

บทที่ 4

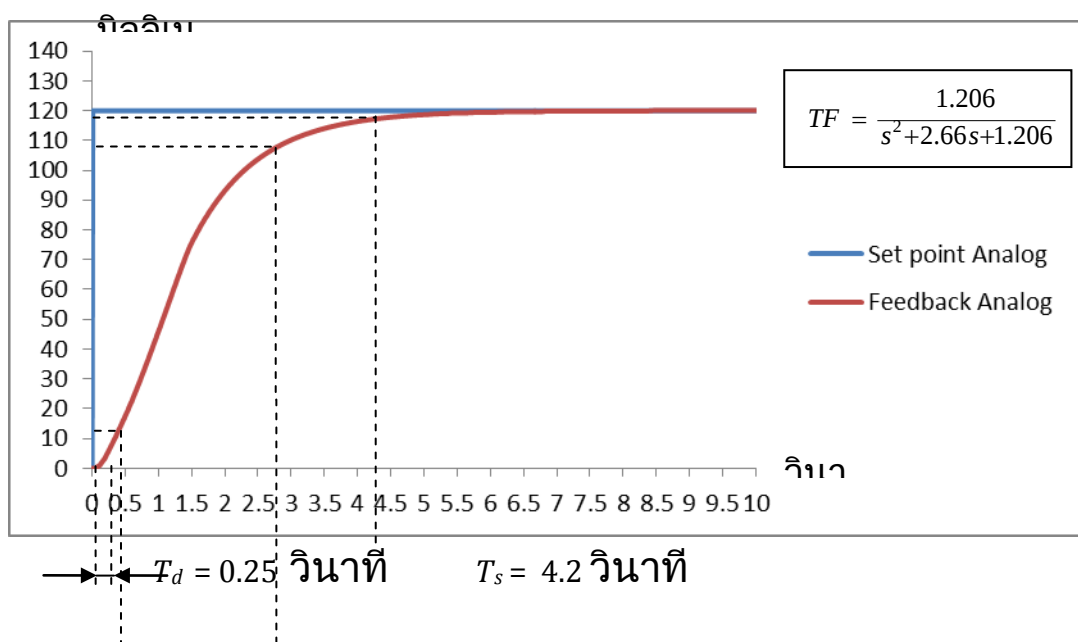
ผลการทดลอง

ในการดำเนินงานของโครงงานชุดควบคุม ตำแหน่ง ความเร็ว และความดัน ของก้านสูบ ในระบบไฮดรอลิกส์ ด้วยการควบคุมแบบพี และการควบคุมแบบพีไอ สำหรับขับตรงในระบบ เซอร์โวไฮดรอลิกส์ มีการบันทึกผลการทดลองและหาค่าความแม่นยำในการเข้าสู่ตำแหน่ง ดังนี้

4.1 ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่ง ของก้านสูบ โดยการควบคุมแบบพีไอ

4.1.1 ผลการทดลองควบคุมตำแหน่ง ของก้านสูบไฮดรอลิกส์ แบบขับตรง(Direct Drive)โดยการควบคุมแบบพีไอ ที่ระยะ 0-120 มิลลิเมตร ,0-180 มิลลิเมตร และ 0-250 มิลลิเมตร

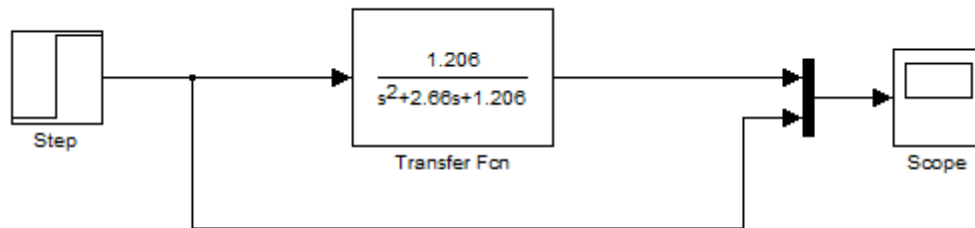
4.1.1.1 ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่ง ของก้านสูบไฮดรอลิกส์ แบบขับตรง



$\longleftrightarrow T_r = 2.5$ วินาที

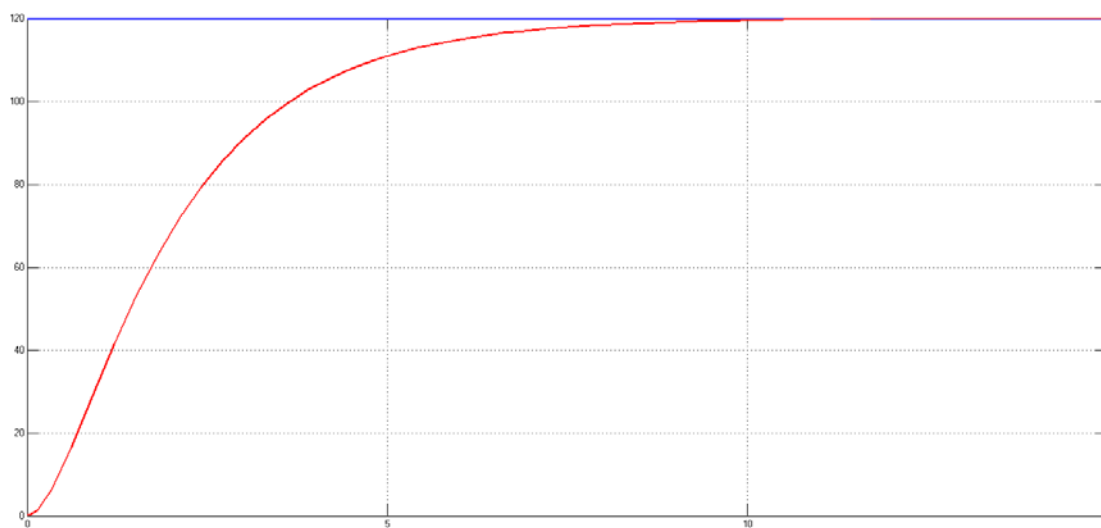
ภาพที่ 4-1 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าระยะที่ 0 มิลลิเมตร ถึง 120 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 4-1 เป็นกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งของก้านสูบ แบบขับตรง ที่ระยะ 0-120 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าระบบสามารถเข้าสู่ตำแหน่ง และรักษาสภาวะคงตัวได้ โดยมีค่าเวลาหน่วง (Delay Time : T_d) อยู่ที่ 0.25 วินาที ค่าเวลาขึ้น (Rise Time : T_r) อยู่ที่ 2.5 วินาที และค่าเวลาเข้าสู่ตำแหน่ง (Setting Time : T_s) อยู่ที่ 4.2 วินาที



ภาพที่ 4-2 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน (Block Transfer Function)

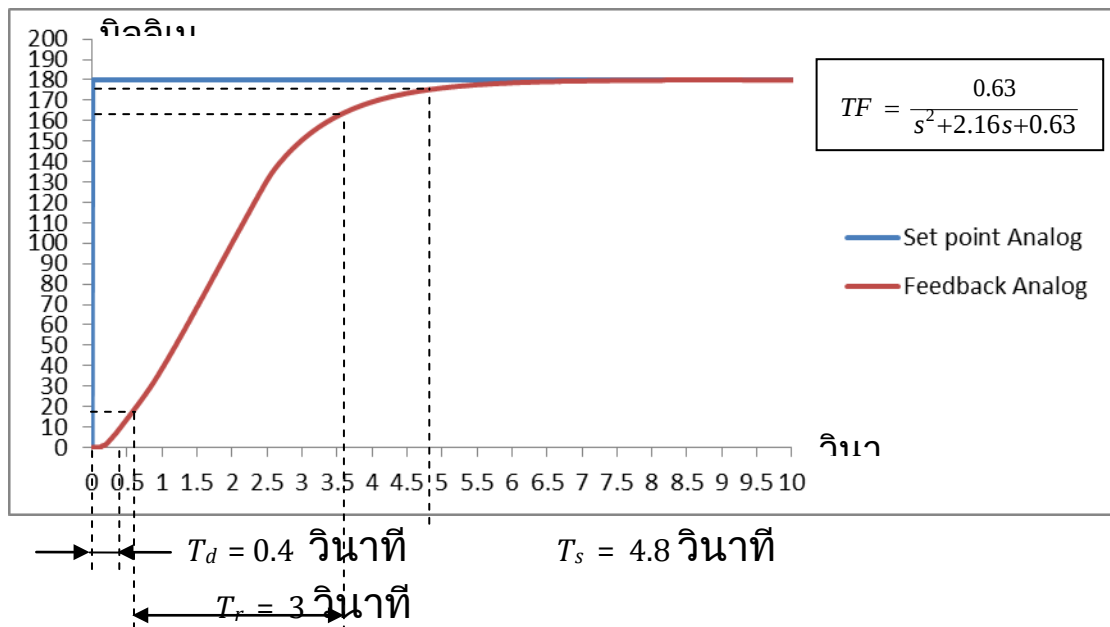
จากภาพที่ 4-2 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) ของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น (Step) เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอน เพื่อดูการตอบสนอง (Response) ของระบบ



ภาพที่ 4-3 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน (Simulation)

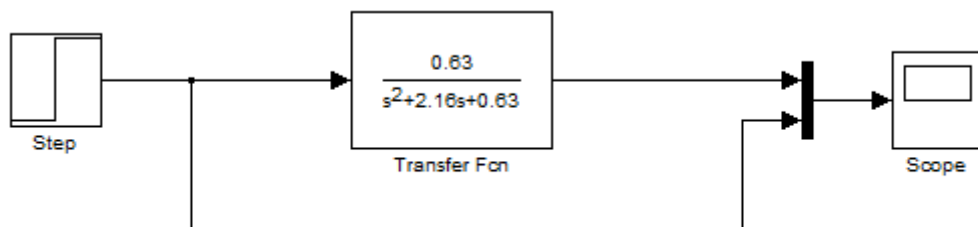
จากภาพที่ 4-3 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลอง ของสมการ ฟังก์ชันถ่ายโอน จากโปรแกรมแมทแล็บ (Matlab) เพื่อนำมา เปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่าง สมการฟังก์ชันถ่ายโอน

