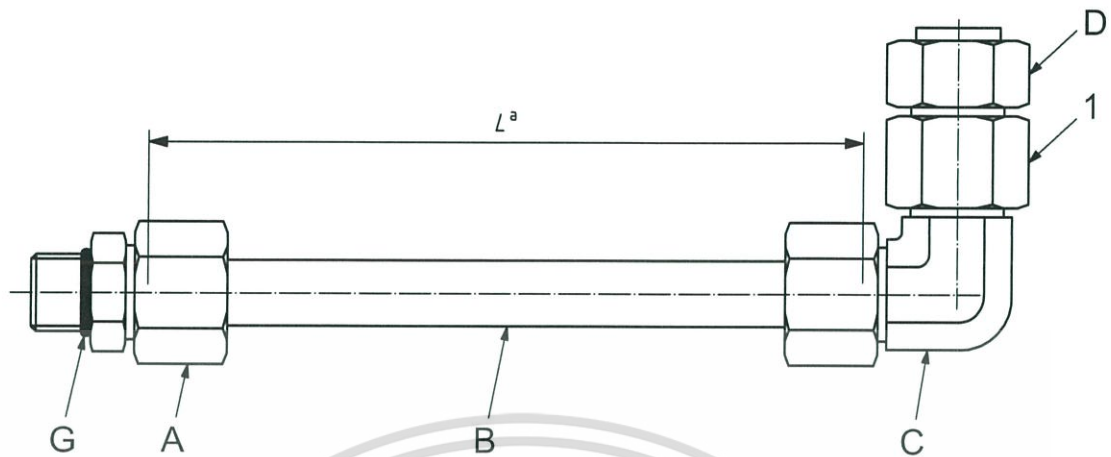
4 General requirements

4.1 Test assemblies

All components tested shall be in the final form, including annealed nuts, as required for brazed components. Unless otherwise specified in the respective connector standard, Type 1 test assemblies shall be as shown in Figure 1 for tube connections (for repeated assembly, leakage, proof, burst and cyclic endurance tests), and Type 2 test assemblies shall be as shown in Figure 2 for male stud ends (for leakage, proof and, if specified, burst and cyclic endurance tests). Alternatively, in order to test the connector to its full capability, use of the metallic tube may be omitted for burst and cyclic endurance tests, and different configurations with similar capability may be combined in a test assembly Type 3, as shown in Figure 3. Type 4 test assemblies for flange connectors shall be as shown in Figure 4. Test assemblies shall conform to the relevant requirements given in Table 1.

Table 1 — Requirements for test assemblies

Part code	Part name	Description and further information
A	Straight stud connector	The type of stud end, connector end and sealing method is optional but shall be recorded in the test report.
B	Metallic tube	The required tube wall thickness shall be selected according to the working pressure rating of the respective connector. The length of the tube shall be five times the tube outside diameter plus 50 mm.
C	Shaped connector, with swivel, if applicable	—
D	Blanking end (cap or plug)	—
E	Shaped connector with adjustable stud end	—
F	Flange connector	—
G	Sealing	e.g. O-ring.



Key

1 swivel nut

A straight stud connector

B metallic tube

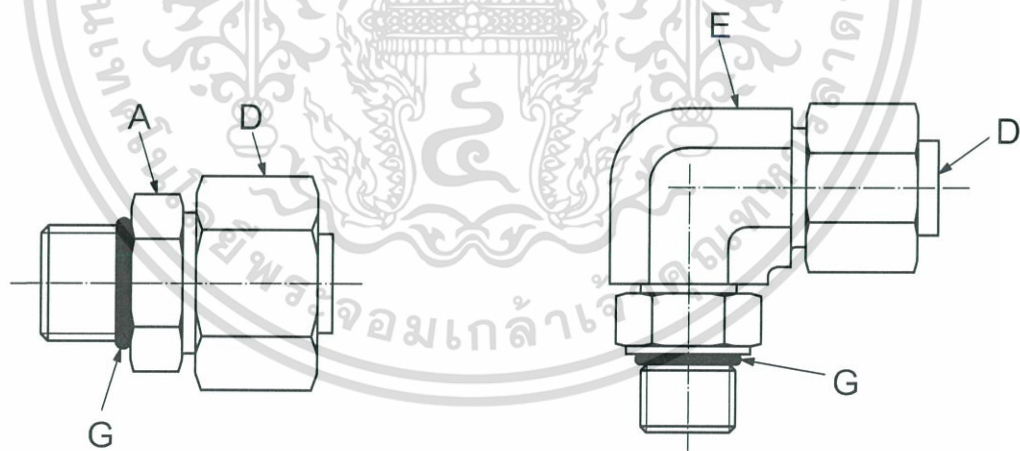
C shaped connector

D blanking end (cap or plug)

