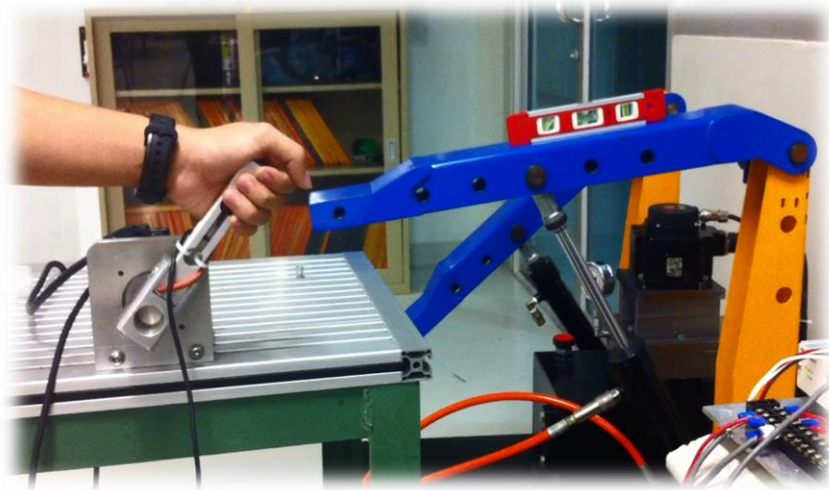


ภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ โดยนำมาพล็อตเป็นกราฟ โดยการทดลองโดยเราจะทำการใช้โหลด 500 นิวตัน 1000 นิวตัน 1500 นิวตัน และความดันของระบบไม่เกิน 40 บาร์ จะเปรียบเทียบกัน ระหว่าง การทดลองแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ และแบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์



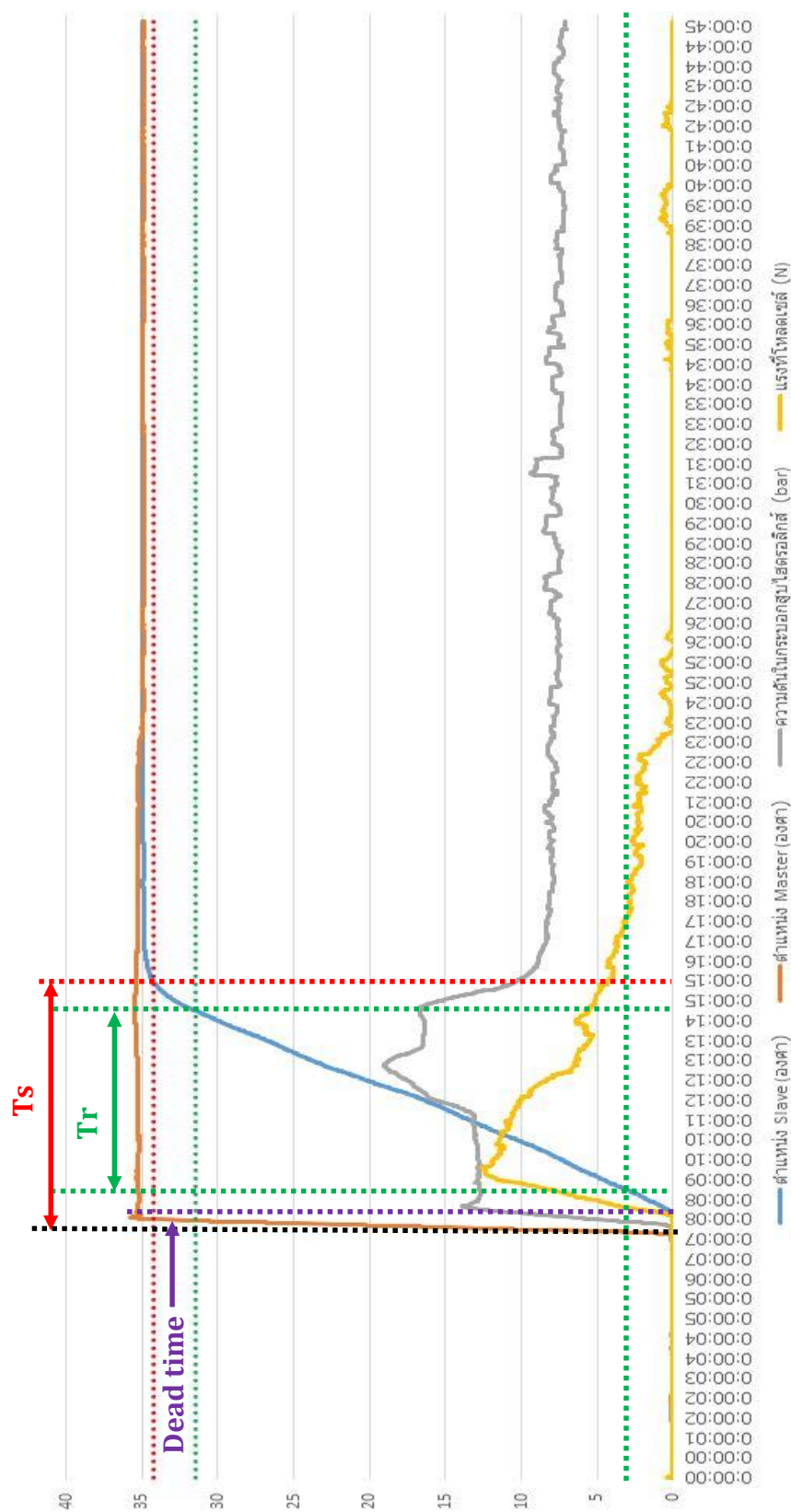
ภาพที่ 4-1 การทดลองแบบแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master เกิดจากองค์ที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4-2 โหลดที่ใช้ในการทดลอง

4.1.1 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 500 นิวตัน

4.1.1.1 แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-3 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 500 นิวตัน
แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ (แบบ P-P)

จากภาพที่ 4-3 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 500 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเขียว เป็นเส้นแสดงค่าแรงที่ Load Cell วัดได้

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะยังไม่ขยับในทันทีเลย จะเห็นว่าเวลาผ่านไป 0.6 วินาที ชุด Slave ถึงมีการขยับตามชุด Master ทั้งนี้ เพราะไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดความต่างขององศาระหว่างชุด Master และชุด Slave แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างระหว่างองศาของชุด Master และชุด Slave ยิ่งมีองศาที่ต่างกันมากเท่าไรแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น ก็จะมีมากขึ้นเท่านั้น ส่วนแรงที่ป้อนกลับที่เกิดขึ้นกับชุด Master จะสังเกตเห็นว่าเมื่อชุด Master และชุด Slave มีองศาที่ต่างกันมากเท่าไร ก็จะมีแรงป้อนกลับมายังชุด Master มากเท่านั้น

จากภาพที่ 4-3 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 500 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆมาใส่ในตารางที่ 4-1 ดังนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 500 นิวตันแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-P)

การทดลองแบบ (P-P) แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\Sigma \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลด 500 นิวตัน	6.15	8	3.06967	0.6

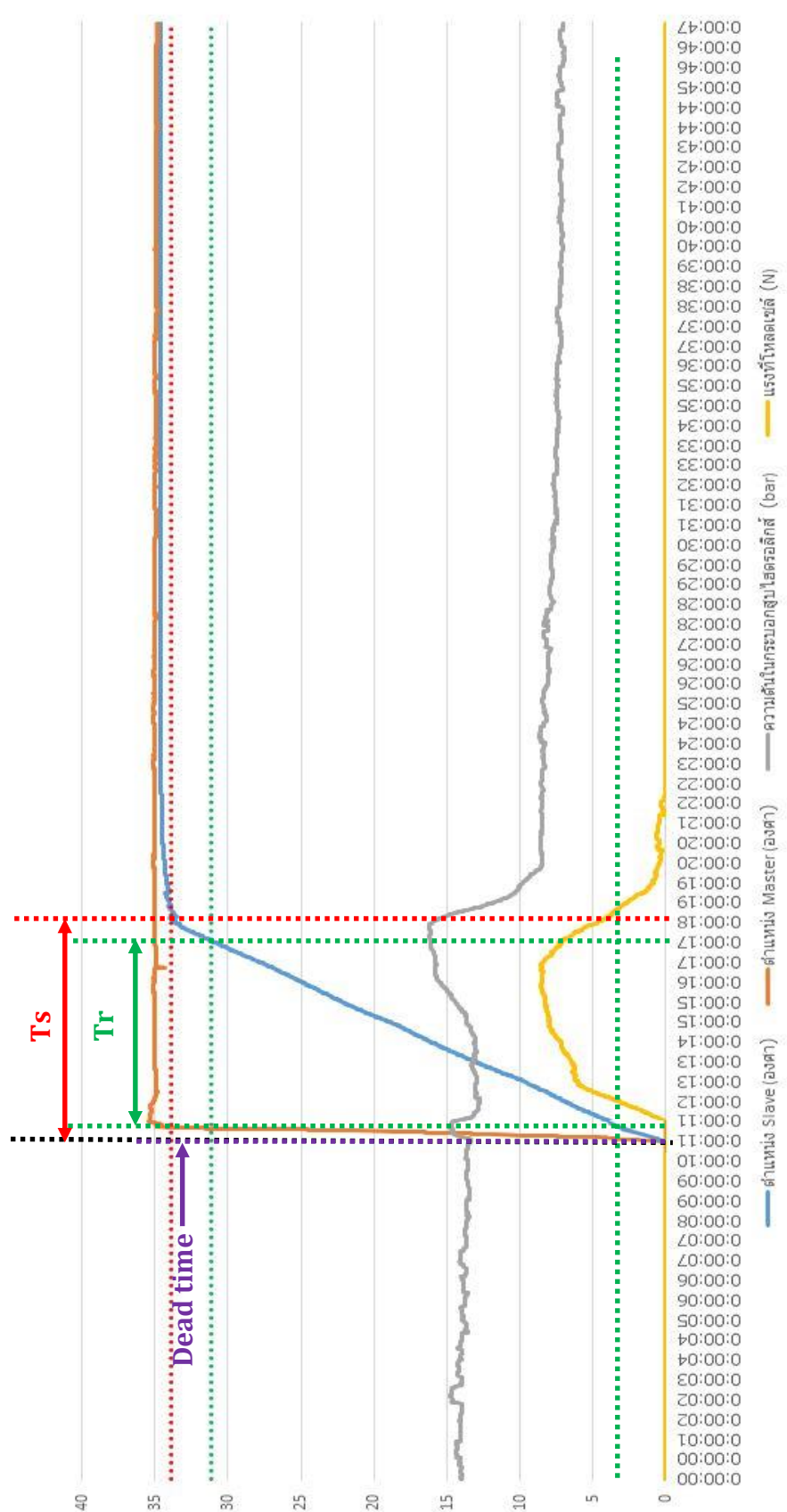
T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนองมีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\Sigma|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้น หรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

4.1.1.2 แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-4 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 500 นิวตัน
แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ (แบบ P-P)

จากภาพที่ 4-4 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเขียว เป็นเส้นแสดงค่าแรงที่ Load Cell วัดได้

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะขยับเกือบพร้อมชุด Master ในทันที ทั้งนี้เพราะมีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์คือ มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพื่อชดเชยในส่วนองศาของแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ขึ้น เพื่อให้เกิดความดันในการชนะแรงเสียดทานซึ่งจะจ่ายให้ในตอนเริ่มต้นเท่านั้น จะสังเกตได้ว่าการทดลองแบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานนั้น จะมีความดันในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์มาอยู่ก่อนแล้ว ทำให้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงองศาของชุด Master แล้วชุด Slave จะเคลื่อนที่ไวกว่าแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดความต่างขององศาระหว่างชุด Master และชุด Slave แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างระหว่างองศาของชุด Master และชุด Slave ยิ่งมีองศาที่ต่างกันมากเท่าไรแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น ก็จะมากขึ้นเท่านั้น ส่วนแรงที่ป้อนกลับที่เกิดขึ้นกับชุด Master จะสังเกตเห็นว่าเมื่อชุด Master และชุด Slave มีองศาที่ต่างกันมากเท่าไรก็จะมีแรงป้อนกลับมายังชุด Master มากเท่านั้น

จากภาพที่ 4-4 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆมาใส่ในตารางที่ 4-2 ดังนี้

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-P)

การทดลองแบบ (P-P) แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\Sigma \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลดหนัก 500 นิวตัน	6	7.3	3.022551	0

T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

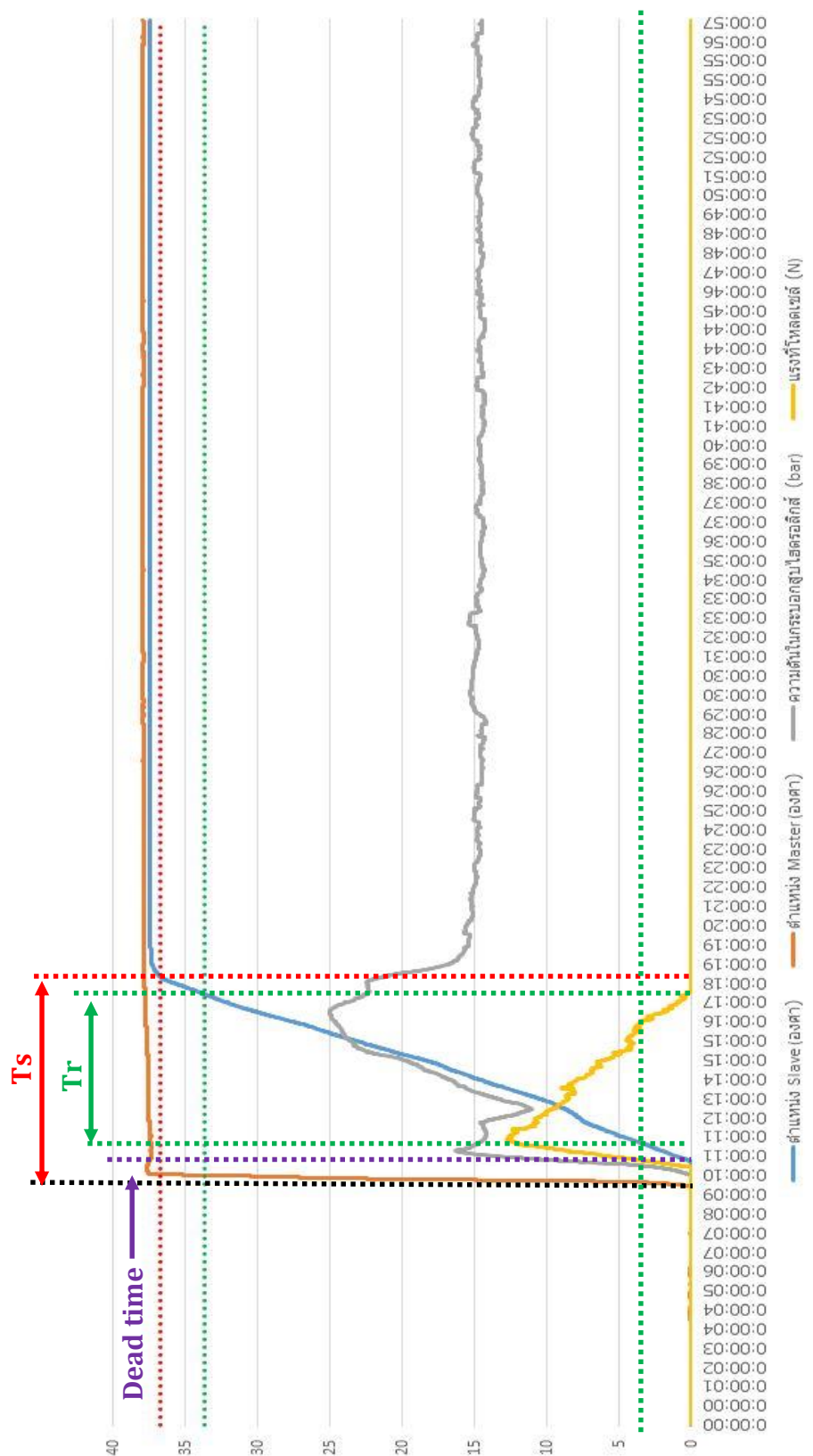
T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนอง มีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\Sigma|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้น หรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