กับกราฟที่ได้จากการทดลองการควบคุมตำแหน่งที่ ระยะ 120 มิลลิเมตร



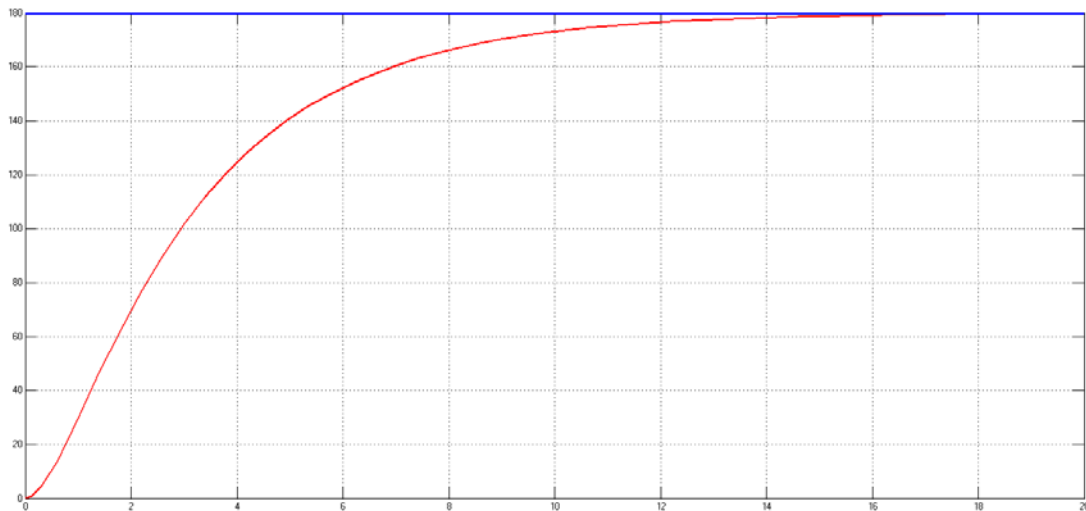
ภาพที่ 4-4 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าระยะที่ 0 มิลลิเมตร ถึง 180 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 4-4 เป็นกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งของก้านสูบ แบบขับตรง ที่ระยะ 0-180 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าระบบสามารถเข้าสู่ตำแหน่งและรักษาสภาวะคงตัวได้ โดยมีค่าเวลาหน่วงอยู่ที่ 0.4 วินาที ค่าเวลาขึ้นอยู่ที่ 3 วินาที และค่าเวลาการเข้าสู่ตำแหน่งอยู่ที่ 4.8 วินาที



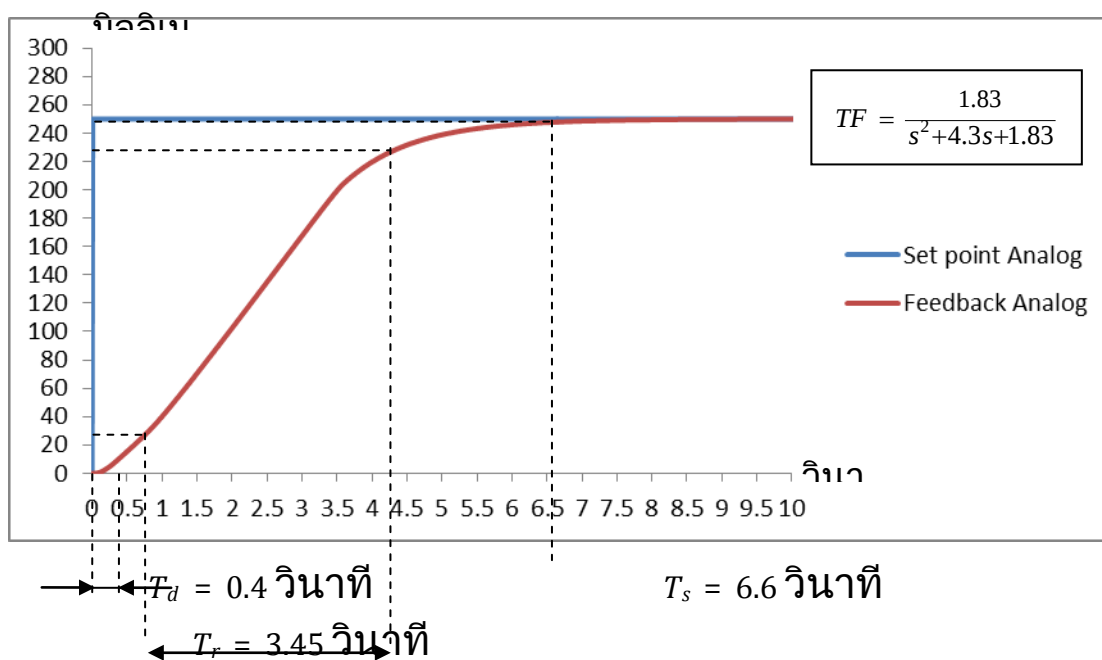
ภาพที่ 4-5 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-5 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอน เพื่อดูการตอบสนองของระบบ



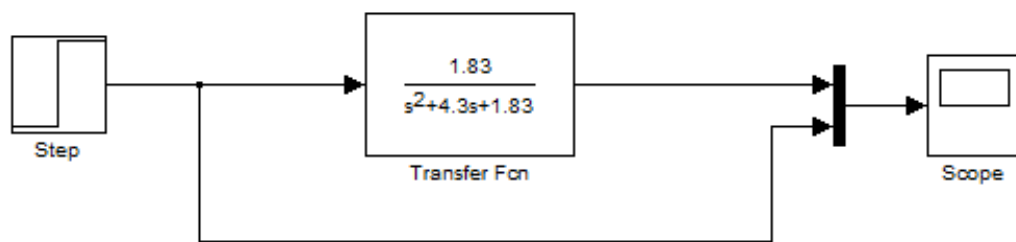
ภาพที่ 4-6 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

จากภาพที่ 4-6 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลอง ของสมการ ฟังก์ชันถ่ายโอน จากโปรแกรมแมทแล็บ เพื่อเปรียบเทียบการ ตอบสนอง ระหว่าง สมการฟังก์ชันถ่ายโอน กับ กราฟที่ได้จาก ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งที่ ระยะ 180 มิลลิเมตร



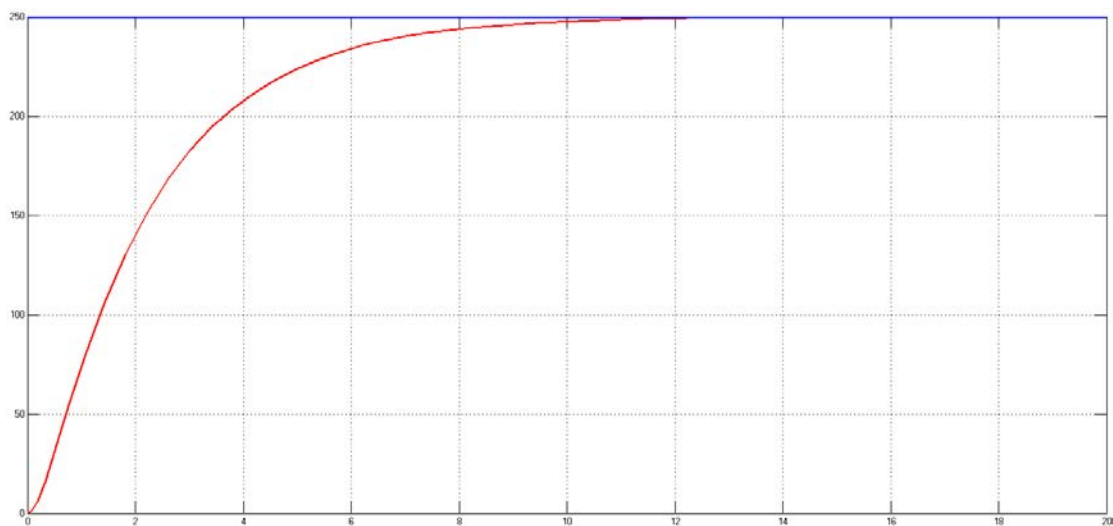
ภาพที่ 4-7 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าระยะที่ 0
มิลลิเมตร ถึง 250 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 4-7 เป็นกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งของก้านสูบ แบบขั้นตรง ที่ระยะ 0-250 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าระบบสามารถเข้าสู่ตำแหน่ง และรักษาสภาพคงตัวได้ โดยมีค่าเวลาหน่วงอยู่ที่ 0.4 วินาที ค่าเวลาขึ้น อยู่ที่ 3.45 วินาที และเวลาการเข้าสู่ตำแหน่ง อยู่ที่ 6.6 วินาที



ภาพที่ 4-8 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-8 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอน ของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอนเพื่อดูการตอบสนองของระบบ