G sealing, e.g. O-ring

^a $L = 5 \times \text{the tube OD (in millimetres)} + 50 \text{ mm.}$

Figure 1 — Test assembly for tube connection — Type 1



a) Non-adjustable stud end connection

b) Adjustable stud end connection, with shaped connector, if applicable

Key

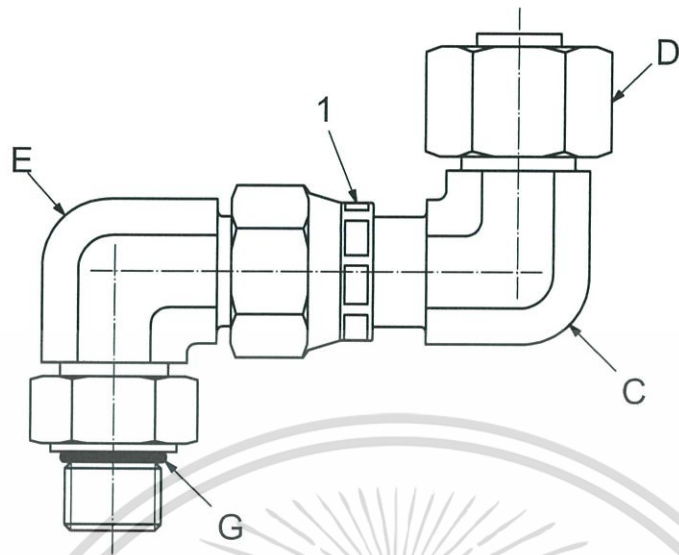
A straight stud connector

D blanking end (cap or plug)

E shaped connector with adjustable stud end

G sealing, e.g. O-ring

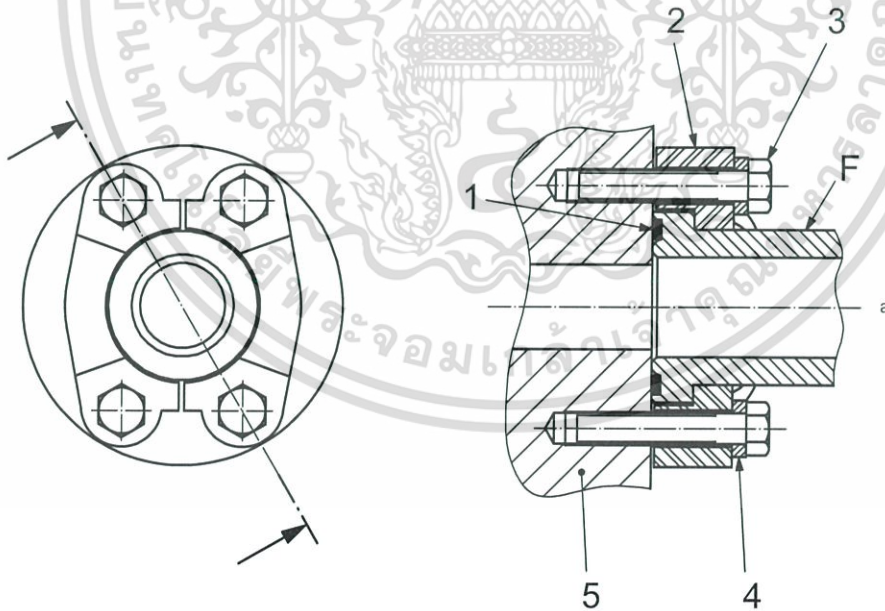
Figure 2 — Test assembly for stud end — Type 2



Key

- 1 swivel nut
- C shaped connector with swivel
- D blanking end (cap or plug)
- E shaped connector with adjustable stud end
- G sealing, e.g. O-ring

Figure 3 — Alternate connector capability test assembly without tube — Type 3



Key

- 1 O-ring seal
- 2 split-flange clamp
- 3 screw
- 4 washer
- 5 test adapter
- F flange connector

^a This end capped or plugged.

Figure 4 — Test assembly for flange connectors — Type 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้จนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Downloaded 2015-06-03

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อห และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Test equipment

4.2.1 Test block

Test blocks shall be unplated and have a hardness between 35 HRC and 45 HRC in accordance with ISO 6508. For a test block with multiple ports, the distance between the centrelines of test ports shall be a minimum of 1,5 times the port diameter. The distance between the port centreline and the edge of the test block shall be a minimum of 1 times the port diameter.

4.2.2 Test seals

For all tests, except for the overtightening test and unless otherwise specified, seals shall be nitrile (NBR) rubber with a hardness of (90 ± 5) IHRD when measured in accordance with ISO 48. Seals shall conform to their respective dimensional requirements, and O-rings shall meet or exceed the quality requirements for grade N (general purpose) of ISO 3601-3, if applicable.