4.1.2 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน

4.1.2.1 แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-5 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน

แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ (แบบ P-P)

จากภาพที่ 4-5 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าของกระบอกลูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเขียว เป็นเส้นแสดงค่าแรงที่ Load Cell วัดได้

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะยังไม่ขยับในทันทีเลย จะเห็นว่าเวลาผ่านไป 1.4 วินาที ชุด Slave ถึงมีการขยับตามชุด Master ทั้งนี้ เพราะไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดความต่างขององศาระหว่างชุด Master และชุด Slave แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างระหว่างองศาของชุด Master และชุด Slave ยิ่งมีองศาที่ต่างกันมากเท่าไรแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น ก็จะมากขึ้นเท่านั้น ส่วนแรงที่ป้อนกลับที่เกิดขึ้นกับชุด Master จะสังเกตเห็นว่าเมื่อชุด Master และชุด Slave มีองศาที่ต่างกันมากเท่าไร ก็จะมีแรงป้อนกลับมายังชุด Master มากเท่านั้น

จากภาพที่ 4-5 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-3 ดังนี้

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-P)

การทดลองแบบ (P-P) แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\Sigma \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลด 1000 นิวตัน	6.2	9.1	4.263239	1.4

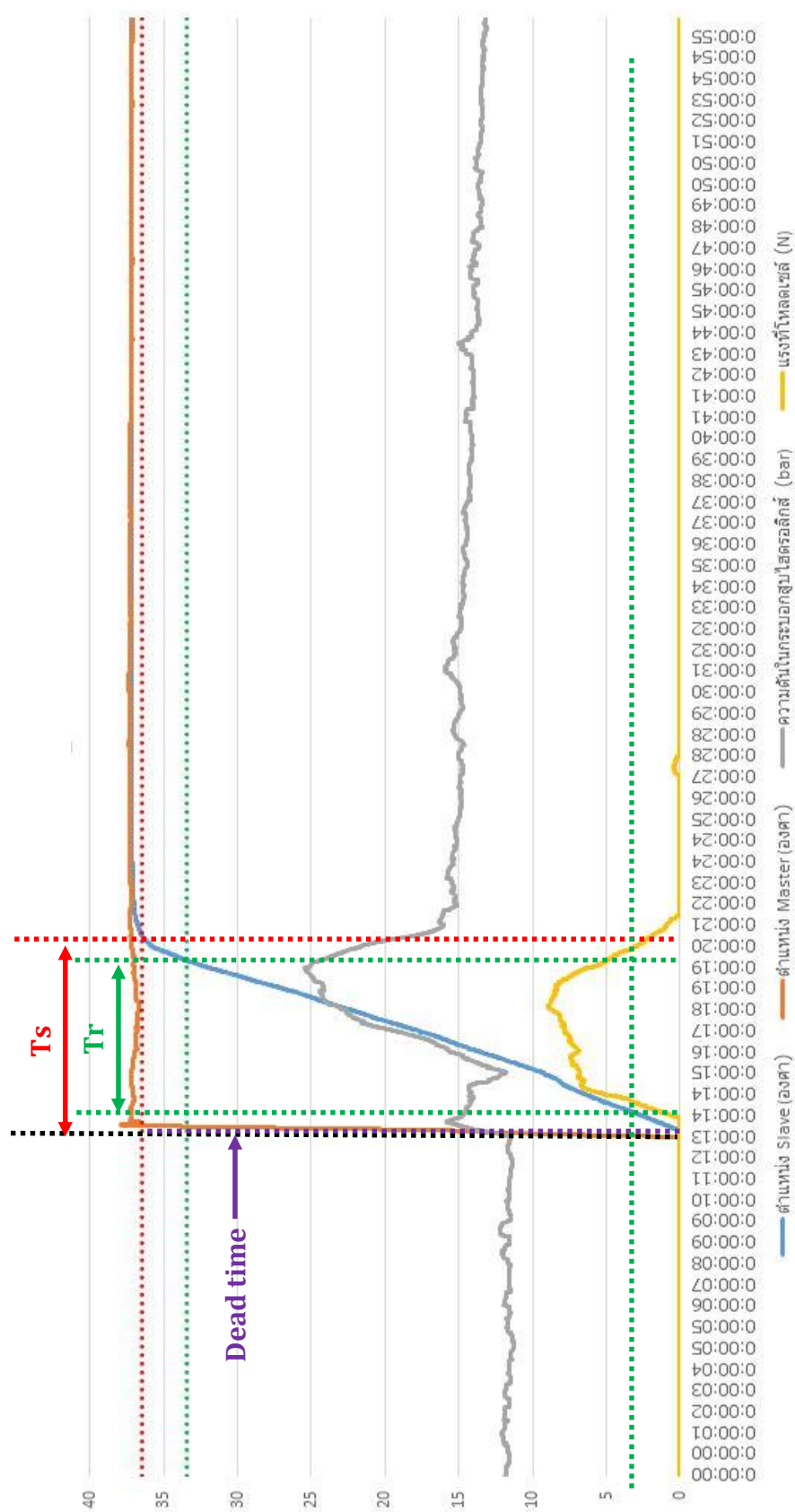
T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนองมีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\Sigma|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้น หรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

4.1.2.2 แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในระบบกลุ่มไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-6 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน
แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในระบบกลุ่มไฮดรอลิกส์ (แบบ P-P)

จากภาพที่ 4-6 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเขียว เป็นเส้นแสดงค่าแรงที่ Load Cell วัดได้

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วตัว Slave นั้นจะขยับเกือบพร้อมชุด Master ในทันที ทั้งนี้เพราะมีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์คือ มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพื่อชดเชยในส่วนองศาของแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ขึ้น เพื่อให้เกิดความดันในการชนะแรงเสียดทานซึ่งจะจ่ายให้ในตอนเริ่มต้นเท่านั้น จะสังเกตได้ว่าการทดลองแบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานนั้น จะมีความดันในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์มาอยู่ก่อนแล้ว ทำให้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงองศาของชุด Master แล้วชุด Slave จะเคลื่อนที่ไวกว่าแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดความต่างขององศาระหว่างชุด Master และชุด Slave แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างระหว่างองศาของชุด Master และชุด Slave ยิ่งมีองศาที่ต่างกันมากเท่าไรแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น ก็จะมากขึ้นเท่านั้น ส่วนแรงที่ป้อนกลับที่เกิดขึ้นกับชุด Master จะสังเกตเห็นว่าเมื่อชุด Master และชุด Slave มีองศาที่ต่างกันมากเท่าไรก็จะมีแรงป้อนกลับมายังชุด Master มากเท่านั้น

จากภาพที่ 4-6 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-4 ดังนี้

ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-P)

การทดลองแบบ (P-P) แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\Sigma \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลด 1000 นิวตัน	5.6	7.2	3.198344	0

T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

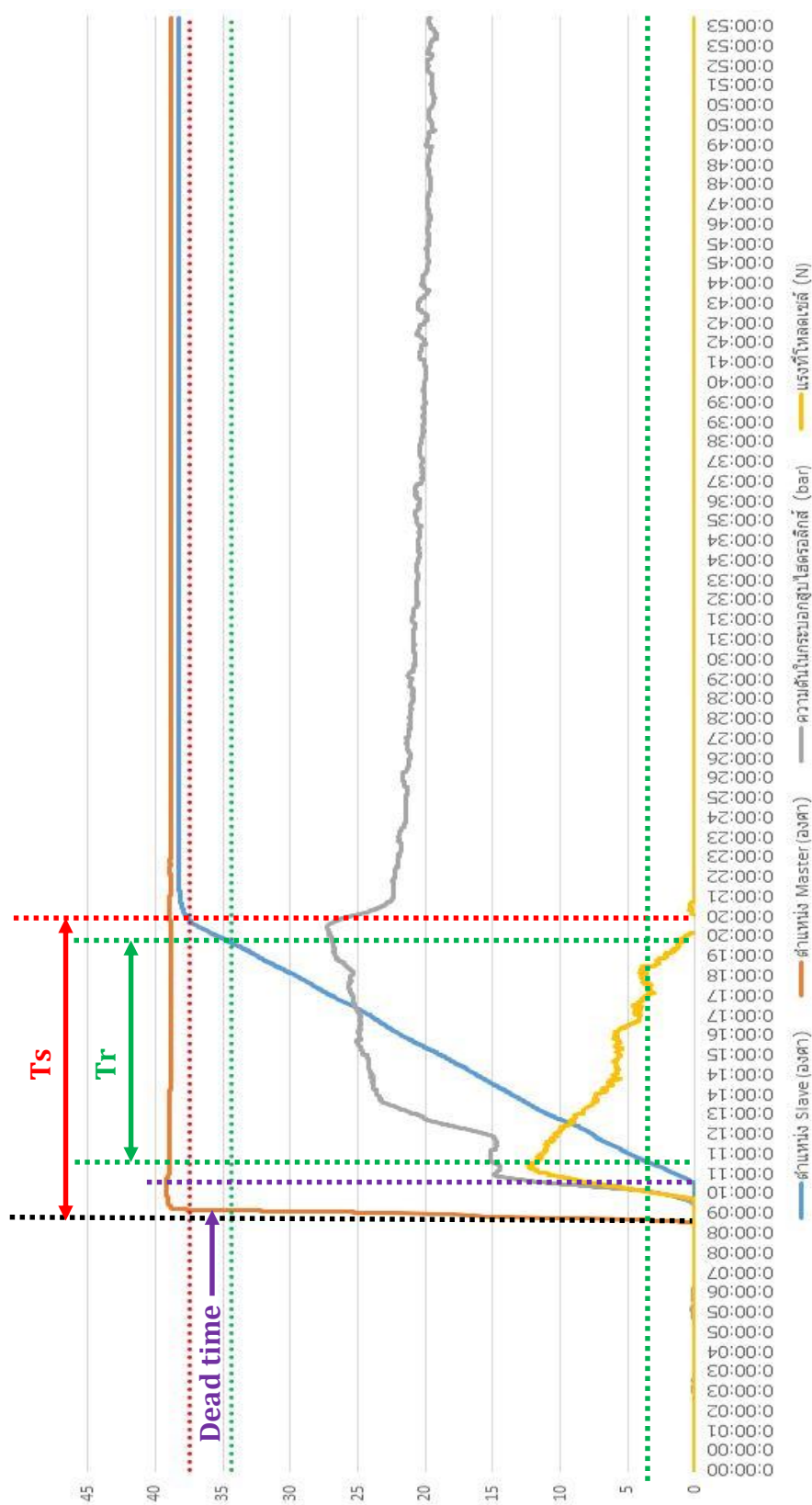
T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนอง มีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\Sigma|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้น หรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

4.1.3 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน

4.1.3.1 แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-7 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน
แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ (แบบ P-P)

จากภาพที่ 4-7 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1500 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเขียว เป็นเส้นแสดงค่าแรงที่ Load Cell วัดได้

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะยังไม่ขยับในทันทีเลย จะเห็นว่าเวลาผ่านไป 1.7 วินาที ชุด Slave ถึงมีการขยับตามชุด Master ทั้งนี้ เพราะไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดความต่างขององศาระหว่างชุด Master และชุด Slave แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างระหว่างองศาของชุด Master และชุด Slave ยิ่งมีองศาที่ต่างกันมากเท่าไรแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น ก็จะมากขึ้นเท่านั้น ส่วนแรงที่ป้อนกลับที่เกิดขึ้นกับชุด Master จะสังเกตเห็นว่าเมื่อชุด Master และชุด Slave มีองศาที่ต่างกันมากเท่าไรก็จะมีแรงป้อนกลับมายังชุด Master มากเท่านั้น

จากภาพที่ 4-7 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1500 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-5 ดังนี้

ตารางที่ 4-5 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-P)

การทดลองแบบ (P-P) แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\Sigma \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลด 1500 นิวตัน	8.65	11.7	5.651423	1.7

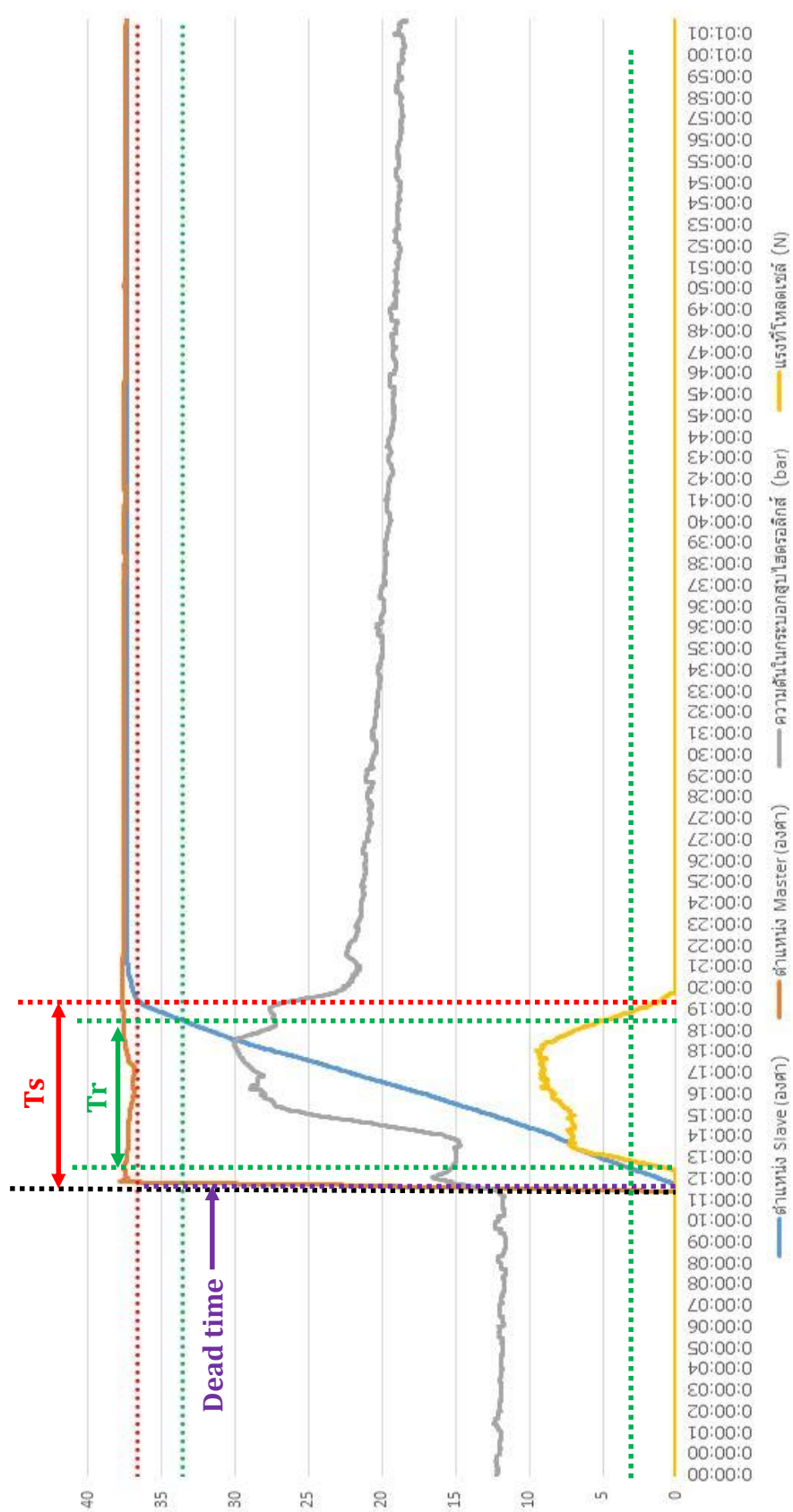
T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนองมีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\Sigma|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้น หรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