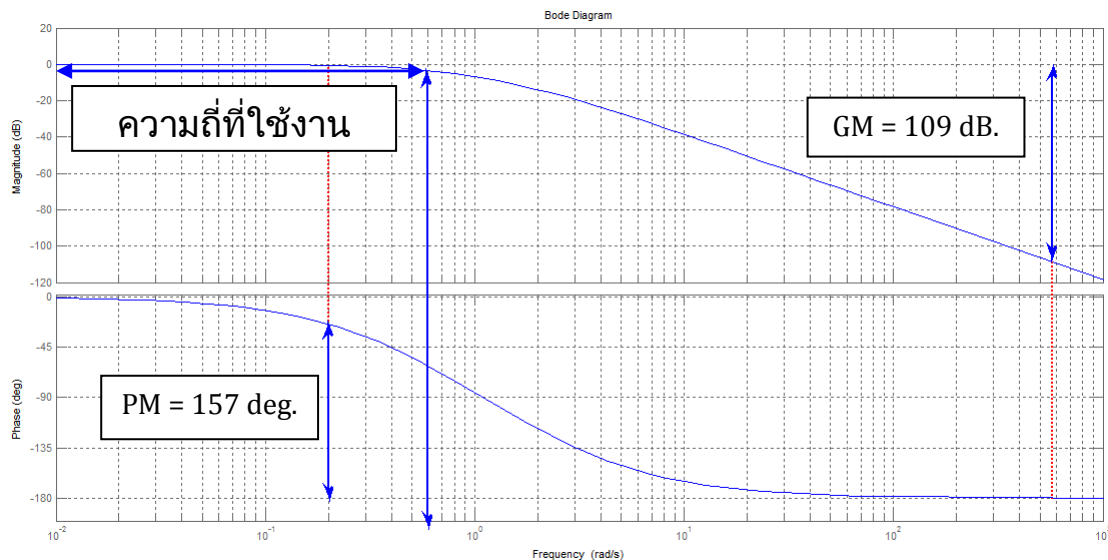


ภาพที่ 4-9 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

จากภาพที่ 4-9 กราฟที่ได้จากการทดลอง ของสมการ
ฟังก์ชันถ่ายโอนจากโปรแกรม
แมทแลบ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่าง สมการฟังก์ชัน
ถ่ายโอน กับ กราฟที่ได้จากผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งที่
ระยะ 250 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่ง แบบขับตรง

ระยะการ ทดลอง (มิลลิเมตร)	T_d (วินาที)	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	% ฟุ่งเกิน (%Overshoot : % OS)	% ความ ผิดพลาด
120	0.25	2.5	4.2	0	0.01
180	0.4	3	4.8	0	0.02
250	0.4	3.45	6.6	0	0.02



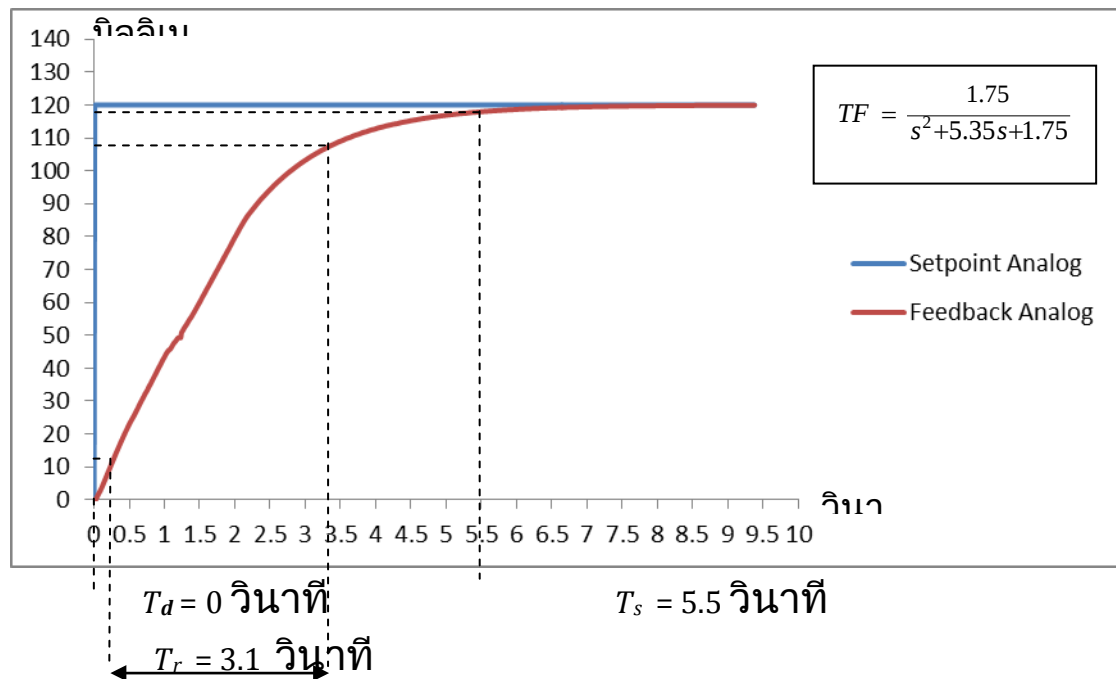
ภาพที่ 4-10 การหา โบเดพ็อต(Bode pot) จากโปรแกรมแมทแลบ

จากภาพที่ 4-10 เป็นการนำเสนอผลการของฟังก์ชันถ่ายโอนที่หาได้ มาหาประสิทธิภาพทางความถี่ โดยการดูจากค่าส่วนเฟื่อเฟส(PM) และส่วนเฟื่ออัตราขยาย(GM) ถ้าค่า ส่วนเฟื่อเฟส และส่วนเฟื่ออัตราขยาย มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มาก ก็จะทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียร(Unstable) ซึ่งจากกราฟ จะเห็นได้ว่า ค่าส่วนเฟื่อเฟส มีค่าเท่ากับ 157 องศา(deg.) และส่วนเฟื่ออัตราขยาย มีค่าเท่ากับ 109

เดซิเบล(dB.) ของระบบที่ไม่ใช้วาล์วในการควบคุมตำแหน่ง
ห่างจากค่าศูนย์มาก ทำให้ระบบไม่เกิดความไม่เสถียร และค่า
ความกว้างที่ใช้งานได้ของระบบ(BW) มีค่าเท่ากับ 0.6 เฮิรตซ์(Hz)

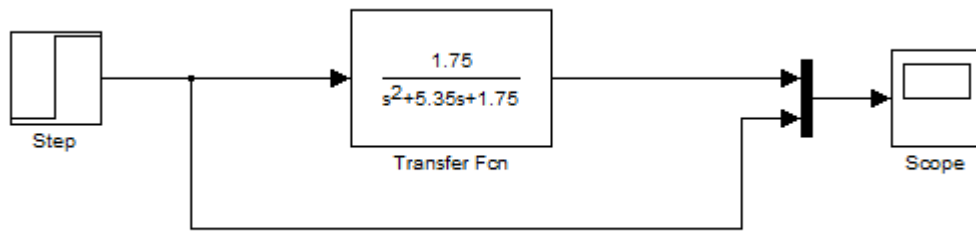
4.1.2 ผลการทดลองควบคุมตำแหน่งของก้านสูบโดยใช้วาล์วควบคุมทิศทาง โดยการควบคุมแบบพีไอดี ที่ระยะ 0-120 มิลลิเมตร , 0-180 มิลลิเมตร และ 0-250 มิลลิเมตร

4.1.2.1 ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งของก้านสูบโดยใช้วาล์วควบคุมทิศทาง



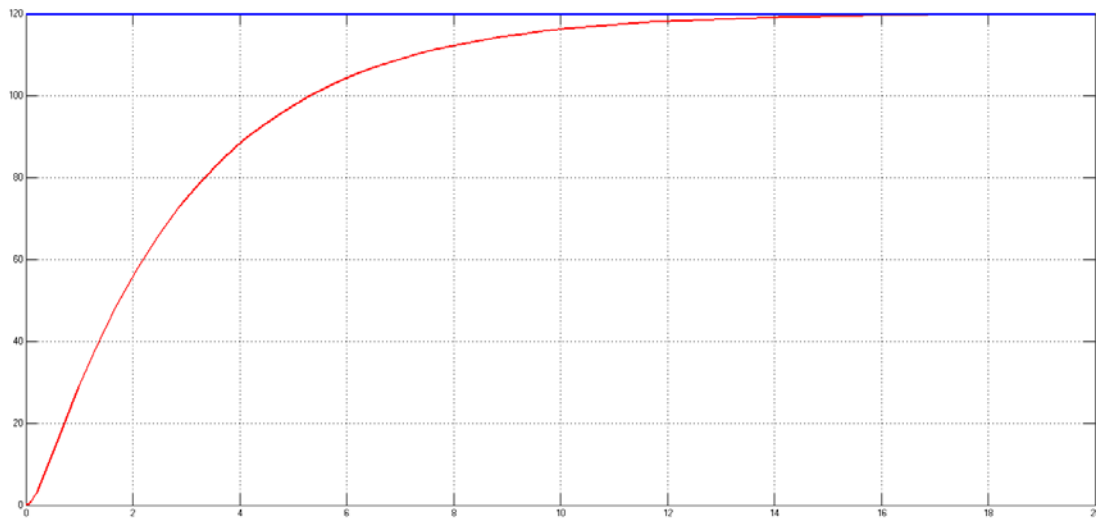
ภาพที่ 4-11 กราฟที่ได้จากแลบVIEW โดยการปรับค่าระยะที่ 0 มิลลิเมตร ถึง 120 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 4-11 เป็นกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งของก้านสูบโดยใช้วาล์วควบคุมทิศทาง ที่ระยะ 0-120 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าระบบสามารถเข้าสู่ตำแหน่ง และรักษาสภาวะคงตัวได้ โดยมีค่าเวลานั่งงอยู่ที่ 0 วินาที ค่าเวลาขึ้นอยู่ที่ 3.1 วินาที และเวลาการเข้าสู่ตำแหน่ง อยู่ที่ 5.5 วินาที