4.3 Procedure

4.3.1 Thread lubrication

For all tests, on connectors made of carbon steel and for testing only, threads and contact surfaces shall be lubricated prior to application of torque using a hydraulic fluid with a viscosity of ISO VG 32 in accordance with ISO 3448. For connectors made of materials other than carbon steel, the manufacturer's recommendation for thread lubrication shall be followed.

4.3.2 Torque

For all tests, except the repeated assembly and overtightening tests, tube connections and stud ends shall be tested at the required minimum torques or number of hex flats or turns from finger-tight position given in the respective connector standard, if specified. Otherwise, they shall be tested at the minimum torque values or number of hex flats or turns from finger-tight position supplied by the manufacturer. For test assembly, type 2 and type 3 adjustable stud torques shall be applied after being backed out one full turn from finger-tight, in order to test correctly the worst possible actual assembly conditions.

4.3.3 Temperature

For all tests, the temperature of the hydraulic fluid shall be between 15 °C and 80 °C, unless otherwise specified in the respective connector standard.

4.4 Test report

Test results and test conditions shall be reported on the test data form given in Annex A.

NOTE ISO/TR 11340 provides a method of reporting leakage.

5 Repeated assembly test

5.1 Principle

Unless otherwise specified in the respective connector standard, three type 1 test assemblies shall be tested to confirm that they are capable of meeting the necessary requirements after being disassembled and re-assembled several times.

5.2 Procedure

The tube connections of the straight stud connector (part A in Figure 1) and shaped connector (part C in Figure 1) shall be disassembled and re-assembled six times. Prior to each re-assembly, the tube shall be turned clockwise by 60°. On re-assembly, the nuts shall be tightened firmly, using the maximum torque values or number of turns given in the respective connector standard or by the manufacturer. All assemblies, after the first and sixth re-assembly, shall be subjected to a leakage test (Clause 6) and a proof test (Clause 7) at the test parameters specified in Table 2.

Table 2 — Parameters and procedure for repeated assembly test

Test parameter	Value of parameter and procedure
Test medium	As specified in Clauses 6 and 7.
Test pressure	
Test duration	
Pass/fail criterion	Any leakage during the leakage and proof tests shall be considered a failure.

5.3 Re-use of components

Parts that pass this test may be used for burst and cycle endurance tests at the minimum specified assembly torque or number of turns. They shall not be used for actual service or returned to stock.

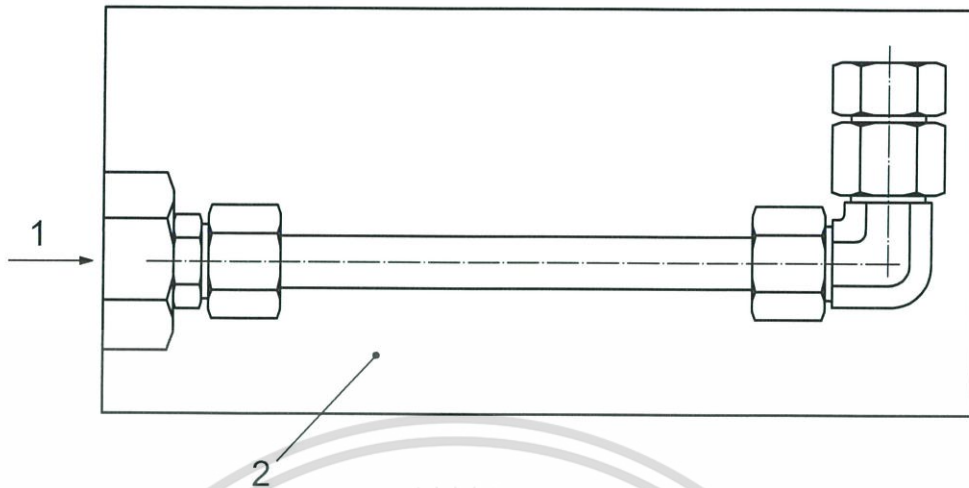
6 Leakage test

6.1 Principle

Unless otherwise specified in the respective connector standard, all type 1 test assemblies from the repeated assembly test and three each of type 2, type 3 and type 4 assemblies (where applicable) shall be subjected to a leakage test to ensure that assemblies do not leak when subjected to test pressure.

6.2 Procedure

Test assemblies shall be pressurized under water as shown in Figure 5 and described in Table 3.



- Key**
- 1 test fluid inlet
 - 2 water

Figure 5 — Typical test set-up for leakage test

Table 3 — Parameters and procedure for leakage test

Test parameter	Value of parameter and procedure
Test medium	Air, nitrogen or helium. The test medium shall be recorded in the test report.
Test pressure	The test pressure shall be increased continuously until the pressure reaches a level equal to 15 % of the connector's working pressure, in accordance with the respective standard, where applicable, not exceeding 6,3 MPa (63 bar ^a).
Test duration	A minimum of 3 min at the test pressure, after all of the air trapped in the connector's threads during test set-up has escaped.
Pass/fail criterion	Leakage, in the form of ascending bubbles, shall not occur in any of the test assemblies.
^a 1 bar = 0,1 MPa = 10 ⁵ Pa; 1 MPa = 1 N/mm ² .	