4.1.3.2 แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-8 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน
แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ (แบบ P-P)

จากภาพที่ 4-8 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเขียว เป็นเส้นแสดงค่าแรงที่ Load Cell วัดได้

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะขยับเกือบพร้อมชุด Master ในทันที ทั้งนี้เพราะมีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์คือ มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพื่อชดเชยในส่วนองศาของแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ขึ้น เพื่อให้เกิดความดันในการชนะแรงเสียดทานซึ่งจะจ่ายให้ในตอนเริ่มต้นเท่านั้น จะสังเกตได้ว่าการทดลองแบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานนั้น จะมีความดันในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์มาอยู่ก่อนแล้ว ทำให้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงองศาของชุด Master แล้วชุด Slave จะเคลื่อนที่ไวกว่าแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ว่าเมื่อเกิดความต่างขององศาระหว่างชุด Master และชุด Slave แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างระหว่างองศาของชุด Master และชุด Slave ยิ่งมีองศาที่ต่างกันมากเท่าไรแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กระบอกลูบไฮดรอลิกส์เคลื่อนที่นั้น ก็จะมากขึ้นเท่านั้น ส่วนแรงที่ป้อนกลับที่เกิดขึ้นกับชุด Master จะสังเกตเห็นว่าเมื่อชุด Master และชุด Slave มีองศาที่ต่างกันมากเท่าไรก็จะมีแรงป้อนกลับมายังชุด Master มากเท่านั้น

จากภาพที่ 4-8 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-6 ดังนี้

ตารางที่ 4-6 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1500 นิวตันแบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-P)

การทดลองแบบ (P-P) แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\Sigma \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลด 1500 นิวตัน	6.2	8.2	3.515352	0.2

T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

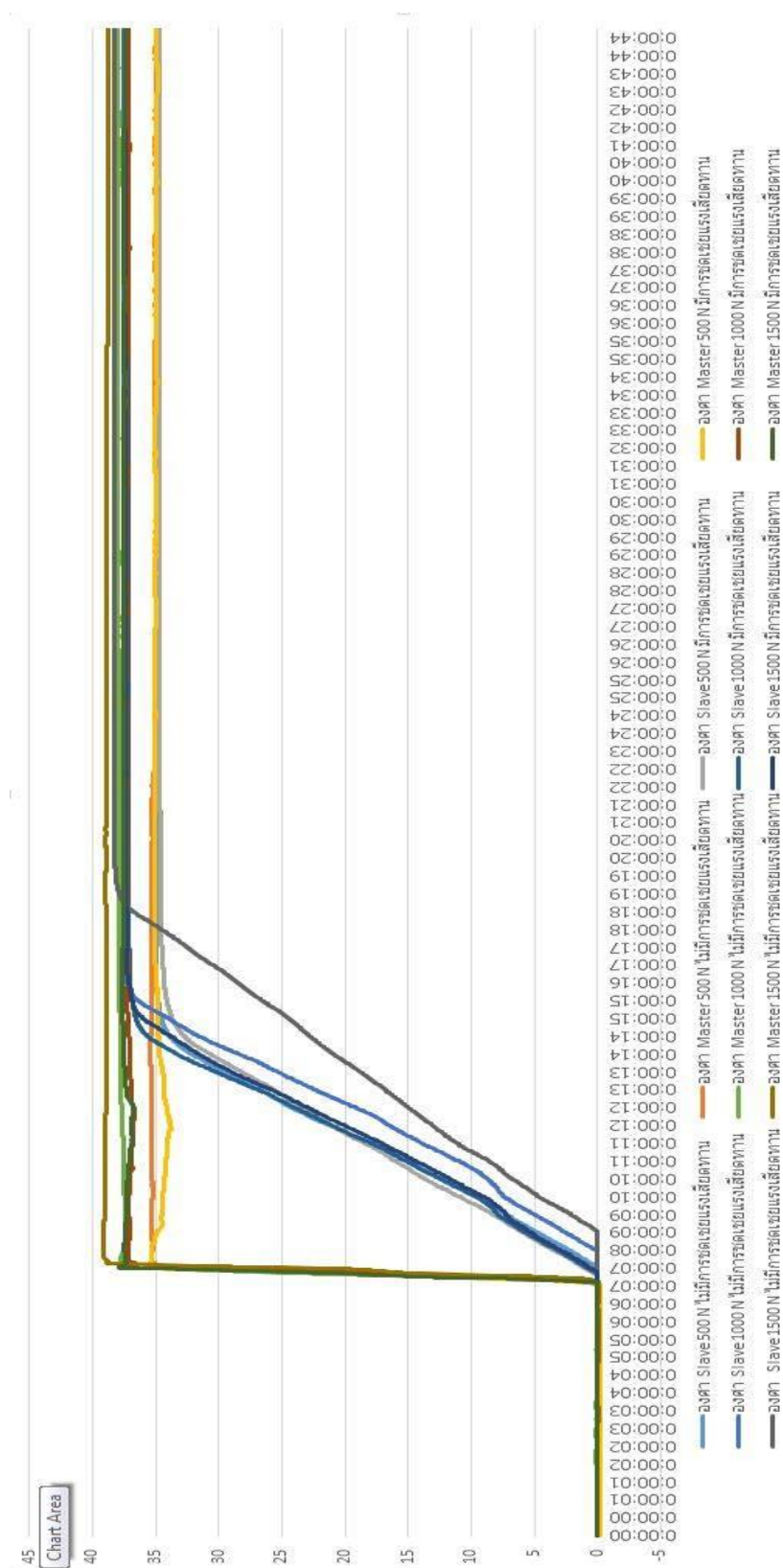
T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนอง มีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\Sigma|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้น หรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

4.1.4 ผลการเปรียบเทียบที่โหลดหนัก 500, 1000, 1500 นิวตัน

4.1.4.1 เปรียบเทียบองค์ประกอบของชุด Master กับชุด Slave



ภาพที่ 4-9 กราฟการเปรียบเทียบองค์ประกอบชุด Master กับชุด Slave ทดลองที่โหลดหนัก 500, 1000, 1500 นิวตัน
แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานและมีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ (แบบ P-P)

จากภาพที่ 4-9 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 500, 1000, 1500 นิวตัน โดยการทดลองแบบส่งตำแหน่งไป – ส่งตำแหน่งกลับแบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ และแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-7 ดังนี้

ตารางที่ 4-7 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 500, 1000, 1500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ และแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-P)

การทดลองแบบ (P-P)	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\Sigma \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลด 500 นิวตัน				
- แบบไม่มีการชดเชยแรงเสียดทาน	6.15	8	3.06967	0.6
- แบบมีการชดเชยแรงเสียดทาน	6	7.3	3.022551	0
ที่โหลด 1000 นิวตัน				
- แบบไม่มีการชดเชยแรงเสียดทาน	6.2	9.1	4.263239	1.4
- แบบมีการชดเชยแรงเสียดทาน	5.6	7.2	3.198344	0
ที่โหลด 1500 นิวตัน				
- แบบไม่มีการชดเชยแรงเสียดทาน	8.65	11.7	5.651423	1.7
- แบบมีการชดเชยแรงเสียดทาน	6.2	8.2	3.515352	0.2

T_r	หมายถึง	ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย
T_s	หมายถึง	เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนอง มีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย
$\Sigma \text{Error} $	หมายถึง	เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุดMasterกับชุดSlave
Dead Time	หมายถึง	เป็นเวลาที่ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้น หรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

4.2 การทดลองแบบส่งตำแหน่งไปและส่งแรงกลับ (P-F)

ในการทดลองนี้จะทำการควบคุมชุด **Master** ไปยังตำแหน่งองศาใดๆ โดยชุด **Slave** ก็จะขยับตามไปที่ตำแหน่งองศาอื่นๆ เมื่อกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์เกิดการชน หรือรับน้ำหนักจากโหลดก็จะทำให้เกิดความดันภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์โดยเราจะใช้ความดันภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์นั้นมาควบคุมแรงบิดที่ชุด **Master** แล้วเราจะใช้โหลดเซลล์วัดแรงบิดนั้น แล้วนำค่าที่ได้จาก **Load Cell** แปลงเป็นน้ำหนักของโหลดโดยมีสัดส่วนต่อกัน และจะมีการเก็บข้อมูลการเคลื่อนที่ในแต่ละองศาของชุด **Master** กับชุด **Slave** แรงบิดที่ป้อนกลับมา แรงดันที่จ่ายให้กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ และความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ โดยนำมาพล็อตเป็นกราฟ โดยการทดลองโดยเราจะทำการใช้โหลด 500 นิวตัน 1000 นิวตัน และ 1500 นิวตัน และการทดลองแบบมี **Disturbance** ความดันของระบบไม่เกิน 40 บาร์ จะเปรียบเทียบกันระหว่าง การทดลองแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์และแบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์



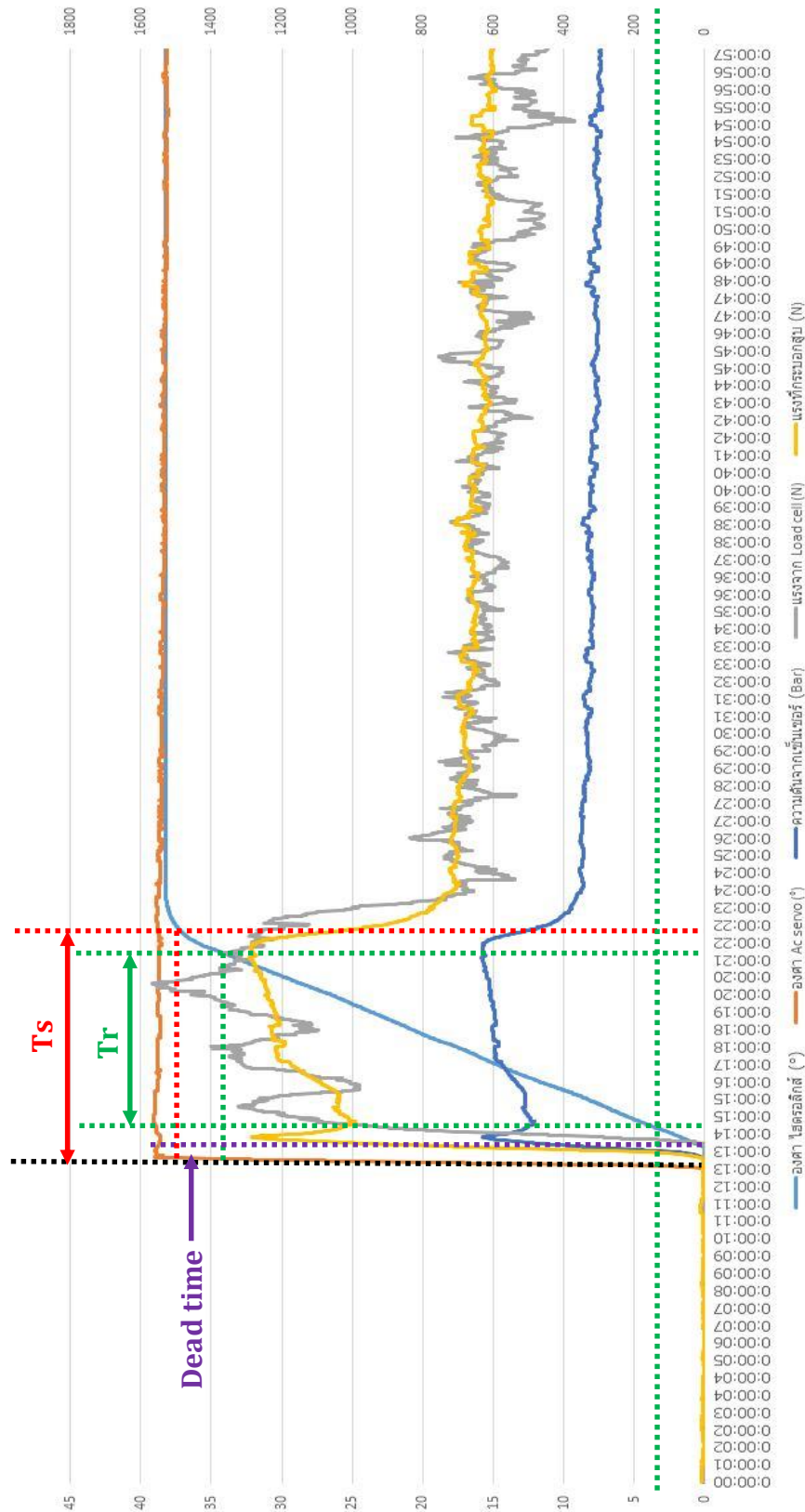
ภาพที่ 4-10 การทดลองแบบแรงที่ป้อนกลับมายังชุด **Master** เกิดจากความดันภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-11 ตัวอย่างโหลดที่ใช้ในการทดลอง

4.2.1 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 500 นิวตัน

4.2.1.1 แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-12 กราฟผลการทดลองที่โหลดหนัก 500 นิวตัน

แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ (แบบ P-F)

จากภาพที่ 4-12 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 500 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์หรือตัว Slave

เส้นสีเหลือง เป็นเส้นแสดงค่าน้ำหนักของโหลดหรือแรงที่กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีน้ำเงิน เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะยังไม่ขยับในทันทีเลย จะเห็นว่าเวลาผ่านไป 0.7 วินาที ชุด Slave ถึงมีการขยับตามชุด Master ทั้งนี้ เพราะไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ ส่วนความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ ยิ่งโหลดมีน้ำหนักมากเท่าไรความดันภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ก็จะสูงตามมากเท่านั้น ซึ่งเราจะนำความดันที่เกิดขึ้นนี้ไปควบคุมแรงบิดที่ชุด Master ซึ่งถ้าภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์มีความดันเยอะเท่าไรแรงบิดที่ชุด Master ก็จะเยอะมากเท่านั้น ส่วนค่าของแรงบิดที่ชุด Master เราจะทำการแปลงเป็นน้ำหนัก ซึ่งจะแปรผันตรงกับความดันภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ซึ่งน้ำหนักที่ออกมาจะมีหน่วยเป็น นิวตัน โดยการทดลองนี้จะทำให้เรารู้ค่าน้ำหนักของโหลดโดยจะมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

จากภาพที่ 4-12 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 500 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-8 ดังนี้

ตารางที่ 4-8 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 500 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

การทดลองแบบ (P-F) แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\sum Error $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลดหนัก 500 นิวตัน	6.9	9.4	4.507052	0.7