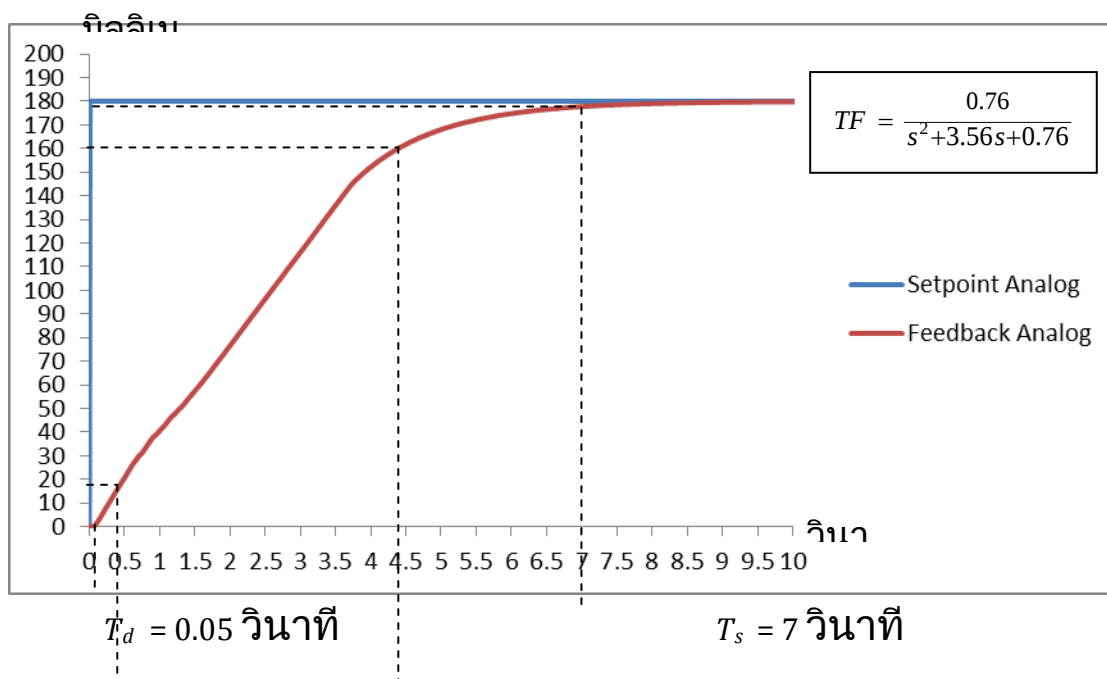
ภาพที่ 4-12 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-12 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอน ของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอน เพื่อดูการตอบสนองของระบบ



ภาพที่ 4-13 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

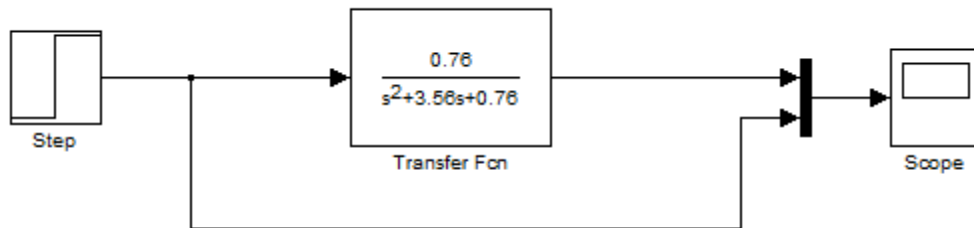
จากภาพที่ 4-13 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชัน
ถ่ายโอน จากโปรแกรม
แมทแลบ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่างสมการ
ฟังก์ชันถ่ายโอน กับ กราฟที่ได้จาก
ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งที่ ระยะ 120 มิลลิเมตร



← $T_r = 4$ วินาที

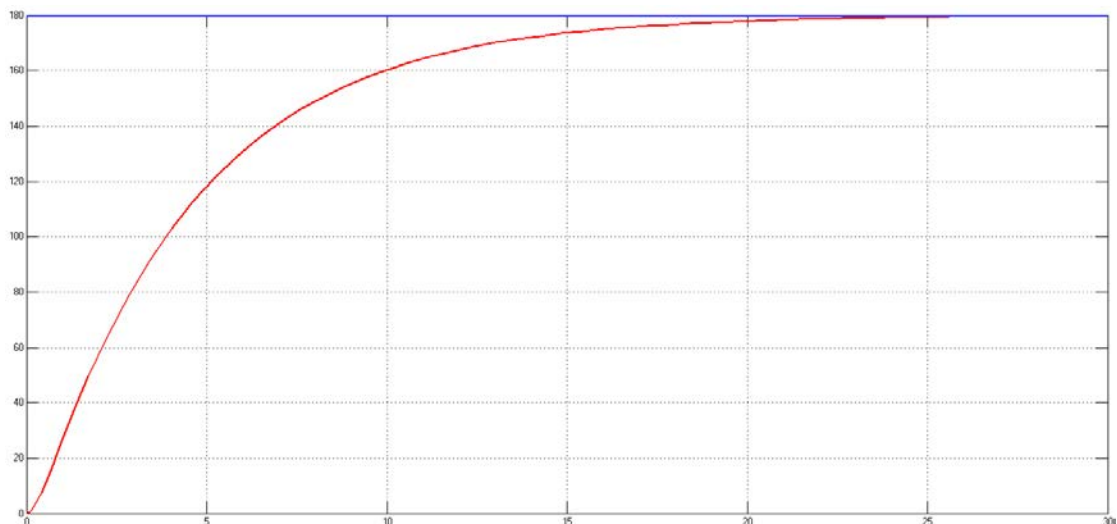
ภาพที่ 4-14 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าระยะที่ 0
มิลลิเมตร ถึง 180 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 4-14 เป็นกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งของก้านสูบโดยใช้วาล์วควบคุมทิศทาง ที่ระยะ 0-180 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าระบบสามารถเข้าสู่ตำแหน่ง และรักษาสภาวะคงตัวได้ โดยมีค่าเวลาหน่วงอยู่ที่ 0.05 วินาที ค่าเวลาขึ้นอยู่ที่ 4 วินาที และเวลาการเข้าสู่ตำแหน่งอยู่ที่ 7 วินาที



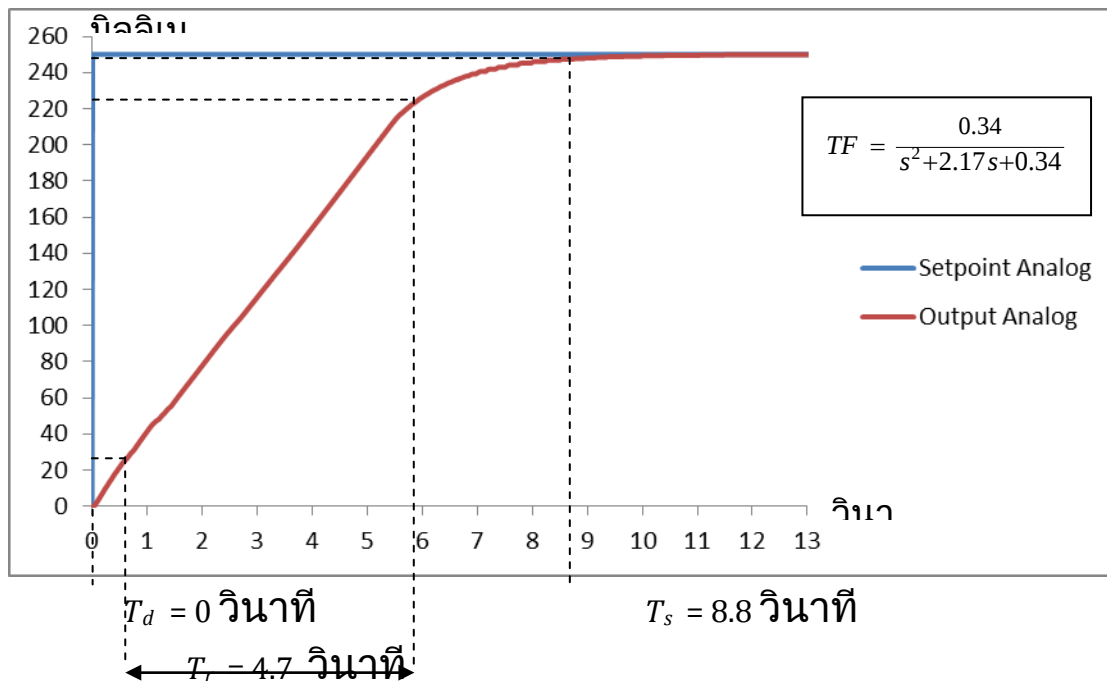
ภาพที่ 4-15 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-15 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอน เพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



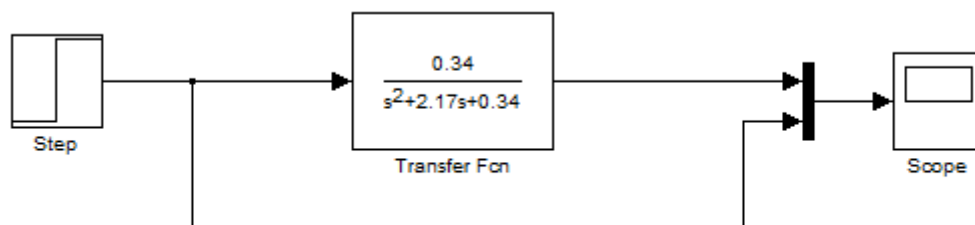
ภาพที่ 4-16 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

จากภาพที่ 4-16 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชัน
ถ่ายโอน จากโปรแกรม
แมทแลบ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่างสมการ
ฟังก์ชันถ่ายโอน กับ กราฟที่ได้จาก
ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งที่ ระยะ 180 มิลลิเมตร