6.3 Re-use of components

Parts that pass this test may be used for further tests. They shall not be used for actual service or returned to stock.

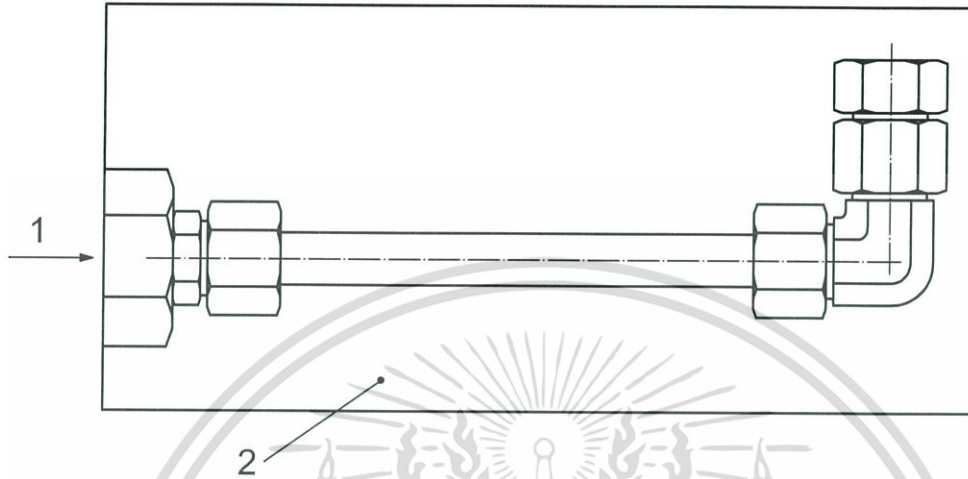
7 Proof test

7.1 Principle

Unless otherwise specified in the respective connector standard, three type 1 test assemblies and, where applicable, three type 2, type 3 and type 4 test assemblies shall be tested to confirm that the specified connections are capable of withstanding a minimum of two times the working pressure without any visual sign of leakage.

7.2 Procedure

The test assemblies shall be pressurized as shown in Figure 6 at the test parameters specified in Table 4. Air shall be carefully bled from the test assemblies before applying static pressure.



- Key**
 1 test fluid inlet
 2 air

Figure 6 — Typical test set-up for static proof pressure and burst test

Table 4 — Parameters and procedure for proof test

Test parameter	Value of parameter and procedure
Test medium	Hydraulic fluid in accordance with ISO 6743-4, e.g. HM, with a viscosity equal to or less than ISO VG 32, in accordance with ISO 3448, or water. The test medium shall be recorded in the test report.
Test pressure	Two times the working pressure of the connector, in accordance with the respective standard, where applicable. Pressure shall be increased at a rate not exceeding 16 % of the connector's working pressure, per second, until the test pressure is reached.
Test duration	The test assemblies shall be held at the test pressure for a minimum of 60 s.
Pass/fail criterion	None of the test assemblies shall leak during the test.

7.3 Re-use of components

Parts that pass this test may be used for the burst test. They shall not be used for actual service or returned to stock.

8 Burst test

8.1 Principle

Unless otherwise specified in the respective connector standard, three type 1 or type 3 assemblies and, where applicable, three type 2 and type 4 assemblies shall be tested to confirm that the specified connections are capable of withstanding a minimum of 4 times the working pressure before failure.

8.2 Procedure

The test assemblies shall be pressurized as shown in Figure 6 and described in Table 5.

Table 5 — Parameters and procedure for burst test

Test parameter	Value of parameter and procedure
Test medium	Hydraulic fluid in accordance with ISO 6743-4, e.g. HM, with a viscosity equal to or less than ISO VG 32, in accordance with ISO 3448, or water. The test medium shall be recorded in the test report.
Test pressure	Minimum test pressure shall be four times the working pressure of the connector, in accordance with the respective standard, where applicable. Pressure shall be increased at a rate not exceeding 16 % of the connector's working pressure, per second.
Test duration	The test shall be continued until failure.
Pass/fail criterion	None of the test assemblies shall show visual evidence of leakage at or below the minimum test pressure.

8.3 Re-use of components

Parts that pass this test shall not be tested further, nor used for actual service or returned to stock.

9 Cyclic endurance test

9.1 Principle

Unless otherwise specified in the respective connector standard, three type 1 or six type 3 assemblies and, where applicable, six type 2 and type 4 test assemblies shall be tested to confirm that they pass a cyclic endurance test at 133 % of working pressure for 1 000 000 cycles without leakage or component failure. For flange assemblies of DN 51 and larger, and connectors for tube OD sizes 50 mm and larger, the testing of three test assemblies shall be sufficient if the design has been verified through calculation or finite element analysis.