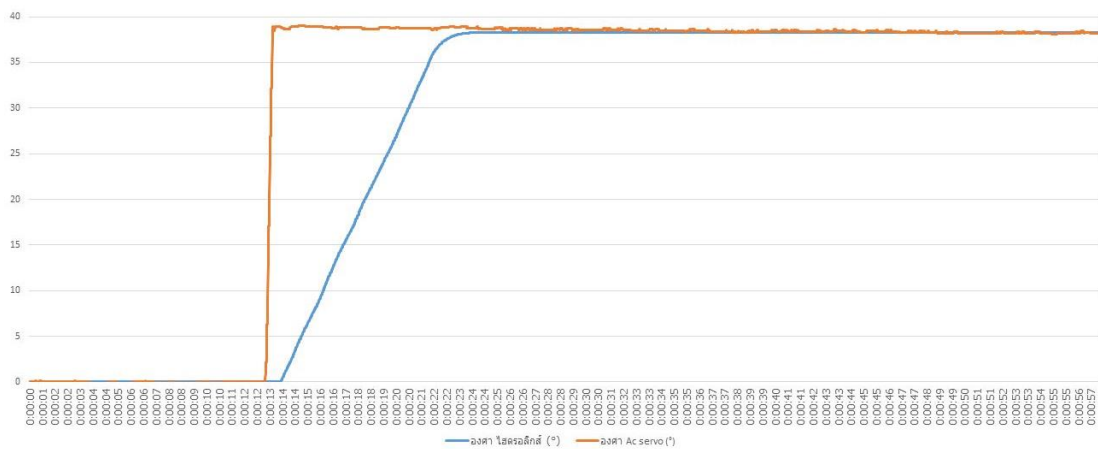
T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนองมีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\sum |Error|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้นหรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

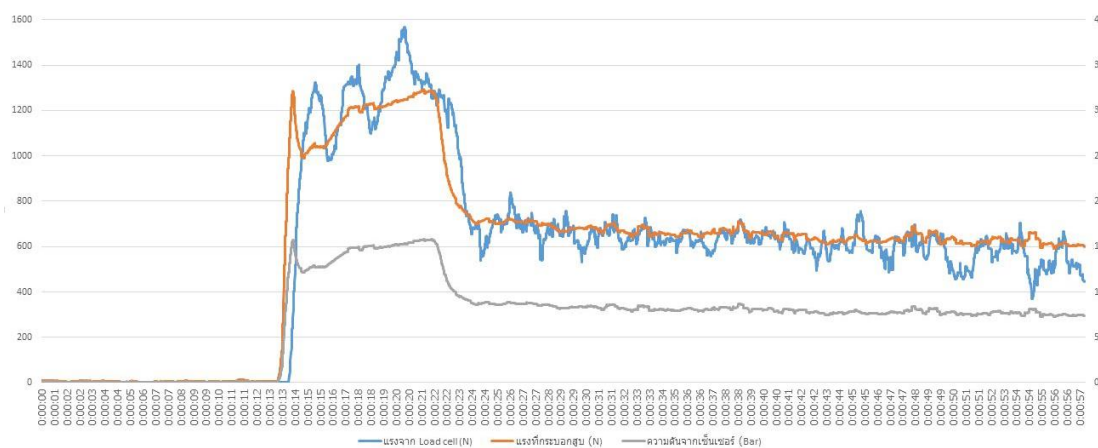
4.2.1.1.1 กราฟเปรียบเทียบองศาของชุด Master กับชุด Slave



ภาพที่ 4-13 กราฟแสดงองศาของชุด Master กับชุด Slave

จากภาพที่ 4-13 จะเป็นกราฟแสดงผลองศา ของชุด Master เปรียบเทียบกับองศาของชุด Slave จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเราโยกชุด Master ขึ้นชุด Slave ก็เคลื่อนที่ขึ้นช้ากว่าชุด Master ประมาณ 0.7 วินาที นั้นเพราะไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

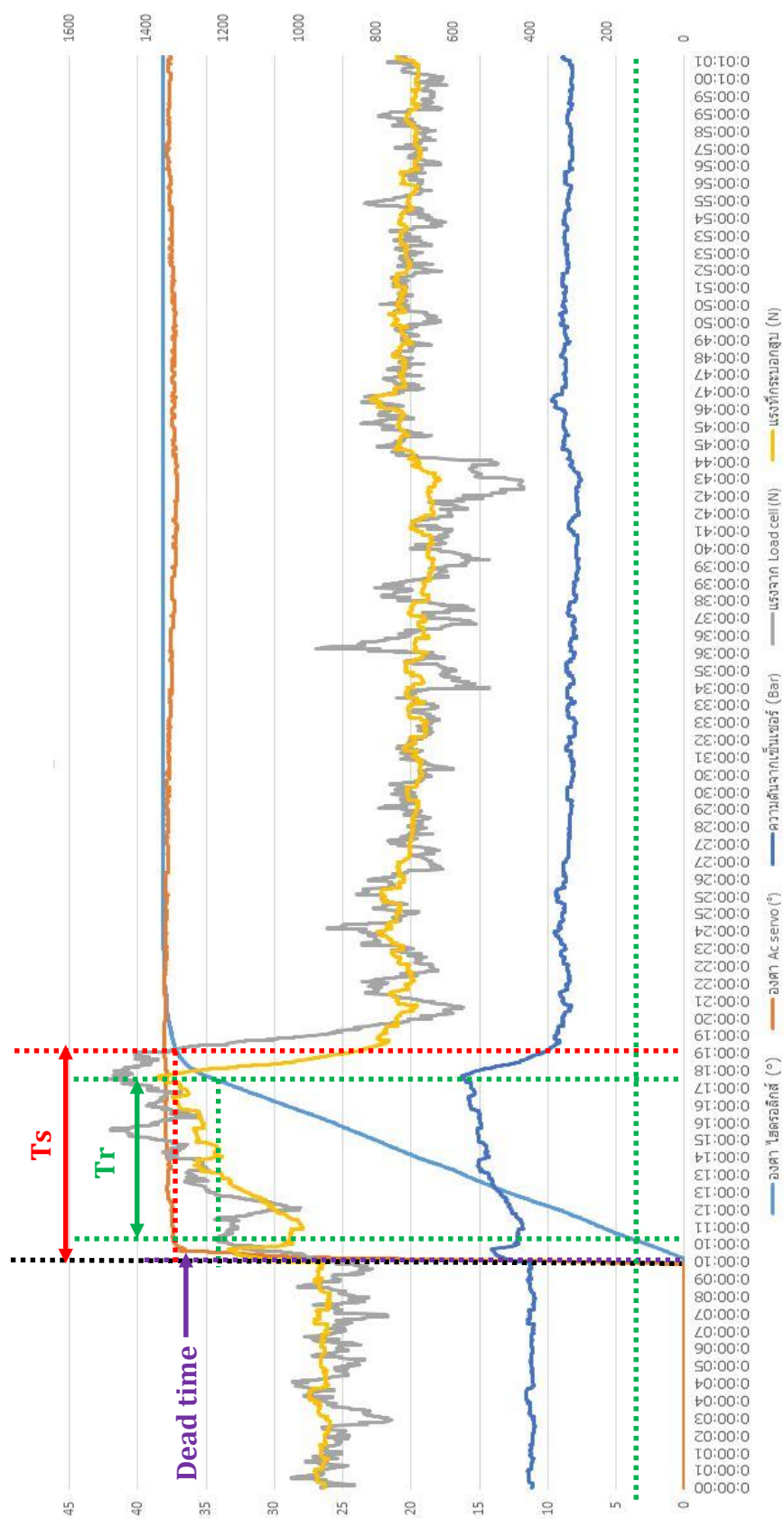
4.2.1.1.2 กราฟเปรียบเทียบแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลด



ภาพที่ 4-14 กราฟแสดงแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลดและความดันที่เกิดขึ้น

จากภาพที่ 4-14 จะเป็นกราฟแสดงผลของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master ในตอนเริ่มต้นจะไม่มี ความดันภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ เพราะเป็นแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าแรงที่ป้อนกลับมามีขนาดใกล้เคียงกับโหลดที่ใช้ในการทดลองโดยจะมีค่าความผิดพลาดของแรงที่ป้อนกลับมานิดหน่อย และแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master จะมีการแปรผันตรงกับ น้ำหนักของโหลด และความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.1.2 แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-15 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 500 นิวตัน
แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ (แบบ P-F)

จากภาพที่ 4-15 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเหลือง เป็นเส้นแสดงค่าน้ำหนักของโหลดหรือแรงที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีน้ำเงิน เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าของแรงที่ป้อนกลับมายังตัว Master

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆแล้วชุด Slave นั้นจะขยับเกือบพร้อมชุด Master ในทันทีเลยทั้งนี้เพราะมีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นว่าตอนเริ่มต้นจะมีความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์อยู่แล้วเพื่อชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ส่วนความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยิ่งโหลดมีน้ำหนักมากเท่าไร ความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ก็จะสูงตามมากเท่านั้น ซึ่งเราจะนำความดันที่เกิดขึ้นนี้ไปควบคุมแรงบิดที่ชุด Master ซึ่งถ้าภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์มีความดันเยอะเท่าไรแรงบิดที่ชุด Master ก็จะเยอะมากเท่านั้น ส่วนค่าของแรงบิดที่ชุด Master เราจะทำการแปลงเป็นน้ำหนัก ซึ่งจะแปรผันตรงกับความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ซึ่งน้ำหนักที่ออกมาจะมีหน่วยเป็น นิวตัน โดยการทดลองนี้จะทำให้เรารู้น้ำหนักของโหลดโดยจะมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

จากภาพที่ 4-15 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-9 ดังนี้

ตารางที่ 4-9 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

การทดลองแบบ (P-F) แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\sum \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลดหนัก 500 นิวตัน	6.8	9	4.056511	0

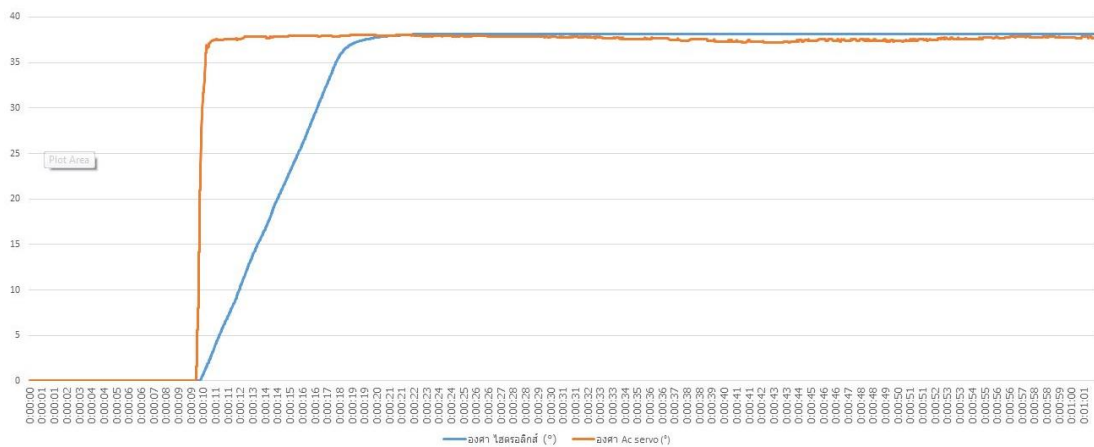
T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนองมีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\sum|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้นหรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

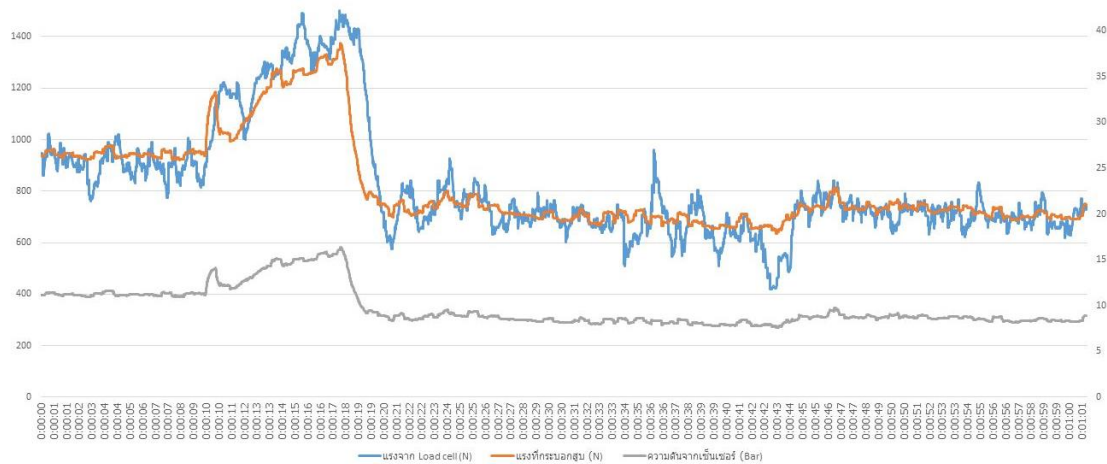
4.2.1.1.1 กราฟเปรียบเทียบองศาของชุด Master กับชุด Slave



ภาพที่ 4-16 กราฟแสดงองศาของชุด Master กับชุด Slave

จากภาพที่ 4-16 จะเป็นกราฟแสดงผลองศา ของชุด Master เปรียบเทียบกับองศาของชุด Slave จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเราโยกชุด Master ขึ้นชุด Slave ก็เคลื่อนที่ขึ้นเกือบพร้อมชุด Master ในทันทีเลย นั่นเพราะมีการชดเชยแรงเสียดทานภายใน กระบอกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.1.1.2 กราฟเปรียบเทียบแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลด