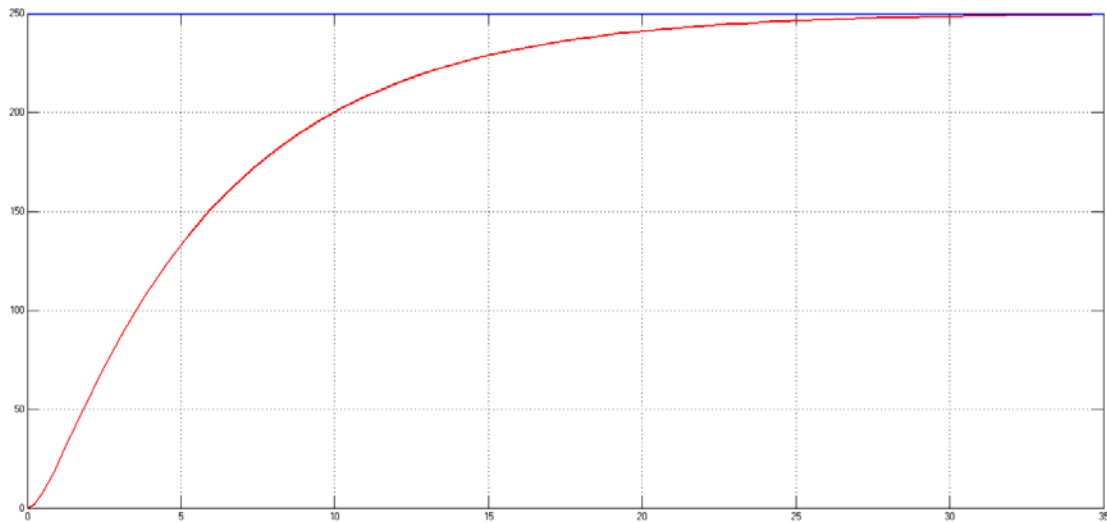
ภาพที่ 4-17 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าระยะที่ 0 มิลลิเมตร ถึง 250 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 4-17 เป็นกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งของก้านสูบ โดยใช้วาล์วควบคุมทิศทาง ที่ระยะ 0-250 มิลลิเมตร จะเห็นได้ว่าระบบสามารถเข้าสู่ตำแหน่ง และรักษาสภาวะคงตัวได้ โดยมีค่าเวลาหน่วงอยู่ที่ 0 วินาที ค่าเวลาขึ้นอยู่ที่ 4.7 วินาที และเวลาเข้าสู่ตำแหน่งอยู่ที่ 8.8 วินาที



ภาพที่ 4-18 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-18 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอนเพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



ภาพที่ 4-19 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

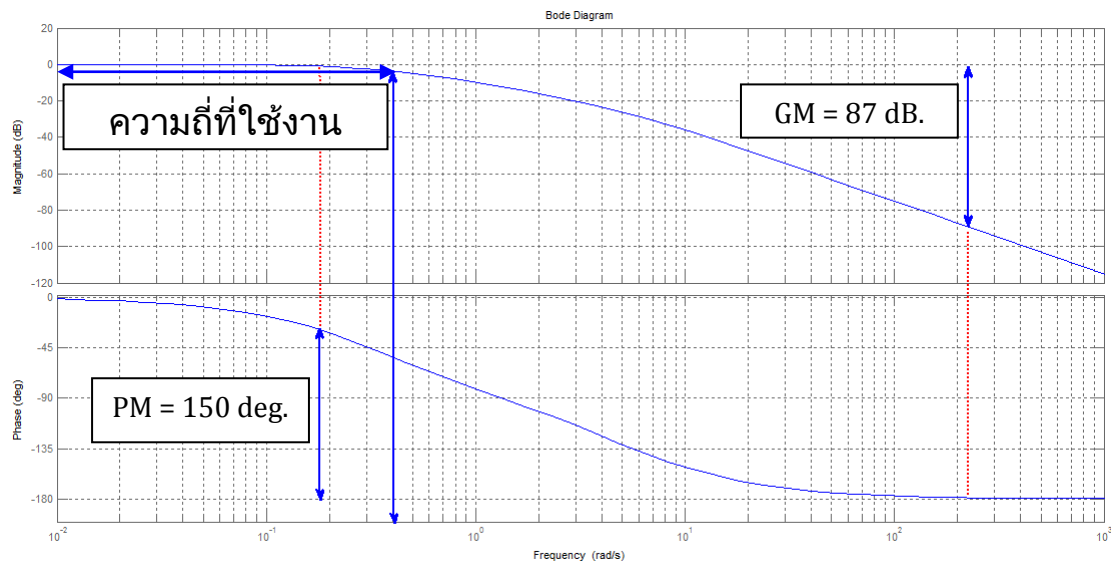
จากภาพที่ 4-19 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชัน
ถ่ายโอน จากโปรแกรม
แมทแลบ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่างสมการ
ฟังก์ชันถ่ายโอนกับ กราฟที่ได้จาก
ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งที่ ระยะ 250 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองการควบคุมตำแหน่ง โดยใช้วาล์ว
ควบคุมทิศทาง

ระยะการ ทดลอง (มิลลิเมตร)	T_d (วินาที)	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	% ฟุ่ง เกิน	% ความ ผิดพลาด
120	0	3.1	5.5	0	0.02
180	0.05	4	7	0	0.02
250	0	4.7	8.8	0	0.02

จากตารางที่ 4-1 และ 4-2 เป็นตารางแสดงค่าเวลา ในการ
เข้าสู่ตำแหน่ง ของก้านสูบโดยใช้วาล์วควบคุมทิศทาง จากผล

การทดลองการควบคุมตำแหน่งทั้งหมด ได้นำมาเปรียบเทียบกับ
ในตารางที่ 4-3



ภาพที่ 4-20 การหาโบเดพื๊อท จากโปรแกรมแมทแลบ

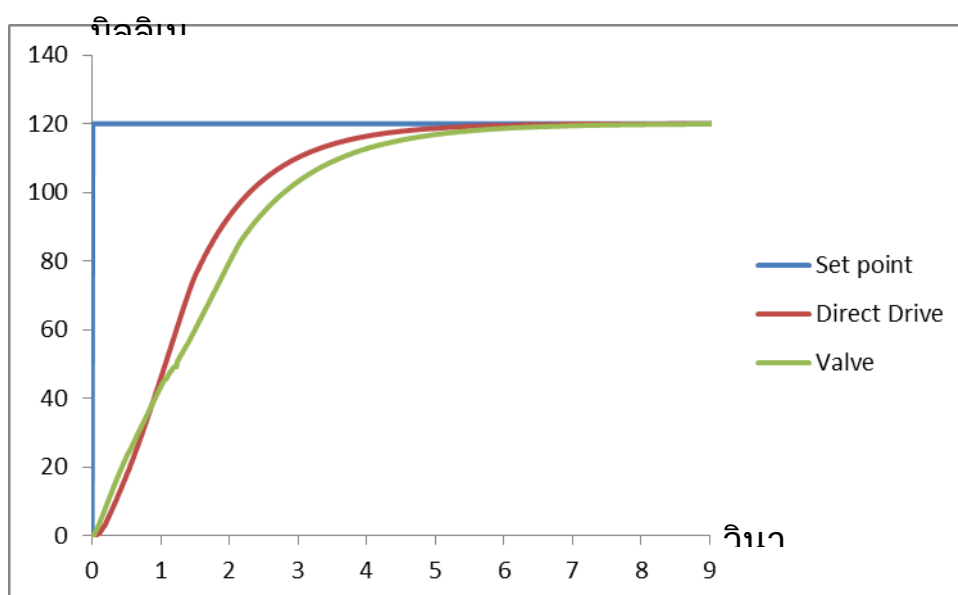
จากภาพที่ 4-20 เป็นการนำสมการของฟังก์ชันถ่ายโอนที่หาได้ มาหาประสิทธิภาพทางความถี่ โดยการดูจากค่าส่วนเฟื่อเฟส และส่วนเฟื่ออัตราขยาย ถ้าค่า ส่วนเฟื่อเฟส และส่วนเฟื่ออัตราขยายมีค่าเข้าใกล้ศูนย์มาก ก็จะทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียร ซึ่งจากกราฟ จะเห็นได้ว่า ค่าส่วนเฟื่อเฟส มีค่าเท่ากับ 150 องศา และส่วนเฟื่ออัตราขยาย มีค่าเท่ากับ 87 เดซิเบล ของระบบที่ใช้แล้วในการควบคุมตำแหน่ง ห่างจากค่าศูนย์มาก ทำให้ระบบไม่เกิดความไม่เสถียร และค่าความกว้างที่ใช้งานได้ของระบบ มีค่าเท่ากับ 0.4 เฮิรซ์

ตารางที่ 4-3 การเปรียบเทียบผลการทดลอง การควบคุมตำแหน่ง
ทั้งหมดที่ระยะ 0-120มิลลิเมตร 0-180 มิลลิเมตร และ
0-250 มิลลิเมตร

ระบบ ควบคุม	ระยะการ ทดลอง	T_d (วินาที)	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	% ฟุ่ง เกิน	% ความ ผิดพลาด
----------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	----------------	----------------------