9.2 Procedure

The cyclic endurance test shall be conducted in accordance with the requirements specified in Table 6.

9.3 Re-use of components

Parts that pass this test shall not be tested further, nor used for actual service or returned to stock.

Table 6 — Parameters and procedure for the cyclic endurance test

Test parameter	Value of parameter and procedure
Test medium	Hydraulic fluid in accordance with ISO 6743-4, e.g. HM, with a viscosity of ISO VG 32, in accordance with ISO 3448, or water. The test medium shall be recorded in the test report.
Test pressure	Test pressure shall conform to the waveform specified in ISO 6605 with peak pressure of 133 % of working pressure, and an impulse frequency of 0,5 Hz to 1,25 Hz.
Test duration	Minimum of 1 000 000 pressure-impulse cycles.
Pass/fail criterion	None of the test assemblies shall leak or fail during the test.

10 Vacuum test

10.1 Principle

Unless otherwise specified in the respective connector standard, two type 1 test assemblies and, where applicable, type 2 and type 4 test assemblies shall be tested to confirm that they are capable of withstanding a vacuum of 6,5 kPa (0,065 bar) absolute pressure for a minimum of 5 min without leakage.

10.2 Procedure

The vacuum test shall be conducted in accordance with the requirements of Table 7.

Table 7 — Parameters and procedure for vacuum test

Test parameter	Value of parameter and procedure
Test medium	Air.
Test pressure	A vacuum of 6,5 kPa (0,065 bar) absolute pressure.
Test procedure	Connect test assembly to a vacuum source with a manometer and a shut-off valve that is close to the vacuum source. Draw a vacuum to the specified test pressure and close the shut-off valve. Hold the assembly at this pressure for the specified test duration. Leakage will be indicated by an increase in the absolute pressure reading.
Test duration	A minimum of 5 min.
Pass/fail criterion	The increase in the absolute pressure reading on any test assembly shall not exceed 3 kPa (0,03 bar).

10.3 Re-use of components

Parts that pass this test may be used for other tests or for actual service.

11 Overtightening test

11.1 Principle

Unless otherwise specified in the respective connector standard, six test samples for each size, three samples each of the tube nuts and the 90° swivel elbow (SWE) nut, shall be tested to confirm that tube and swivel nuts are capable of withstanding the overtightening qualification test when tested to the overtightening (overtorque) values or number of turns given in the respective connector standard.

11.2 Test equipment

Unless otherwise specified, an unplated threaded steel mandrel or mating connector test block with a minimum hardness of 40 HRC in accordance with ISO 6508 shall be used.

11.3 Procedure

Connectors shall be restrained during the test, and the wrench shall be located at the threaded end of the nut hex. The overtightening test shall be conducted in accordance with the requirements specified in Table 8.

Table 8 — Parameters and procedure for overtightening test

Test parameter	Value of parameter and procedure
Test duration	Continue to apply torque to the nuts until the specified torque or number of turns has been achieved. Unless otherwise specified, the overtightening torque shall be at least 1,5 times the test torque specified in the respective standard.
Pass/fail criterion	Parts are considered failing the test, if <ul style="list-style-type: none"> — the nut cannot be removed by hand after breakaway; — the nut cannot swivel freely by hand; — the nut will not retract to its original position by hand; — any visible cracks in the sealing surface or nut that would render the nut unusable appear.

11.4 Re-use of components

Parts that pass this test shall not be tested further, used for actual service or returned to stock.

12 Vibration test

12.1 Principle

Unless otherwise specified in the respective connector standard, six test assemblies as shown in 12.2 shall be tested to confirm that the connector is able to withstand the specified vibration without leakage or component failure. For flange assemblies of DN 51 and larger and connectors for tube OD sizes 50 mm and larger, the testing of three test assemblies shall be sufficient if the design has been verified through calculation or finite element analysis.

12.2 Procedure

12.2.1 Conduct the vibration test in accordance with the requirements of Table 9 and as described in 12.2.2 to 12.2.7.

Table 9 — Parameters and procedures for the vibration test

Test parameter	Value of parameter and procedure
Test medium	Hydraulic fluid in accordance with ISO 6743-4, e.g. HM, with a viscosity of ISO VG 32, in accordance with ISO 3448, or water. The test medium shall be recorded in the test report.
Test pressure	Working pressure of the tube selected.
Bending-test stress level	25 % of the minimum yield strength of the tube ^a .
Test vibration frequency	10 Hz to 50 Hz.
Test duration	Minimum of 10 000 000 (10 ⁷) vibration cycles.
Pass/fail criterion	Any leakage or failure of any component prior to 10 000 000 cycles shall be considered a failure.