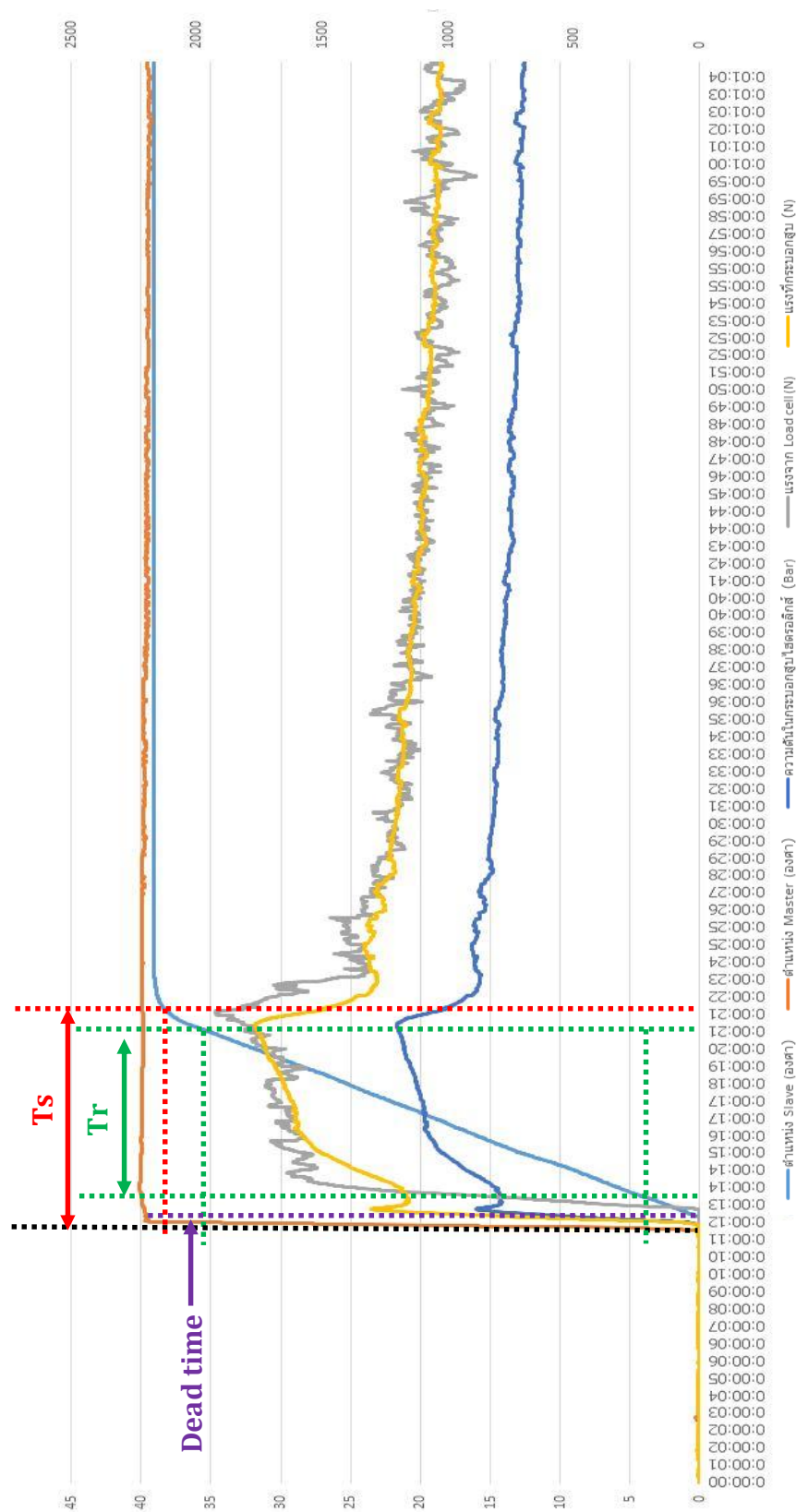


ภาพที่ 4-17 กราฟแสดงแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลดและความดันที่เกิดขึ้น

จากภาพที่ 4-17 จะเป็นกราฟแสดงผลของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master ในตอนเริ่มต้นจะมีความดันภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์อยู่แล้ว เพราะเป็นแบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าแรงที่ป้อนกลับมานี้จะมีขนาดใกล้เคียงกับโหลดที่ใช้ในการทดลอง โดยจะมีค่าความผิดพลาดของแรงที่ป้อนกลับมานิดหน่อย และแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master จะมีการแปรผันตรงกับ น้ำหนักของโหลด และความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.2 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน

4.2.2.1 แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-18 กราฟผลการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน
แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ (แบบ P-F)

จากภาพที่ 4-18 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเหลือง เป็นเส้นแสดงค่าน้ำหนักของโหลดหรือแรงที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีน้ำเงิน เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะยังไม่ขยับในทันทีเลย จะเห็นว่าเวลาผ่านไป 0.8 วินาที ชุด Slave ถึงมีการขยับตามชุด Master ทั้งนี้ เพราะไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ส่วนความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยิ่งโหลดมีน้ำหนักมากเท่าไรความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ก็จะสูงตามมากเท่านั้น ซึ่งเราจะนำความดันที่เกิดขึ้นนี้ไปควบคุมแรงบิดที่ชุด Master ซึ่งถ้าภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์มีความดันเยอะเท่าไรแรงบิดที่ชุด Master ก็จะมีเยอะมากเท่านั้น ส่วนค่าของแรงบิดที่ชุด Master เราทำการแปลงเป็นน้ำหนัก ซึ่งจะแปรผันตรงกับความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ซึ่งน้ำหนักที่ออกมาจะมีหน่วยเป็น นิวตัน โดยการทดลองนี้จะทำให้เรารู้น้ำหนักของโหลดโดยจะมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

จากภาพที่ 4-18 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-10 ดังนี้

ตารางที่ 4-10 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

การทดลองแบบ (P-F) แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\sum \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน	7.6	10.1	5.035443	0.8

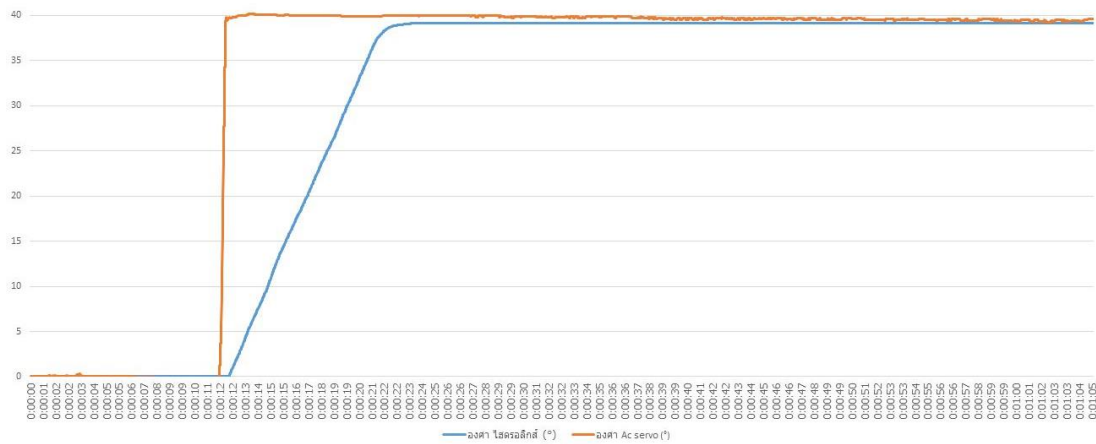
T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนองมีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\sum|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้นหรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

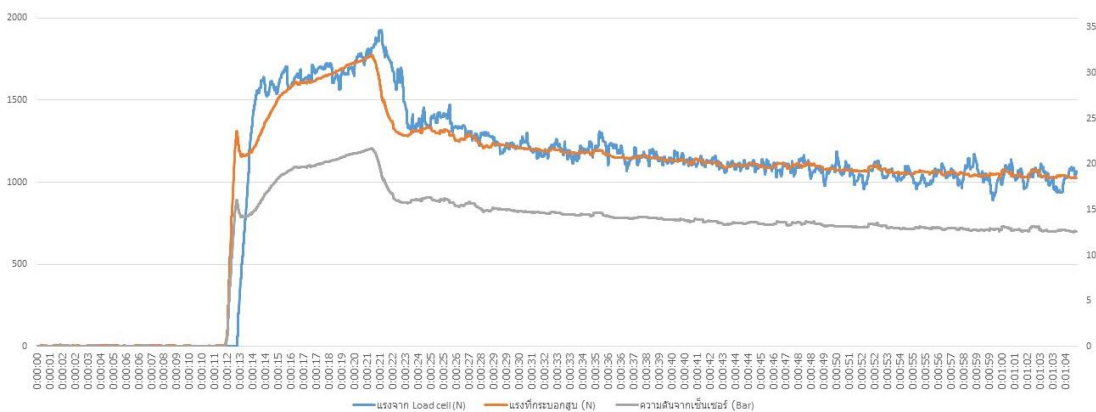
4.2.2.1.1 กราฟเปรียบเทียบองศาของชุด Master กับชุด Slave



ภาพที่ 4-19 กราฟแสดงองศาของชุด Master กับชุด Slave

จากภาพที่ 4-19 จะเป็นกราฟแสดงผลองศา ของชุด Master เปรียบเทียบกับองศาของชุด Slave จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเราโยกชุด Master ขึ้นชุด Slave ก็เคลื่อนที่ขึ้นช้ากว่าชุด Master ประมาณ 0.8 วินาที นั้นเพราะไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

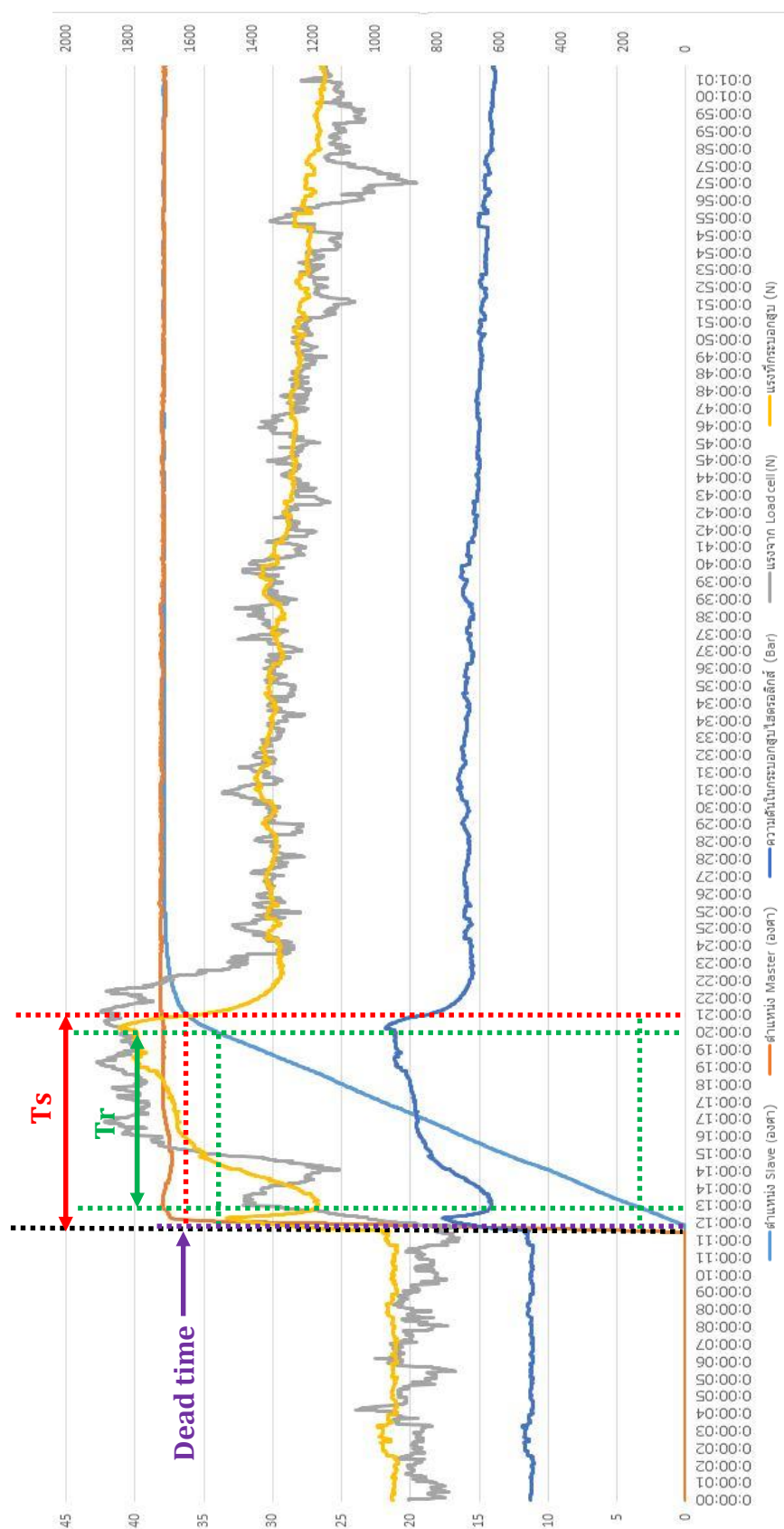
4.2.2.1.2 กราฟเปรียบเทียบแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลด



ภาพที่ 4-20 กราฟแสดงแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลดและความดันที่เกิดขึ้น

จากภาพที่ 4-20 จะเป็นกราฟแสดงผลของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master ในตอนเริ่มต้นจะไม่มี ความดันภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ เพราะเป็นแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าแรงที่ป้อนกลับมามีขนาดใกล้เคียงกับโหลดที่ใช้ในการทดลองโดยจะมีค่าความผิดพลาดของแรงที่ป้อนกลับมานิดหน่อย และแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master จะมีการแปรผันตรงกับ น้ำหนักของโหลด และความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.2.2 แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-21 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน
แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

จากภาพที่ 4-21 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเหลือง เป็นเส้นแสดงค่าน้ำหนักของโหลดหรือแรงที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีน้ำเงิน เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะขยับเกือบพร้อมชุด Master ในทันทีเลย ทั้งนี้เพราะมีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นว่าตอนเริ่มต้นจะมีความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์อยู่แล้วเพื่อชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ส่วนความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยิ่งโหลดมีน้ำหนักมากเท่าไร ความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ก็จะสูงตามมากเท่านั้น ซึ่งเราจะนำความดันที่เกิดขึ้นนี้ไปควบคุมแรงบิดที่ชุด Master ซึ่งถ้าภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์มีความดันเยอะเท่าไรแรงบิดที่ชุด Master ก็จะเยอะมากเท่านั้น ส่วนค่าของแรงบิดที่ชุด Master เราจะทำแปลงเป็นน้ำหนัก ซึ่งจะแปรผันตรงกับความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ซึ่งน้ำหนักที่ออกมาจะมีหน่วยเป็น นิวตัน โดยการทดลองนี้จะทำให้เรารู้น้ำหนักของโหลดโดยจะมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

จากภาพที่ 4-21 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-11 ดังนี้

ตารางที่ 4-11 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

การทดลองแบบ (P-F) แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\Sigma \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน	7	9.4	4.056511	0

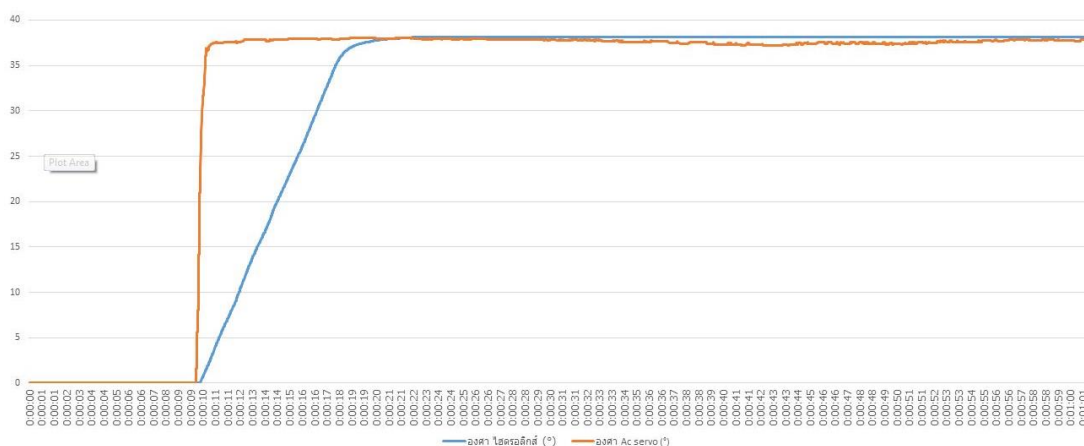
T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนอง มีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\Sigma|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้น หรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