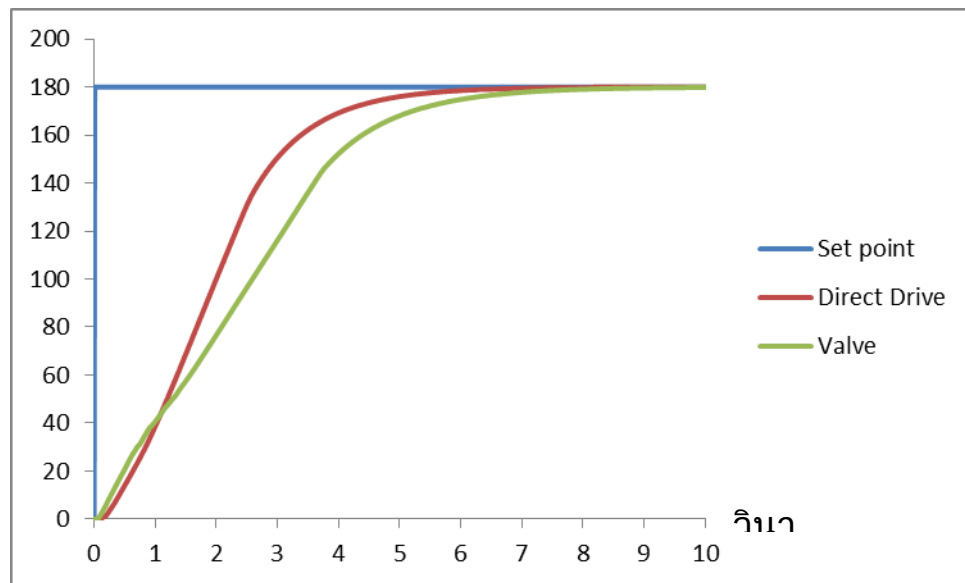
	(มิลลิเมตร)					๗ด
แบบขับ ตรง	120	0.25	2.5	4.2	0	0.01
	180	0.4	3	4.8	0	0.02
	250	0.4	3.45	6.6	0	0.02
แบบใช้ วาล์ว	120	0	3.1	5.5	0	0.02
	180	0.05	4	7	0	0.02
	250	0	4.7	8.8	0	0.02

จากตารางที่ 4-3 การเปรียบเทียบผลการทดลองควบคุมตำแหน่งทั้งหมด โดยจะเห็นได้ว่า การควบคุมตำแหน่งของก้านสูบในระบบไฮดรอลิกส์ แบบไม่ใช้วาล์ว จะมี ค่าเวลาหน่วง และช่วงเวลาขึ้น และเวลาเข้าสู่ตำแหน่ง น้อยกว่าระบบที่ใช้วาล์วควบคุมทิศทางที่ทำให้ก้านสูบเข้าสู่ตำแหน่ง ดังในภาพที่ 4-21 ภาพที่ 4-22 และภาพที่ 4-23

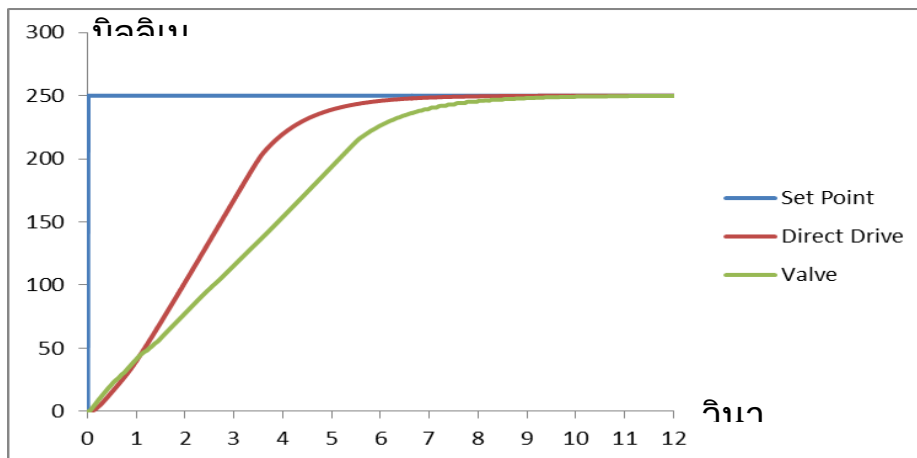


ภาพที่ 4-21 การเปรียบเทียบการเข้าสู่ตำแหน่ง ที่ระยะ 120 มิลลิเมตร

กิโลลิเมตร



ภาพที่ 4-22 การเปรียบเทียบการเข้าสู่ตำแหน่ง ที่ระยะ 180 มิลลิเมตร



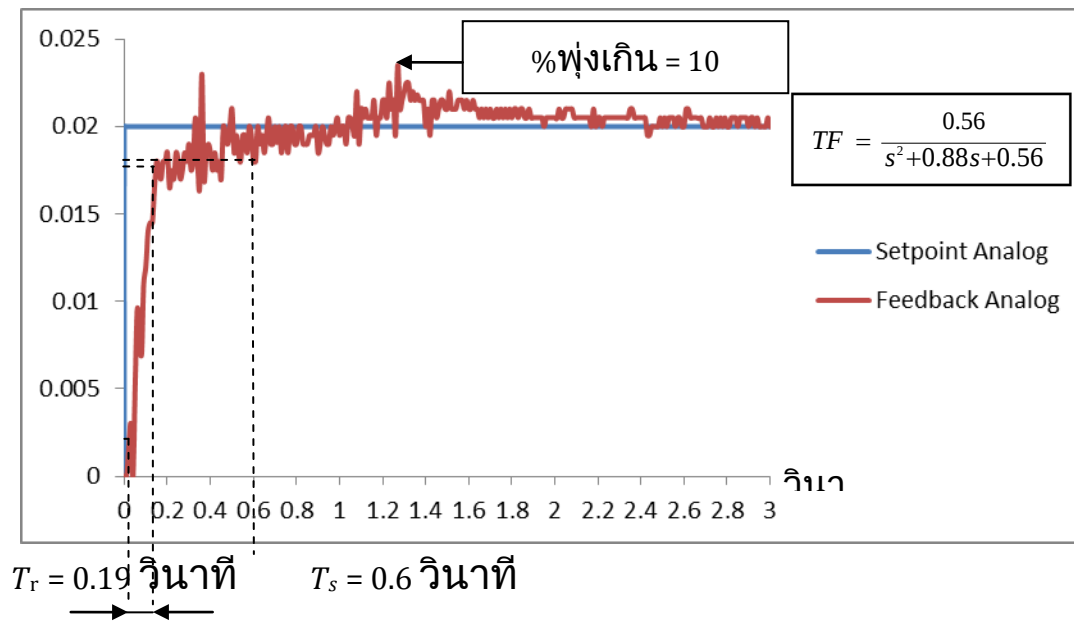
ภาพที่ 4-23 การเปรียบเทียบการเข้าสู่ตำแหน่ง ที่ระยะ 250 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 4-21 ภาพที่ 4-22 และภาพที่ 4-23 เป็นกราฟแสดง การเปรียบเทียบการเข้าสู่ตำแหน่ง ระหว่างระบบขับตรง กับ ระบบที่ใช้วาล์ว จะเห็นได้ว่าระบบขับตรง จะใช้เวลาในการเข้าสู่ ตำแหน่งได้เร็วกว่าระบบที่ใช้วาล์ว

4.2 ผลการทดลองการควบคุมความเร็ว ของก้านสูบ โดยการ ควบคุมแบบพี

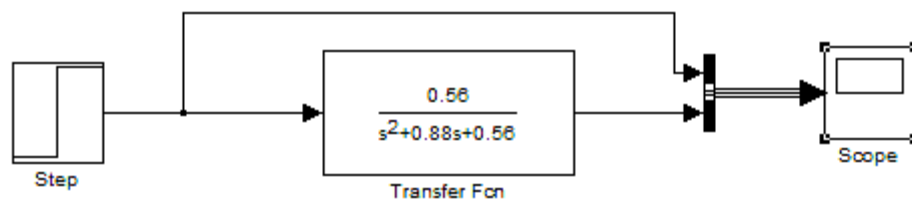
4.2.1 ผลการทดลองควบคุมความเร็วของก้านสูบไฮดรอลิกส์ แบบใช้วาล์วควบคุมทิศทาง โดยการควบคุมแบบพีไอดี ที่ ความเร็ว 0.02 เมตรต่อวินาที, 0.03 เมตรต่อวินาที และ 0.035 เมตรต่อ วินาที

เมตรต่อ



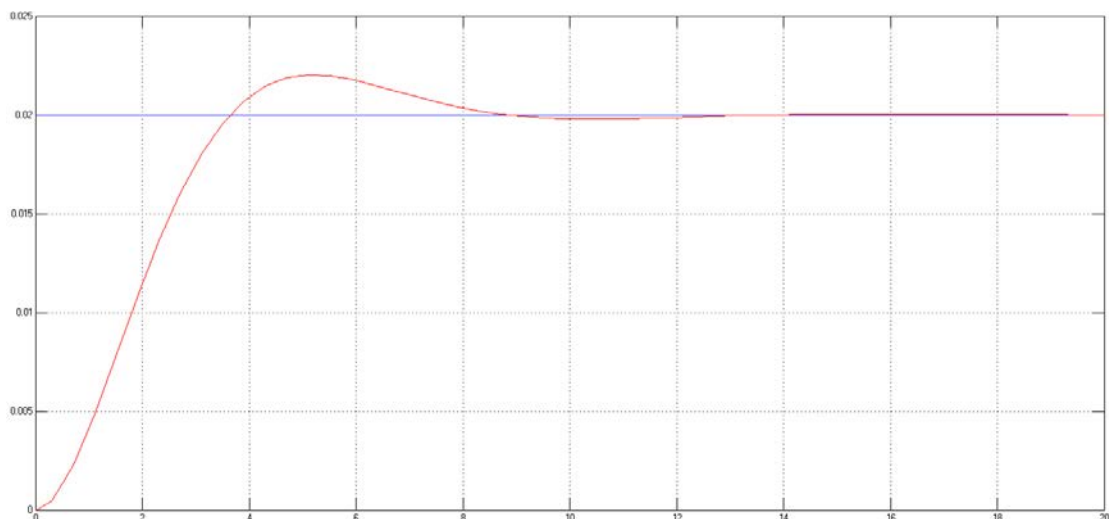
ภาพที่ 4-24 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าความเร็ว ที่ 0.02 เมตรต่อวินาที