^a The use of tubes with minimum yield strength greater than 235 MPa requires that the dynamic capability of the tube be taken into consideration when determining the stress level used in the test.

12.2.2 Prepare the test assembly as shown in Figure 7. The strain gauge shall be installed at the location specified in Figure 7. The minimum gauge length, L , shall be in accordance with Table 10.

12.2.3 Install the test assembly in a test fixture that provides either rotary or axial (planar) vibration, as shown in Figure 7.

12.2.4 Pressurize the test assembly to the working pressure of the tube.

12.2.5 Apply a bending load to the end of the tube opposite to the strain gauge until the combined axial stress is 25 % of the minimum yield strength of the tube.

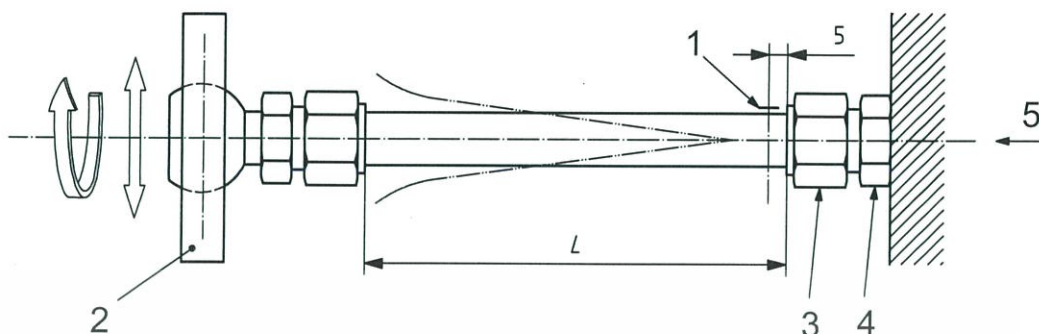
NOTE The use of tubes with minimum yield strength greater than 235 MPa requires that the dynamic capability of the tube be taken into consideration when determining the stress level used in the test.

Table 10 — Minimum gauge lengths for vibration tests

Dimensions in millimetres

Tube outside diameter, X	Minimum gauge length, L
$X \leq 20$	250
$20 < X \leq 50$	250 or $8X$, whichever is greater
$X > 50$	400 or $8X$, whichever is greater

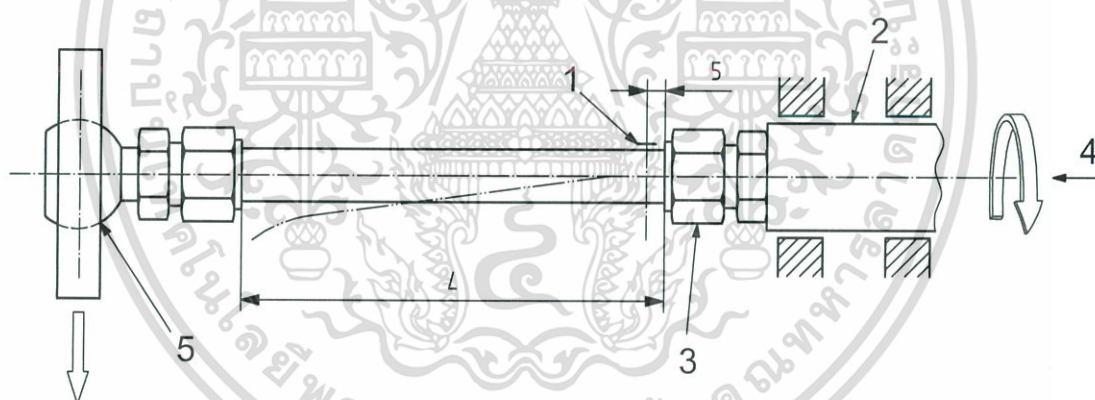
Dimensions in millimetres



Key

- 1 strain gauge
- 2 driven end
- 3 test assembly
- 4 fixed end
- 5 hydraulic fluid or water supply

a) Rotary or planar vibration test assembly and setup



Key

- 1 strain gauge
- 2 driven end
- 3 test assembly
- 4 hydraulic fluid or water supply
- 5 location of load application

b) Optional rotary vibration test assembly and setup

Figure 7 — Vibration test assemblies and setups

12.2.6 Submit the test assembly to vibration of 10 Hz to 50 Hz until failure or 10 000 000 cycles, whichever occurs first.

12.2.7 If failure occurs before the test sample reaches 10 000 000 cycles, record the number of cycles reached and type of failure.

12.3 Re-use of components

Parts that pass this test shall not be tested further, nor used for actual service or returned to stock.

13 Cyclic endurance (impulse) test with vibration

13.1 Principle

Unless otherwise specified in the respective connector standard, three assemblies in accordance with Figure 8 shall be tested to confirm that they pass, without leakage or component failure, a cyclic endurance test at 133 % of working pressure for 500 000 cycles, while simultaneously being subjected to vibration. For flange assemblies of DN 51 and larger and connectors for tube OD sizes 50 mm and larger, the testing of three test assemblies shall be sufficient if the design has been verified through calculation or finite element analysis.