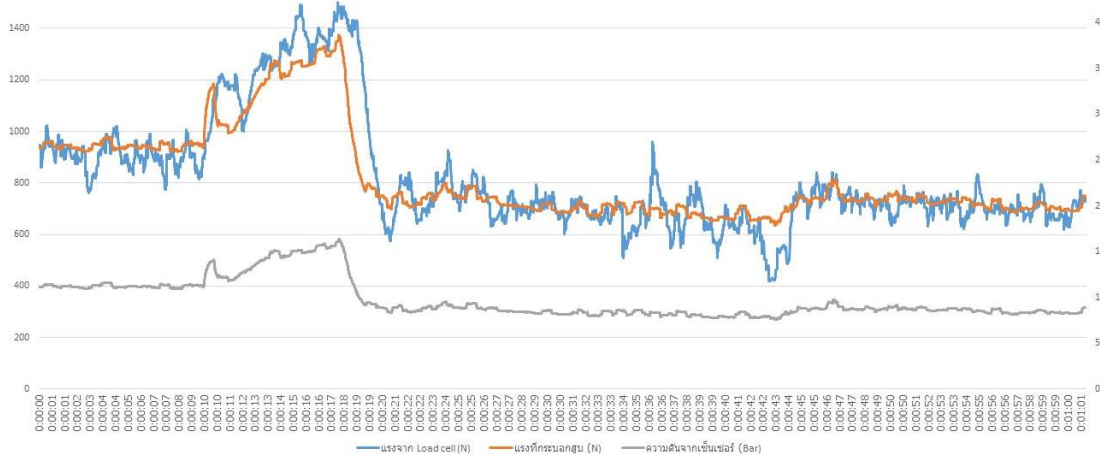
4.2.2.2.1 กราฟเปรียบเทียบองศาของชุด Master กับชุด Slave



ภาพที่ 4-22 กราฟแสดงองศาของชุด Master กับชุด Slave

จากภาพที่ 4-22 จะเป็นกราฟแสดงผลองศา ของชุด Master เปรียบเทียบกับองศาของชุด Slave จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเราโยกชุด Master ขึ้นชุด Slave ก็เคลื่อนที่ขึ้นเกือบพร้อมชุด Master ในทันทีเลย นั่นเพราะมีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.2.2.2 กราฟเปรียบเทียบแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลด

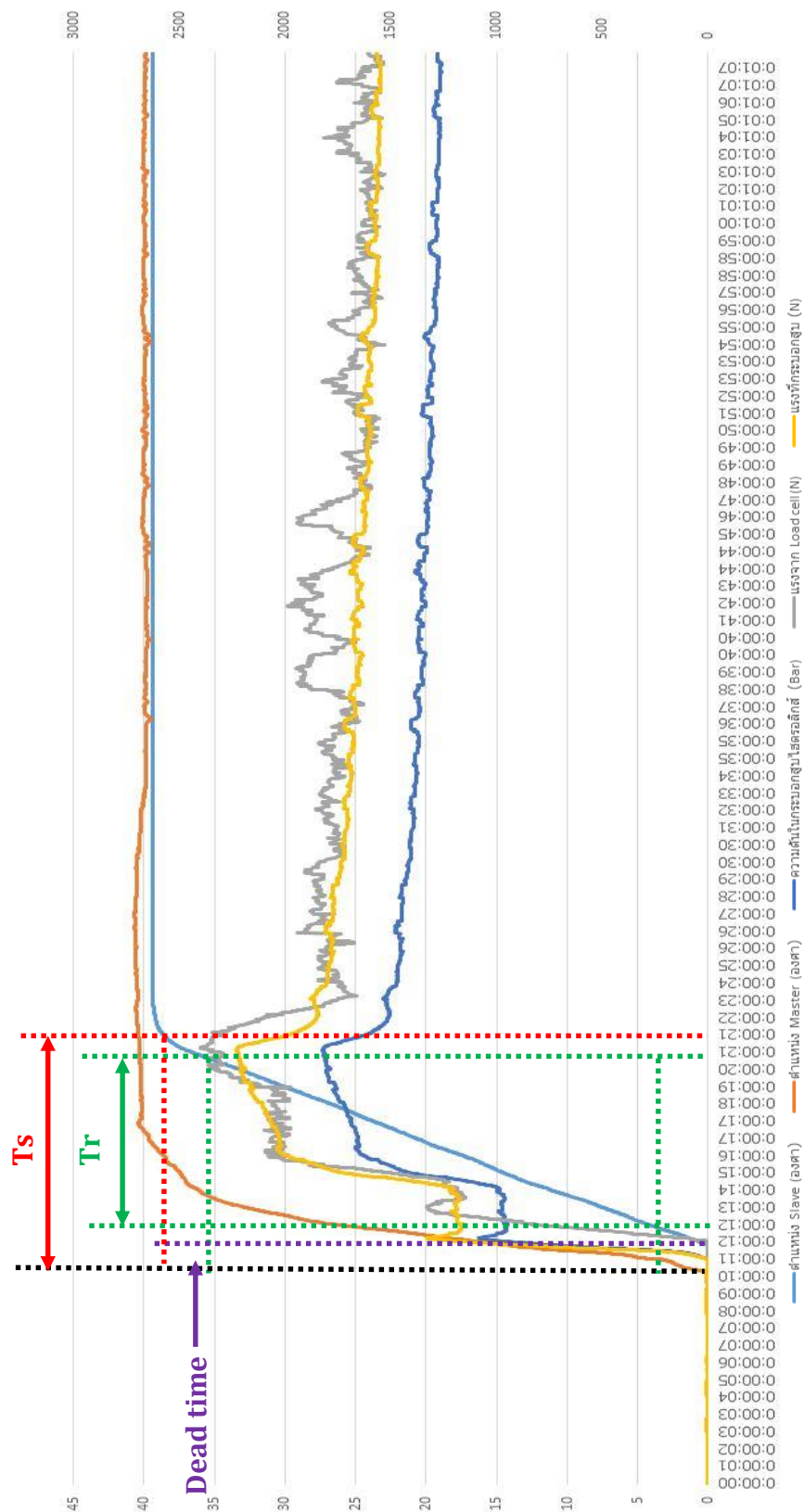


ภาพที่ 4-23 กราฟแสดงแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลดและความดันที่เกิดขึ้น

จากภาพที่ 4-23 จะเป็นกราฟแสดงผลของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master ในตอนเริ่มต้นจะมีความดันภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์อยู่แล้ว เพราะเป็นแบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าแรงที่ป้อนกลับมามีขนาดใกล้เคียงกับโหลดที่ใช้ในการทดลอง โดยจะมีค่าความผิดพลาดของแรงที่ป้อนกลับมานิดหน่อย และแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master จะมีการแปรผันตรงกับ น้ำหนักของโหลด และความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.3 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน

4.2.3.1 แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-24 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน
แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

จากภาพที่ 4-24 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1500 นิวตันแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูบไฮดรอลิกส์หรือตัว Slave

เส้นสีเหลือง เป็นเส้นแสดงค่าน้ำหนักของโหลดหรือแรงที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีน้ำเงิน เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะยังไม่ขยับในทันทีเลย จะเห็นว่าเวลาผ่านไป 1.8 วินาที ชุด Slave ถึงมีการขยับตามชุด Master ทั้งนี้ เพราะไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ส่วนความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยิ่งโหลดมีน้ำหนักมากเท่าไรแรงดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ก็จะสูงตามมากเท่านั้น ซึ่งเราจะนำความดันที่เกิดขึ้นนี้ไปควบคุมแรงบิดที่ชุด Master ซึ่งถ้าภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์มีความดันเยอะเท่าไรแรงบิดที่ชุด Master ก็จะมีเยอะมากเท่านั้น ส่วนค่าของแรงบิดที่ชุด Master เราทำการแปลงเป็นน้ำหนัก ซึ่งจะแปรผันตรงกับความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ซึ่งน้ำหนักที่ออกมาจะมีหน่วยเป็น นิวตัน โดยการทดลองนี้จะทำให้เรารู้น้ำหนักของโหลดโดยจะมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

จากภาพที่ 4-24 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1500 นิวตันแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-12 ดังนี้

ตารางที่ 4-12 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

การทดลองแบบ (P-F) แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\sum Error $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน	8.4	11.4	4.133262	1.8

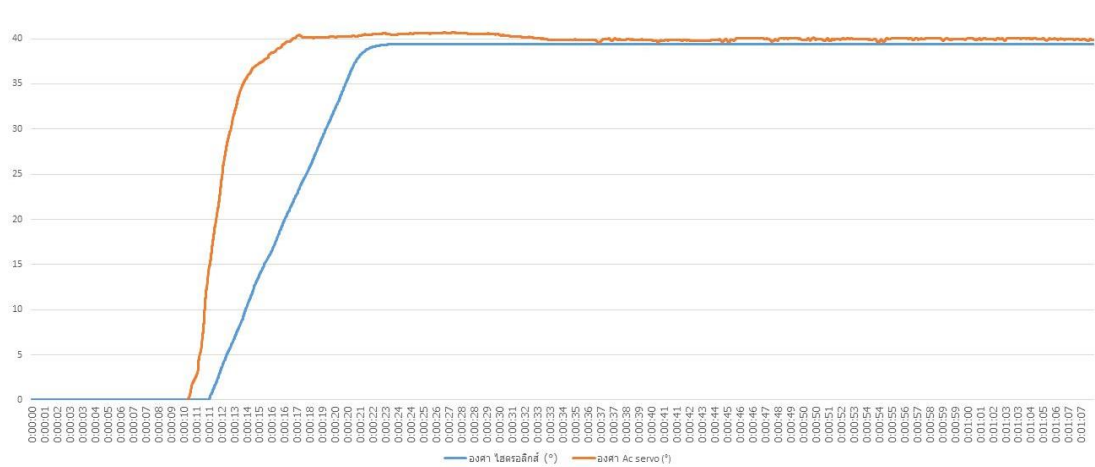
T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนองมีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\sum |Error|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้นหรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

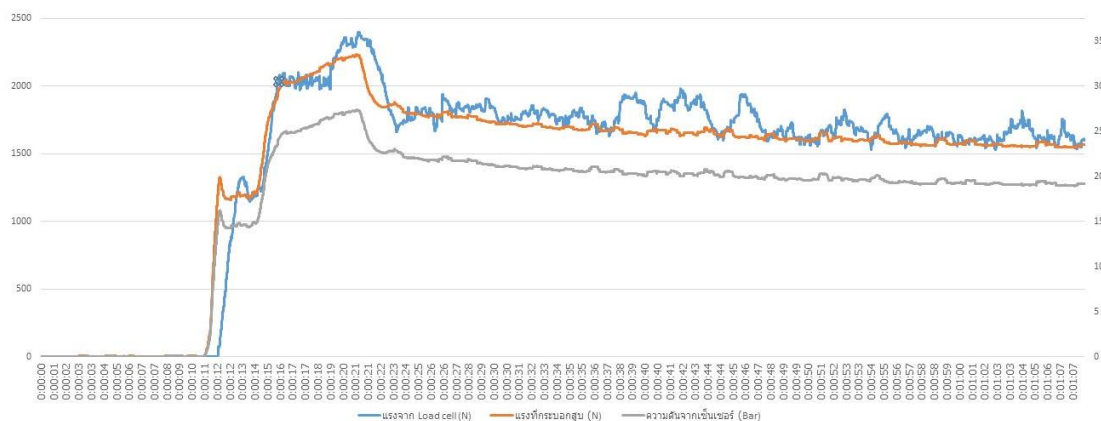
4.2.3.1.1 กราฟเปรียบเทียบองศาของชุด Master กับชุด Slave



ภาพที่ 4-25 กราฟแสดงองศาของชุด Master กับชุด Slave

จากภาพที่ 4-25 จะเป็นกราฟแสดงผลองศา ของชุด Master เปรียบเทียบกับองศาของชุด Slave จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเราโยกชุด Master ขึ้นชุด Slave ก็เคลื่อนที่ขึ้นช้ากว่าชุด Master ประมาณ 1.8 วินาที นั้นเพราะไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

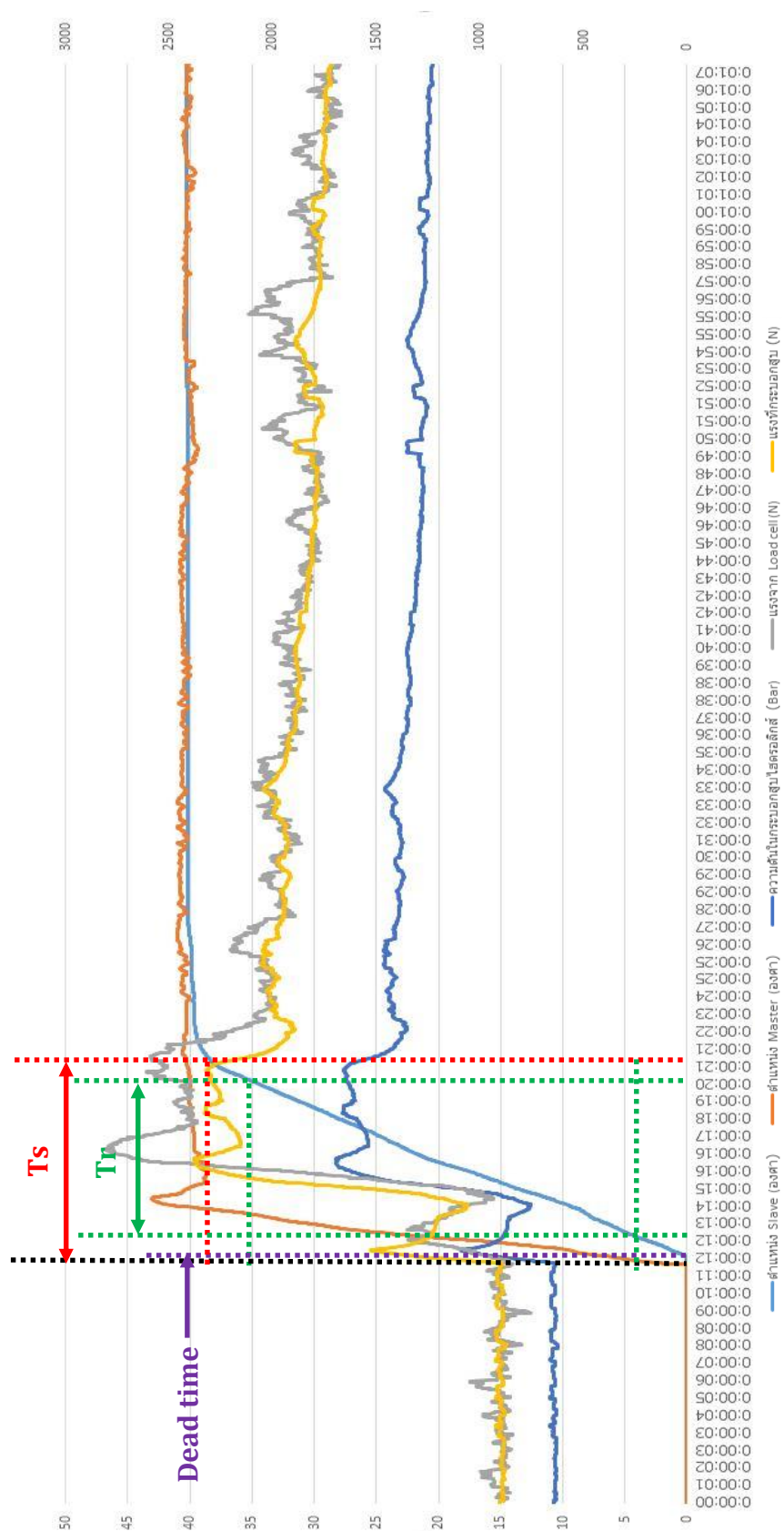
4.2.3.1.2 กราฟเปรียบเทียบแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลด



ภาพที่ 4-26 กราฟแสดงแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลดและความดันที่เกิดขึ้น

จากภาพที่ 4-26 จะเป็นกราฟแสดงผลของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master ในตอนเริ่มต้นจะไม่มี ความดันภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ เพราะเป็นแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าแรงที่ป้อนกลับมานี้จะมีขนาดใกล้เคียงกับโหลดที่ใช้ในการทดลองโดยจะมีค่าความผิดพลาดของแรงที่ป้อนกลับมานิดหน่อย และแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master จะมีการแปรผันตรงกับ น้ำหนักของโหลด และความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.3.2 แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-27 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน
แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

จากภาพที่ 4-27 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ Ac Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเหลือง เป็นเส้นแสดงค่าน้ำหนักของโหลดหรือแรงที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีน้ำเงิน เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะขยับเกือบพร้อมชุด Master ในทันทีเลย ทั้งนี้เพราะมีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นว่าตอนเริ่มต้นจะมีความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์อยู่แล้วเพื่อชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ส่วนความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยิ่งโหลดมีน้ำหนักมากเท่าไร ความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ก็จะสูงตามมากเท่านั้น ซึ่งเราจะนำความดันที่เกิดขึ้นนี้ไปควบคุมแรงบิดที่ชุด Master ซึ่งถ้าภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์มีความดันเยอะเท่าไรแรงบิดที่ชุด Master ก็จะเยอะมากเท่านั้น ส่วนค่าของแรงบิดที่ชุด Master เราจะทำแปลงเป็นน้ำหนัก ซึ่งจะแปรผันตรงกับความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ซึ่งน้ำหนักที่ออกมาจะมีหน่วยเป็น นิวตัน โดยการทดลองนี้จะทำให้เรารู้น้ำหนักของโหลดโดยจะมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

จากภาพที่ 4-27 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-13 ดังนี้

ตารางที่ 4-13 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

การทดลองแบบ (P-F) แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\Sigma \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน	7.5	9.7	3.647544	0.5

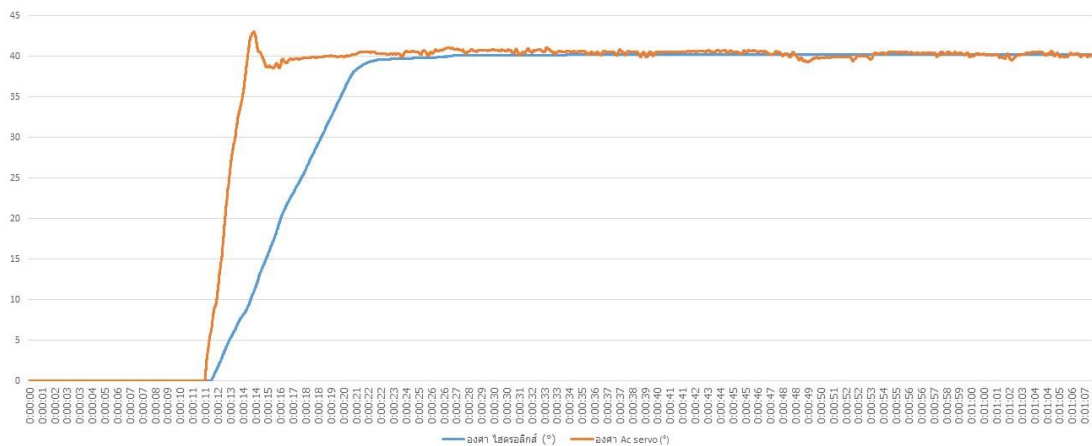
T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนองมีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\Sigma|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้นหรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

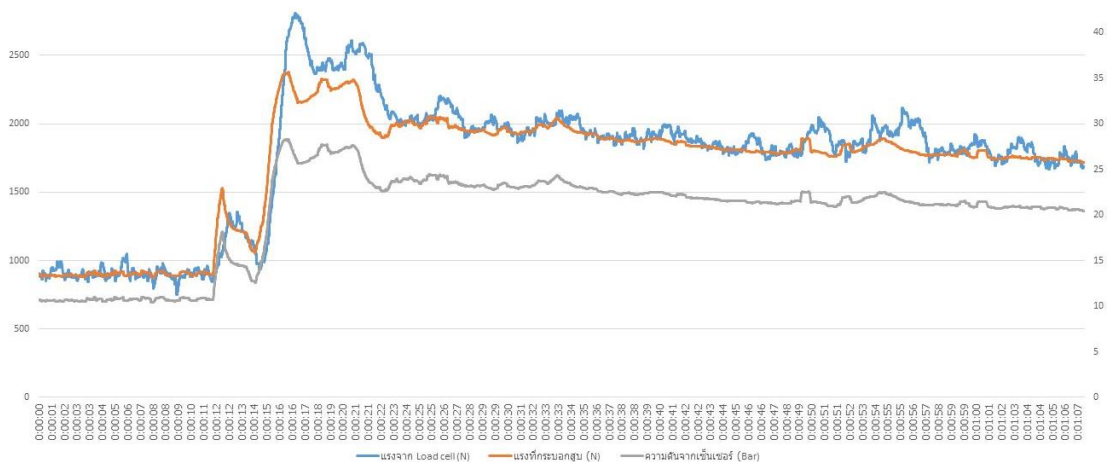
4.2.3.2.1 กราฟเปรียบเทียบองศาของชุด Master กับชุด Slave



ภาพที่ 4-28 กราฟแสดงองศาของชุด Master กับชุด Slave

จากภาพที่ 4-28 จะเป็นกราฟแสดงผลองศา ของชุด Master เปรียบเทียบกับองศาของชุด Slave จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเราโยกชุด Master ขึ้นชุด Slave ก็เคลื่อนที่ขึ้นเกือบพร้อมชุด Master ในทันทีเลย นั่นเพราะมีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.3.2.2 กราฟเปรียบเทียบแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลด

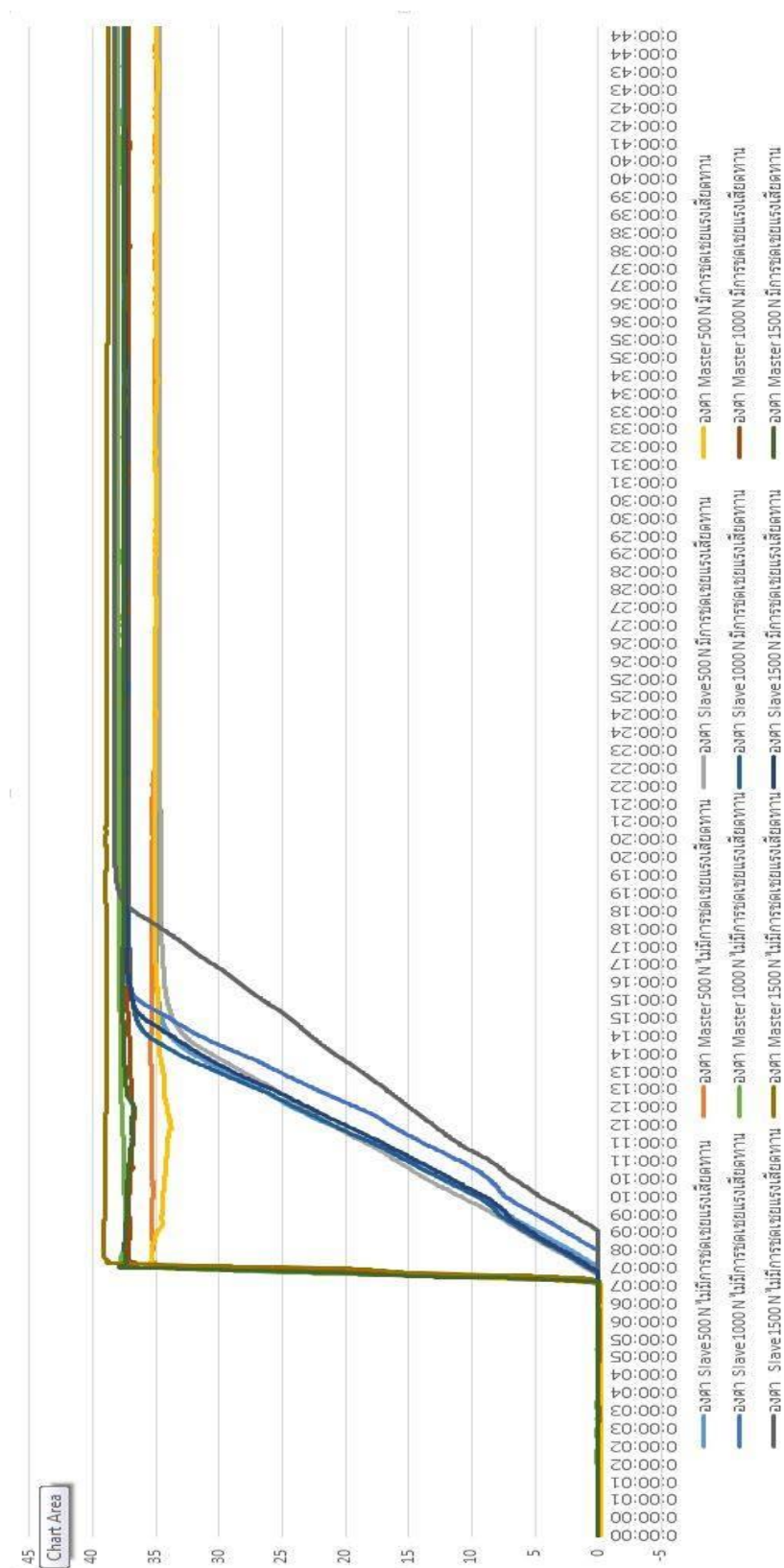


ภาพที่ 4-29 กราฟแสดงแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลดและความดันที่เกิดขึ้น

จากภาพที่ 4-29 จะเป็นกราฟแสดงผลของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master ในตอนเริ่มต้นจะมีความดันภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์อยู่แล้ว เพราะเป็นแบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าแรงที่ป้อนกลับมามีขนาดใกล้เคียงกับโหลดที่ใช้ในการทดลอง โดยจะมีค่าความผิดพลาดของแรงที่ป้อนกลับมานิดหน่อย และแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master จะมีการแปรผันตรงกับ น้ำหนักของโหลด และความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.4 ผลการเปรียบเทียบที่โหลดหนัก 500, 1000, 1500 นิวตัน

4.2.4.1 เปรียบเทียบองค์ประกอบของชุด Master กับชุด Slave



ภาพที่ 4-30 กราฟการเปรียบเทียบองค์ประกอบของชุด Master กับชุด Slave ทดลองที่โหลดหนัก 500, 1000, 1500 นิวตัน
แบบที่ไม่มีการเชื่อมต่อและมีการเชื่อมต่อภายในกรอบออกสู่ไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

จากภาพที่ 4-30 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 500, 1000, 1500 นิวตัน โดยการทดลองแบบส่งตำแหน่งไป – ส่งแรงกลับ แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ และแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-14

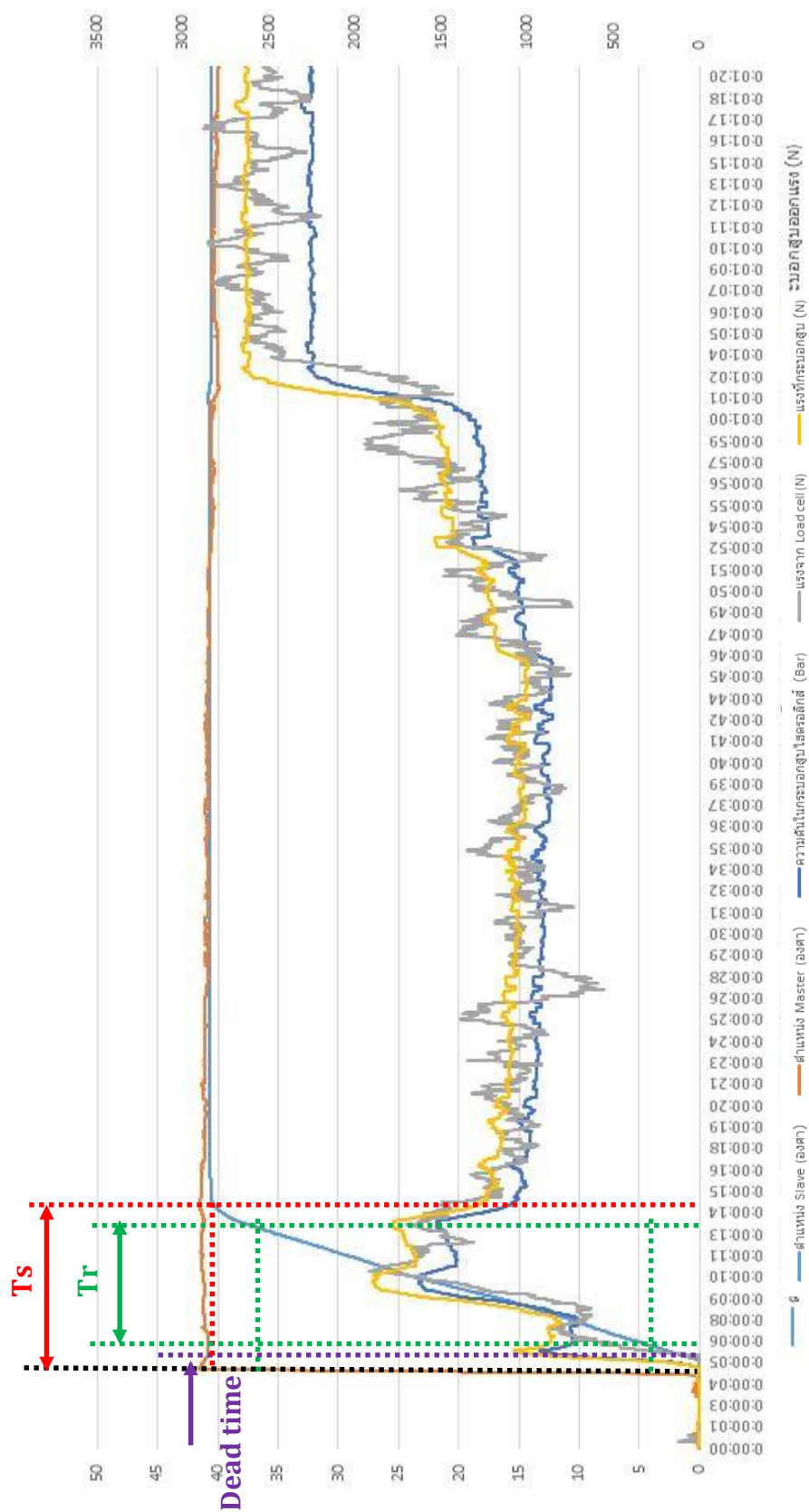
ตารางที่ 4-14 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 500, 1000, 1500 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ และแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

การทดลองแบบ (P-F)	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\Sigma \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลด 500 นิวตัน				
- แบบไม่มีการชดเชยแรงเสียดทาน	6.9	9.4	4.507052	0.7
- แบบมีการชดเชยแรงเสียดทาน	6.8	9	3.379592	0
ที่โหลด 1000 นิวตัน				
- แบบไม่มีการชดเชยแรงเสียดทาน	7.6	10.1	5.035443	0.8
- แบบมีการชดเชยแรงเสียดทาน	7	9.4	4.056511	0
ที่โหลด 1500 นิวตัน				
- แบบไม่มีการชดเชยแรงเสียดทาน	8.4	11.4	4.133262	1.8
- แบบมีการชดเชยแรงเสียดทาน	7.5	9.7	3.647544	0.5