จากภาพที่ 4-24 เป็นกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมความเร็วของก้านสูบโดยใช้วาล์วควบคุมทิศทาง ที่ความเร็ว 0.02 เมตรต่อวินาที โดยใช้การควบคุมแบบพี โดยที่ค่าเวลาขึ้นอยู่ที่ 0.19 วินาที และเวลาเข้าสู่ตำแหน่งอยู่ที่ 0.6 วินาที โดยเปอร์เซ็นต์ฟุงเกิน อยู่ที่ 1 เปอร์เซ็นต์



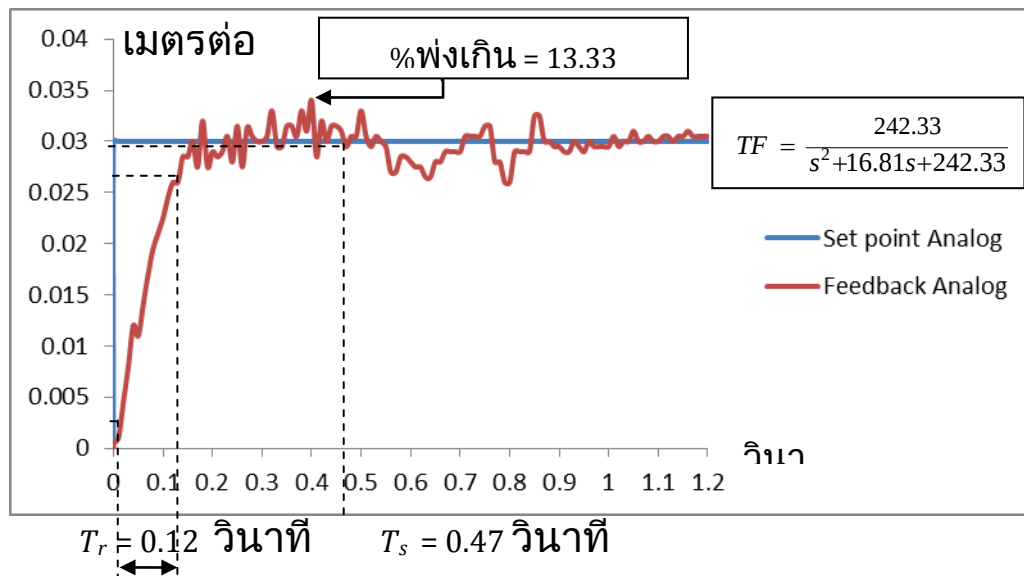
ภาพที่ 4-25 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-25 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอน เพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



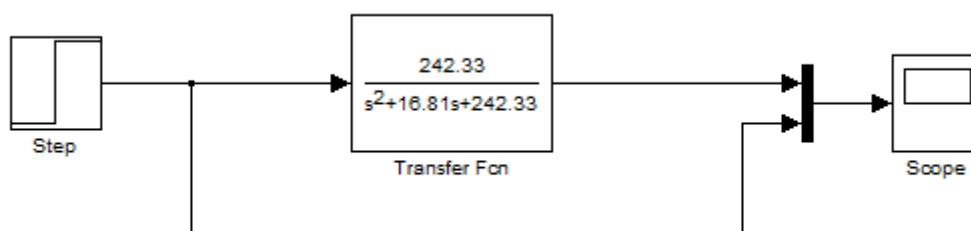
ภาพที่ 4-26 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

จากภาพที่ 4-26 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชัน
ถ่ายโอน จากโปรแกรม
แมทแลบ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่าง สมการ
ฟังก์ชันถ่ายโอน กับ กราฟที่ได้จากผลการทดลองการควบคุม
ความเร็ว ที่ความเร็ว 0.02 เมตรต่อวินาที



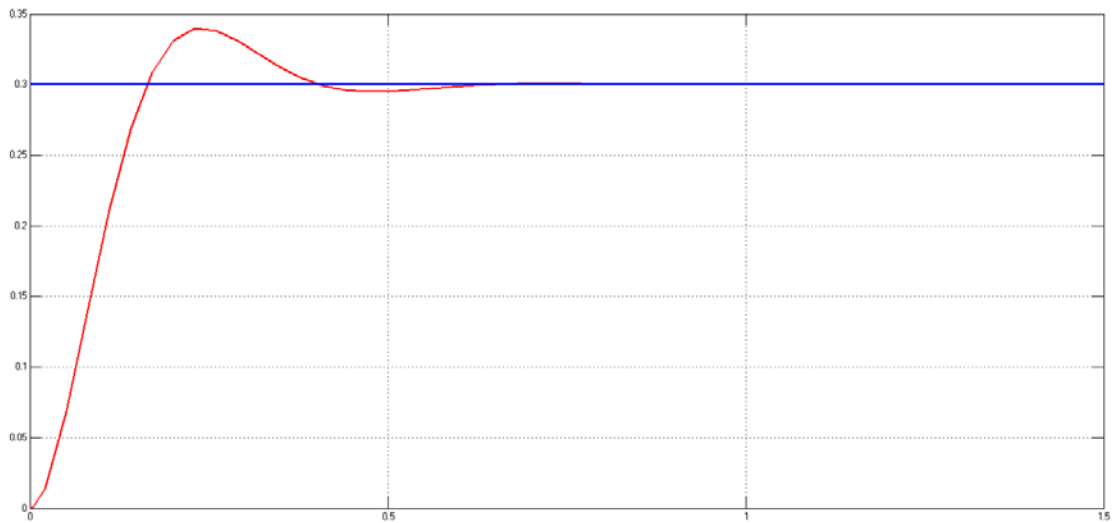
ภาพที่ 4-27 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าความเร็ว ที่ 0.03 เมตรต่อวินาที

จากภาพที่ 4-27 เป็นกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมความเร็วของก้านสูบโดยใช้วาล์วควบคุมทิศทาง ที่ความเร็ว 0.03 เมตรต่อวินาที โดยใช้การควบคุมแบบพี โดยที่ค่าเวลาขึ้นอยู่ที่ 0.12 วินาที และเวลาในการเข้าสู่ตำแหน่งอยู่ที่ 0.47 วินาที และเปอร์เซ็นต์ฟุ้งเกินอยู่ที่ 13.33 เปอร์เซ็นต์



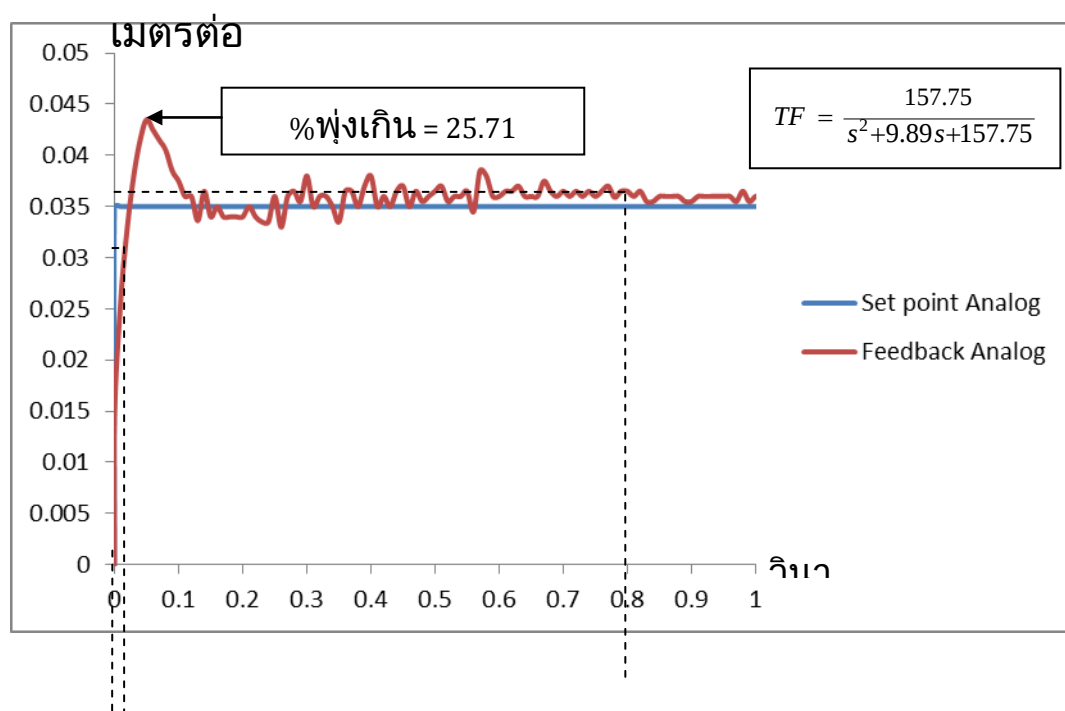
ภาพที่ 4-28 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-28 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอน
ของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอน
เพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



ภาพที่ 4-29 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

จากภาพที่ 4-29 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชัน
ถ่ายโอน จากโปรแกรม
แมทแลบ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่าง สมการ
ฟังก์ชันถ่ายโอน กับ กราฟที่ได้จากผลการทดลองการควบคุม
ความเร็ว ที่ความเร็ว 0.03 เมตรต่อวินาที