13.2 Procedure

13.2.1 Conduct the cyclic endurance (impulse) test with vibration in accordance with the requirements of Table 11 and Figure 8.

Table 11 — Parameters and procedures for the cyclic endurance (impulse) test with vibration

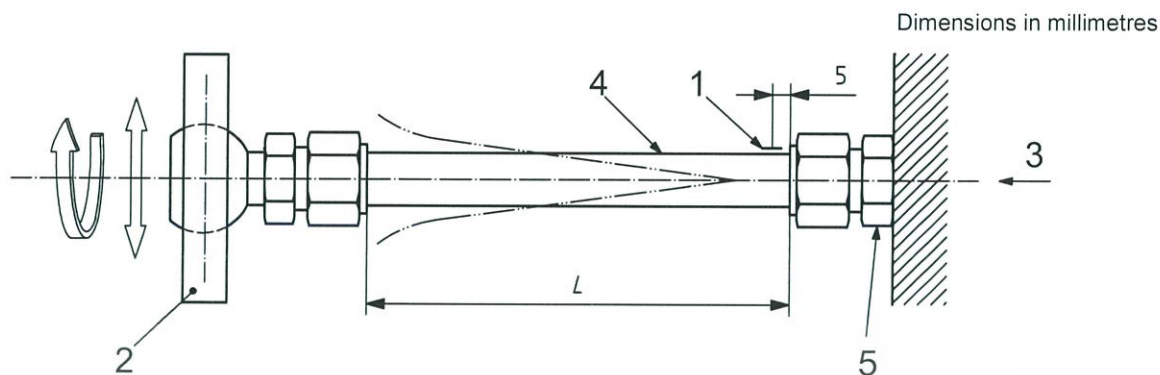
Test parameter	Value of parameter and procedure
Test medium	Hydraulic fluid in accordance with ISO 6743-4, e.g. HM, with a viscosity of ISO VG 32, in accordance with ISO 3448, or water. The test medium shall be recorded in the test report.
Test pressure	Test pressure shall conform to the waveform specified in ISO 6605 with peak pressure of 133 % of working pressure, with an impulse frequency of 0,5 Hz to 1,25 Hz.
Bending-test stress level	25 % of the minimum yield strength of the tube ^a .
Test vibration frequency	× 20 the impulse frequency.
Test duration	Minimum of 500 000 pressure-impulse cycles.
Pass/fail criterion	None of the test assemblies shall leak or fail during the test.

^a The use of tubes with minimum yield strength greater than 235 MPa requires that the dynamic capability of the tube be taken into consideration when determining the stress level used in the test.

13.2.2 Prepare the test assembly as shown in Figure 8. The strain gauge shall be installed at the location specified in Figure 8. The minimum gauge length, *L*, shall be in accordance with Table 10.

13.3 Re-use of components

Parts that pass this test shall not be tested further, nor used for actual service or returned to stock.

**Key**

- 1 strain gauge
- 2 driven end
- 3 supply of hydraulic fluid or water
- 4 test assembly
- 5 fixed end

Figure 8 — Cyclic endurance (impulse) test with vibration test assembly and setup

14 Identification statement (Reference to this International Standard)

It is strongly recommended to manufacturers who have chosen to conform to this International Standard that the following statement be used in test reports, catalogues and sales literature:

“Test methods for metallic tube connections conform to ISO 19879:2005, *Metallic tube connections for fluid power and general use — Test methods for hydraulic fluid power connections*”.

Annex A
(normative)

Test data form

Specifications for connection being tested:					
ISO standard			Material type		
Manufacturer			Test facility		
Stud end:	Type:		Size:		Sealing type:
Connector end:	Type:		Size:		Sealing type:
Repeated assembly and leakage test results: minimum number of samples tested = 3 (see Clauses 5 and 6)					
Sample No.	Torque (N·m) or number of turns	Test medium	Type of failure		
			Repeated assembly	Leakage test	Proof test
After first assembly					
1					
2					
3					
After sixth reassembly					
1					
2					
3					
Proof pressure test results: minimum number of samples tested = 3 (see Clause 7)					
Sample No.	Torque (N·m) or number of turns	Test medium	Test pressure	Type of failure	
1			MPa		
2			MPa		
3			MPa		
Burst test results: minimum number of samples tested = 3 (see Clause 8)					
Sample No.	Torque (N·m) or number of turns	Test medium	Test pressure	Type of failure	
1			MPa	MPa	
2			MPa	MPa	
3			MPa	MPa	