T_r	หมายถึง	ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย
T_s	หมายถึง	เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนอง มีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย
$\Sigma \text{Error} $	หมายถึง	เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุดMasterกับชุดSlave
Dead Time	หมายถึง	เป็นเวลาที่ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้น หรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.5 ผลการทดลองแบบมี Disturbance

4.2.5.1 แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-31 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน แบบมี Disturbance
แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

จากภาพที่ 4-31 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตันแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์และมี Disturbance จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเหลือง เป็นเส้นแสดงค่าน้ำหนักของโหลดหรือแรงที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีน้ำเงิน เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะยังไม่ขยับในทันทีเลย จะเห็นว่าเวลาผ่านไป 0.8 วินาที ชุด Slave ถึงมีการขยับตามชุด Master ทั้งนี้เพราะไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ส่วนความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยิ่งโหลดมีน้ำหนักมากเท่าไรความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ก็จะสูงตามมากเท่านั้น การทดลองแบบมี Disturbance นั้นเมื่อชุด Slave โยกโหลดได้ถึงเวลาหนึ่งเราก็จะทำการเพิ่มโหลดเข้าไปอีกแล้วเราจะทำการวัดแรงบิดที่ป้อนกลับมายังชุด Master ว่าแรงที่ป้อนกลับมานั้น จะมากขึ้นเท่ากับโหลดที่ Disturbance หรือป่าวซึ่งเราจะทำการแปลงเป็นน้ำหนัก ซึ่งจะแปรผันตรงกับความดันภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์ซึ่งน้ำหนักที่ออกมาจะมีหน่วยเป็น นิวตัน โดยการทดลองนี้จะทำให้เรารู้น้ำหนักของโหลดที่มี Disturbance โดยจะมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

จากภาพที่ 4-31 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตันแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์และมี Disturbance สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-15 ดังนี้

ตารางที่ 4-15 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์และมี Disturbance แบบ (P-F)

การทดลองแบบ (P-F) แบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\sum \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน	7.5	9.9	2.596	0.8

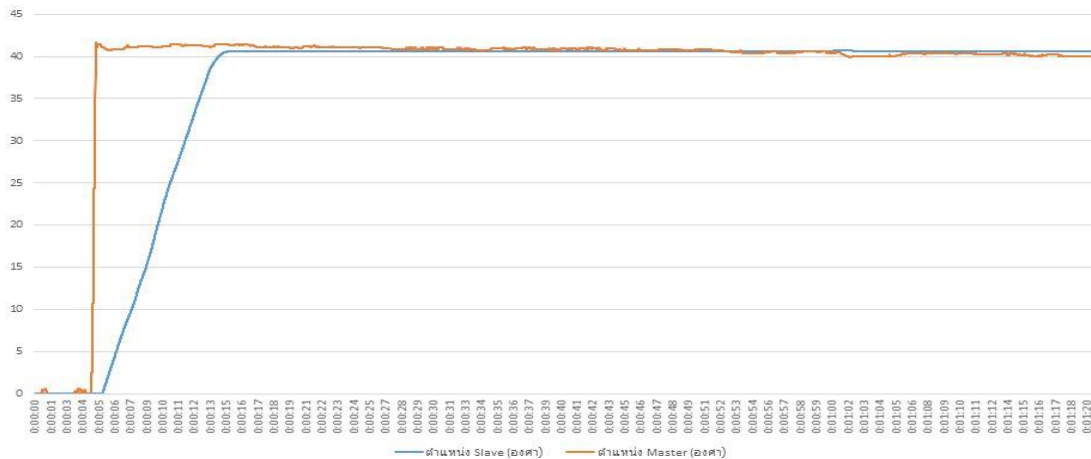
T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนองมีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\sum|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้นหรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูบไฮดรอลิกส์

4.2.3.1.1 กราฟเปรียบเทียบบ่งค่าของชุด Master กับชุด Slave



ภาพที่ 4-32 กราฟแสดงบ่งค่าของชุด Master กับชุด Slave

จากภาพที่ 4-32 จะเป็นกราฟแสดงผลของค่า ของชุด Master เปรียบเทียบกับบ่งค่าของชุด Slave จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเราโยกชุด Master ขึ้นชุด Slave ก็จะไม่เคลื่อนที่ขึ้นช้ากว่าชุด Master ประมาณ 0.8 วินาที นั้นเพราะไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายใน กระบอกสูบไฮดรอลิกส์

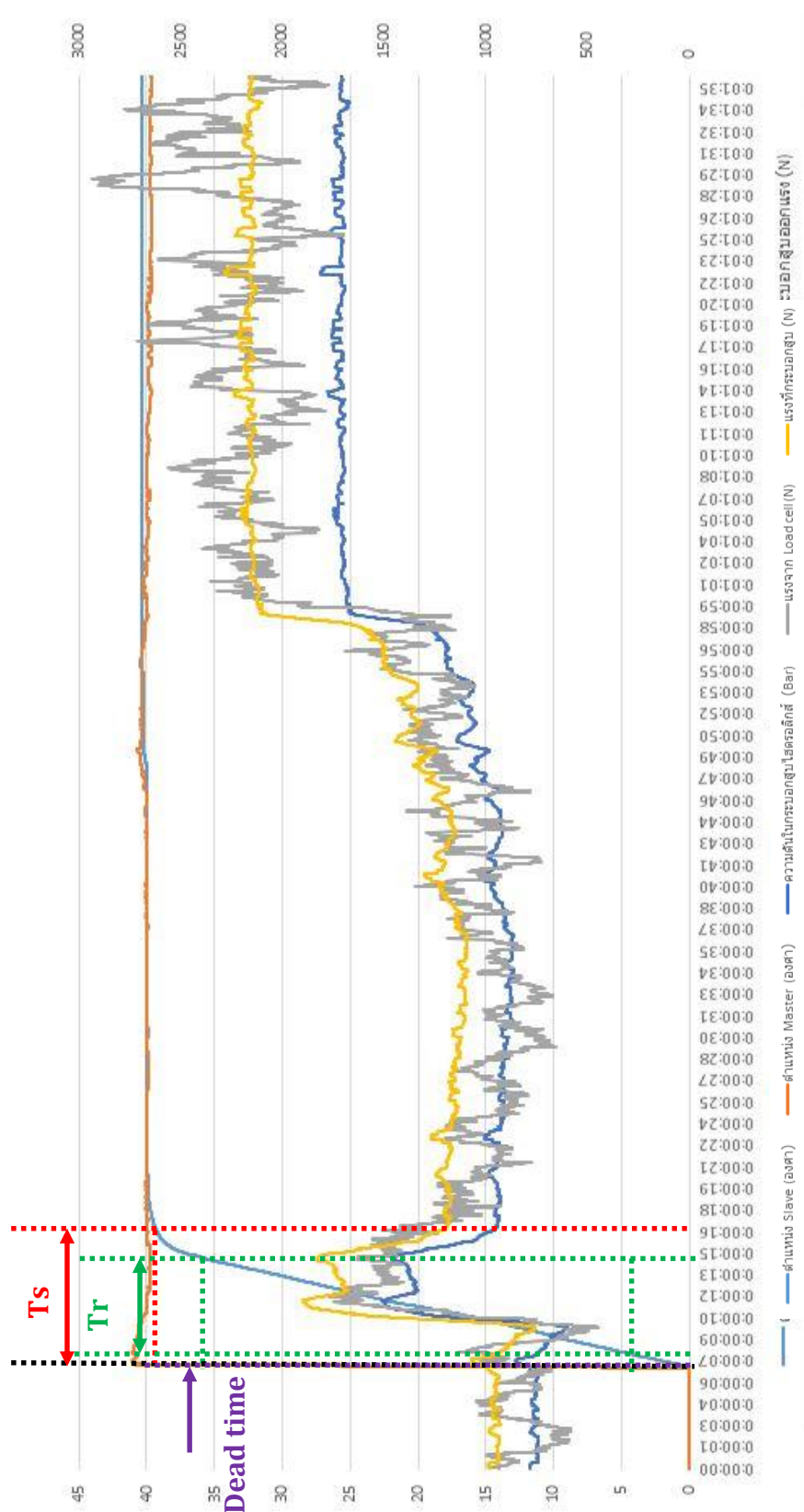
4.2.3.1.2 กราฟเปรียบเทียบแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลด



ภาพที่ 4-33 กราฟแสดงแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลดและความดันที่เกิดขึ้น

จากภาพที่ 4-33 จะเป็นกราฟแสดงผลของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master ในตอนเริ่มต้นจะไม่มี ความดันภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ เพราะเป็นแบบที่ไม่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าแรงที่ป้อนกลับมามีขนาดใกล้เคียงกับโหลดที่ใช้ในการทดลองเมื่อเวลาผ่านไปเราได้ทำให้เกิด Disturbance โดยทำการเพิ่มโหลดเข้าไปจะเห็นว่าแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master จะมีการแปรผันตรงกับ น้ำหนักของโหลดและความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.3.2 แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในระบบกลุ่มไฮดรอลิกส์



ภาพที่ 4-34 กราฟการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน แบบมี Disturbance
แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในระบบกลุ่มไฮดรอลิกส์แบบ (P-F)

จากภาพที่ 4-34 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์และมี Disturbance จะประกอบด้วย

เส้นสีแดง เป็นเส้นแสดงค่าองศาของ AC Servo Motor หรือชุด Master

เส้นสีฟ้า เป็นเส้นแสดงค่าองศาของกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์หรือชุด Slave

เส้นสีเหลือง เป็นเส้นแสดงค่าน้ำหนักของโหลดหรือแรงที่กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีน้ำเงิน เป็นเส้นแสดงค่าความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

เส้นสีเทา เป็นเส้นแสดงค่าของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master

ซึ่งจากกราฟแสดงผลการทดลองก็จะเห็นได้ว่าเมื่อเราโยกชุด Master ไปที่ตำแหน่งใดๆ แล้วชุด Slave นั้นจะขยับเกือบพร้อมชุด Master ในทันทีเลย ทั้งนี้เพราะมีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นว่าตอนเริ่มต้นจะมีความดันภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์อยู่แล้วเพื่อชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ ส่วนความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ ยิ่งโหลดมีน้ำหนักมากเท่าไร ความดันภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ก็จะสูงตามมากเท่านั้น การทดลองแบบมี Disturbance นั้นเมื่อชุด Slave ยกโหลดได้ถึงเวลาหนึ่ง เราก็จะทำการเพิ่มโหลดเข้าไปอีกแล้วเราจะทำการวัดแรงบิดที่ป้อนกลับมายังชุด Master ว่าแรงที่ป้อนกลับมานั้น จะมากขึ้นเท่ากับโหลดที่ Disturbance หรือป่าวซึ่งเราจะทำการแปลงเป็นน้ำหนัก ซึ่งจะแปรผันตรงกับความดันภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ซึ่งน้ำหนักที่ออกมาจะมีหน่วยเป็น นิวตัน โดยการทดลองนี้จะทำให้เรารู้น้ำหนักของโหลดที่มี Disturbance โดยจะมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

จากภาพที่ 4-34 จะเป็นกราฟแสดงผลการทดลองที่โหลด 1000 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์และมี Disturbance สามารถนำค่าต่างๆ มาใส่ในตารางที่ 4-16 ดังนี้

ตารางที่ 4-16 ผลการทดลองที่โหลดหนัก 1000 นิวตัน แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์และมี Disturbance แบบ (P-F)

การทดลองแบบ (P-F) แบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	$\Sigma \text{Error} $ (องศา)	Dead Time (วินาที)
ที่โหลดหนัก 1500 นิวตัน	7	9.6	1.564	0

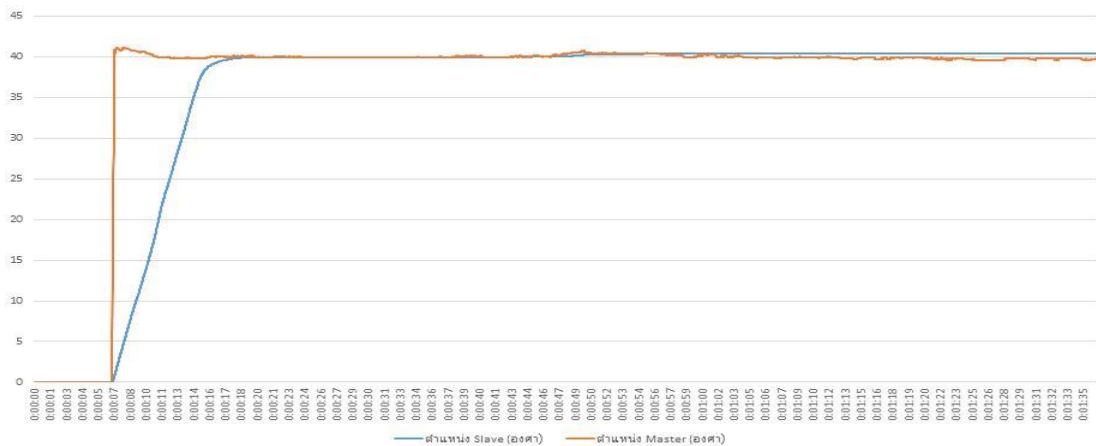
T_r หมายถึง ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time) เป็นเวลาของการตอบสนองเชิงเวลา ที่เปลี่ยนแปลงจาก 10 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าสุดท้าย

T_s หมายถึง เป็นเวลาเข้าที่ (Setting Time) คือ เวลาที่การตอบสนอง มีค่า ± 2 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสุดท้าย

$\Sigma|\text{Error}|$ หมายถึง เป็นค่าความผิดพลาดสะสมขององศาของชุด Master กับชุด Slave

Dead Time หมายถึง เป็นเวลาที่กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ ยังไม่เคลื่อนที่ในตอนเริ่มต้น หรือติดแรงเสียดทานภายในกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.3.2.1 กราฟเปรียบเทียบบ่งค่าของชุด Master กับชุด Slave



ภาพที่ 4-35 กราฟแสดงบ่งค่าของชุด Master กับชุด Slave

จากภาพที่ 4-35 จะเป็นกราฟแสดงผลของค่า ของชุด Master เปรียบเทียบกับบ่งค่าของชุด Slave จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเราโยกชุด Master ขึ้นชุด Slave ก็จะมีการเคลื่อนที่ขึ้นเกือบพร้อมชุด Master ในทันทีเลย นั่นเพราะมีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์

4.2.3.2.2 กราฟเปรียบเทียบแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลด



ภาพที่ 4-36 กราฟแสดงแรงที่ป้อนกลับมากับน้ำหนักของโหลดและความดันที่เกิดขึ้น

จากภาพที่ 4-36 จะเป็นกราฟแสดงผลของแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master ในตอนเริ่มต้นจะมีความดันภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์อยู่แล้ว เพราะเป็นแบบที่มีการชดเชยแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าแรงที่ป้อนกลับมามีขนาดใกล้เคียงกับโหลดที่ใช้ในการทดลอง เมื่อเวลาผ่านไปเราได้ทำให้เกิด Disturbance โดยทำการเพิ่มโหลดเข้าไปจะเห็นว่าแรงที่ป้อนกลับมายังชุด Master จะมีการแปรผันตรงกับ น้ำหนักของโหลด และความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์