Cyclic endurance test results: minimum number of samples tested = 6 (see Clause 9)					
Sample No.	Torque (N·m) or number of turns	Test medium	Number of test cycles	Number of cycles at failure	Type of failure
1					
2					
3					
4					
5					
6					
Vacuum test results: minimum number of samples tested = 2 (see Clause 10)					
Sample No.	Torque (N·m) or number of turns	Absolute pressure	Type of failure		
1		kPa			
2		kPa			
Overtightening test results: minimum number of samples tested = 6 (see Clause 11)					
Nut type	Torque (N·m) or number of turns		Type of failure		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
Vibration test results: minimum number of samples tested = 6 (see Clause 12)					
Sample No.	Test pressure	Combined axial stress	Number of test cycles	Number of cycles at failure	Type of failure
1	MPa				
2	MPa				
3	MPa				
4	MPa				
5	MPa				
6	MPa				

Cyclic endurance (impulse) test with vibration results: minimum number of samples tested = 3 or 6 (see Clause 13)								
Sample No.	Torque (N·m) or number of turns	Test medium	Impulse pressure	Combined axial stress	Number of test cycles	Number of cycles at failure		Type of failure
						Impulse	Vibration	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
Conclusions: Pass/fail, with reason for failure 								
Dimensions (list any exceptions): 								
Name (printed/typed) and signature of person certifying report: 								
Date: 								



Bibliography

- [1] ISO 1179-2, *Connections for general use and fluid power — Ports and stud ends with ISO 228-1 threads with elastomeric or metal-to-metal sealing — Part 2: Heavy-duty (S series) and light-duty (L series) stud ends with elastomeric sealing (type E)*
- [2] ISO 1179-3, *Connections for general use and fluid power — Ports and stud ends with ISO 228-1 threads with elastomeric or metal-to-metal sealing — Part 3: Light-duty (L series) stud ends with sealing by O-ring with retaining ring (types G and H)*
- [3] ISO 1179-4, *Connections for general use and fluid power — Ports and stud ends with ISO 228-1 threads with elastomeric or metal-to-metal sealing — Part 4: Stud ends for general use only with metal-to-metal sealing (type B)*
- [4] ISO 6149-2, *Connections for hydraulic fluid power and general use — Ports and stud ends with ISO 261 metric threads and O-ring sealing — Part 2: Dimensions, design, test methods and requirements for heavy-duty (S series) stud ends*
- [5] ISO 6149-3, *Connections for hydraulic fluid power and general use — Ports and stud ends with ISO 261 threads and O-ring sealing — Part 3: Dimensions, design, test methods and requirements for light-duty (L series) stud ends*
- [6] ISO 6162-1, *Hydraulic fluid power — Flange connectors with split or one-piece flange clamps and metric or inch screws — Part 1: Flange connectors for use at pressures of 3,5 MPa (35 bar) to 35 MPa (350 bar), DN 13 to DN 127*
- [7] ISO 6162-2, *Hydraulic fluid power — Flange connectors with split or one-piece flange clamps and metric or inch screws — Part 2: Flange connectors for use at pressures of 35 MPa (350 bar) to 40 MPa (400 bar), DN 13 to DN 51*
- [8] ISO 6164, *Hydraulic fluid power — Four-screw, one-piece square-flange connections for use at pressures of 25 MPa and 40 MPa (250 bar and 400 bar)*
- [9] ISO 7241-2, *Hydraulic fluid power — Quick-action couplings — Part 2: Test methods*
- [10] ISO 8434-1, *Metallic tube connections for fluid power and general use — Part 1: 24 degree cone connectors*
- [11] ISO 8434-2, *Metallic tube connections for fluid power and general use — Part 2: 37 degree flared connectors*
- [12] ISO 8434-3, *Metallic tube connections for fluid power and general use — Part 3: O-ring face seal connectors*
- [13] ISO 9974-2, *Connections for general use and fluid power — Ports and stud ends with ISO 261 threads with elastomeric or metal-to-metal sealing — Part 2: Stud ends with elastomeric sealing (type E)*
- [14] ISO 9974-3, *Connections for general use and fluid power — Ports and stud ends with ISO 261 threads with elastomeric or metal-to-metal sealing — Part 3: Stud ends with metal-to-metal sealing (type B)*
- [15] ISO/TR 11340, *Rubber and rubber products — Hydraulic hose assemblies — External leakage classification for hydraulic systems*

- [16] ISO 11926-2, *Connections for general use and fluid power — Ports and stud ends with ISO 263 inch threads and O-ring sealing — Part 2: Heavy-duty (S series) stud ends*¹⁾
- [17] ISO 11926-3, *Connections for general use and fluid power — Ports and stud ends with ISO 263 inch threads and O-ring sealing — Part 3: Light duty (L series) stud ends*²⁾



1) To be published. (Revision of ISO 11926-2:1995)

2) To be published. (Revision of ISO 11926-3:1995)



ICS 23.040.60; 23.100.40

Price based on 20 pages

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้