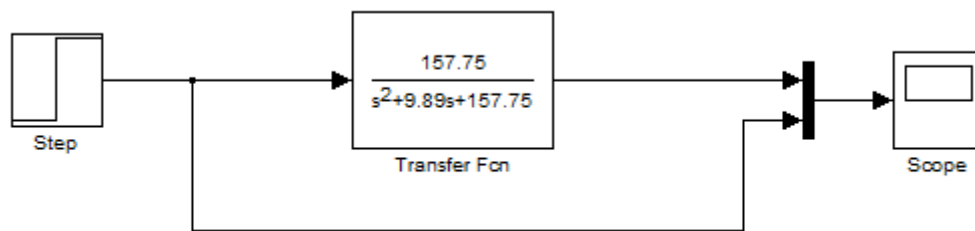


→ ← $T_r = 0.15$ วินาที

$T_s = 0.80$ วินาที

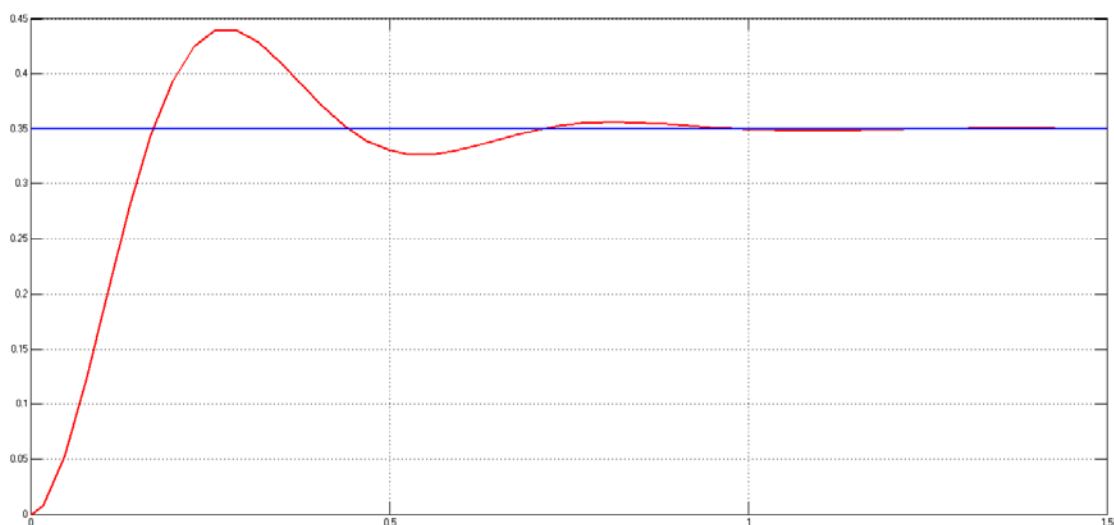
ภาพที่ 4-30 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าความเร็ว ที่
0.035 เมตรต่อวินาที

จากภาพที่ 4-30 เป็นกราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมความเร็วของก้านสูบโดยใช้วาล์วควบคุมทิศทาง ที่ความเร็ว 0.035 เมตรต่อวินาที โดยใช้การควบคุมแบบพี โดยที่ค่าเวลาขึ้นจะอยู่ที่ 0.9 วินาที และเวลาในการเข้าสู่ตำแหน่งอยู่ที่ 2.9 วินาที โดยเปอร์เซ็นต์ฟุ้งเกินอยู่ที่ 25.71 เปอร์เซ็นต์



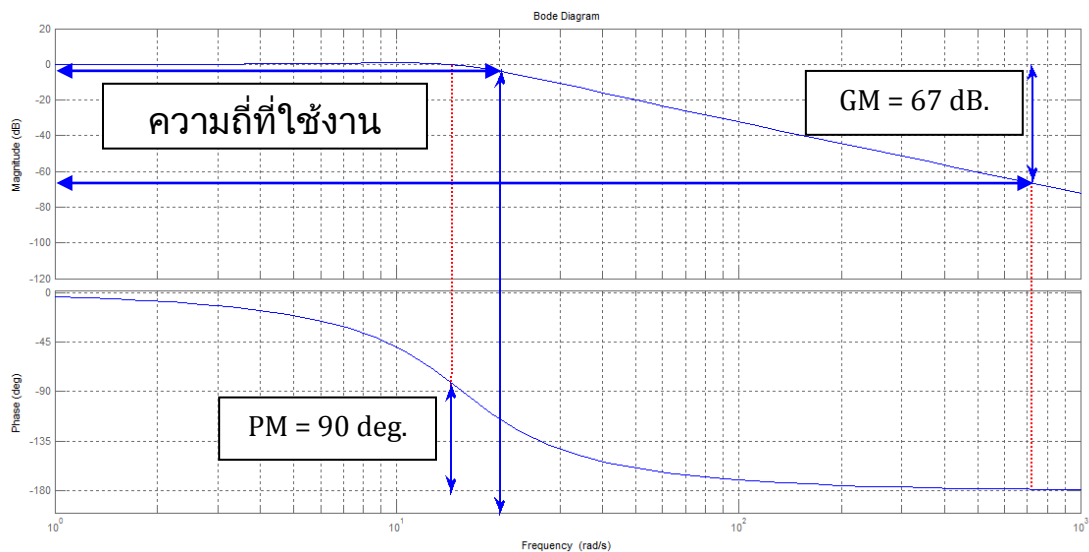
ภาพที่ 4-31 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-31 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอนเพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



ภาพที่ 4-32 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

จากภาพที่ 4-32 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชัน
ถ่ายโอน จากโปรแกรม
แมทแล็บ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่าง สมการ
ฟังก์ชันถ่ายโอน กับ กราฟที่ได้จากผลการทดลองการควบคุม
ความเร็ว ที่ความเร็ว 0.035 เมตรต่อวินาที



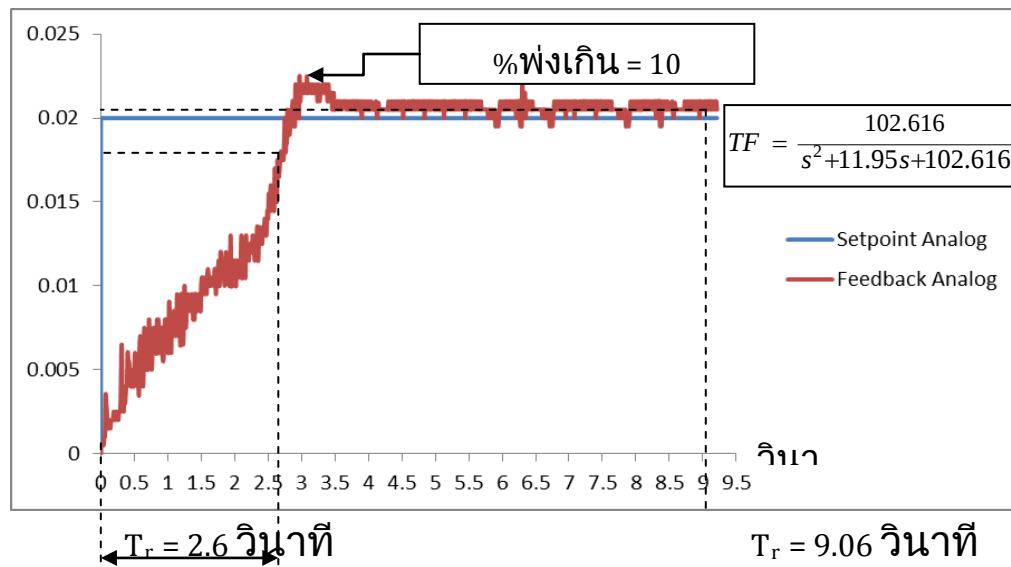
ภาพที่ 4-33 การหาโบเดพื๊อท จากโปรแกรมเมทแลบ

จากภาพที่ 4-33 เป็นการนำเสนอผลการของ ฟังก์ชันถ่ายโอนที่หาได้ มาหาประสิทธิภาพทางความถี่ โดยการดูจากค่า ส่วนเฟื่อเฟส และส่วนเฟื่ออัตราขยาย ถ้า ค่า ส่วนเฟื่อเฟส และ ส่วนเฟื่ออัตราขยาย มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มาก ก็จะทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียร ซึ่งจากกราฟ จะเห็นได้ว่า ค่าส่วนเฟื่อเฟส มีค่าเท่ากับ 90 องศา และส่วนเฟื่ออัตราขยาย มีค่าเท่ากับ

67 เดซิเบล ของระบบที่ใช้วาล์วในการควบคุมความเร็ว ห่างจากค่าศูนย์มาก ทำให้ระบบ ไม่เกิดความไม่เสถียร และค่าความกว้างที่ใช้งานได้ของระบบ มีค่าเท่ากับ 20 เฮิร์ซ

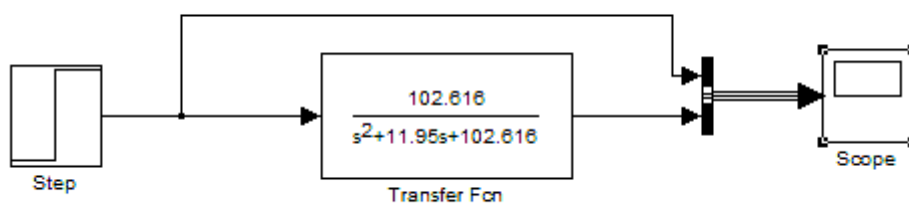
4.2.2 ผลการทดลองควบคุมความเร็วของก้านสูบไฮดรอลิกส์ แบบขับตรง โดยการควบคุมแบบพี ที่ความเร็ว 0.02 เมตรต่อวินาที, 0.03 เมตรต่อวินาทีและ 0.035 เมตรต่อวินาที

เมตรต่อ



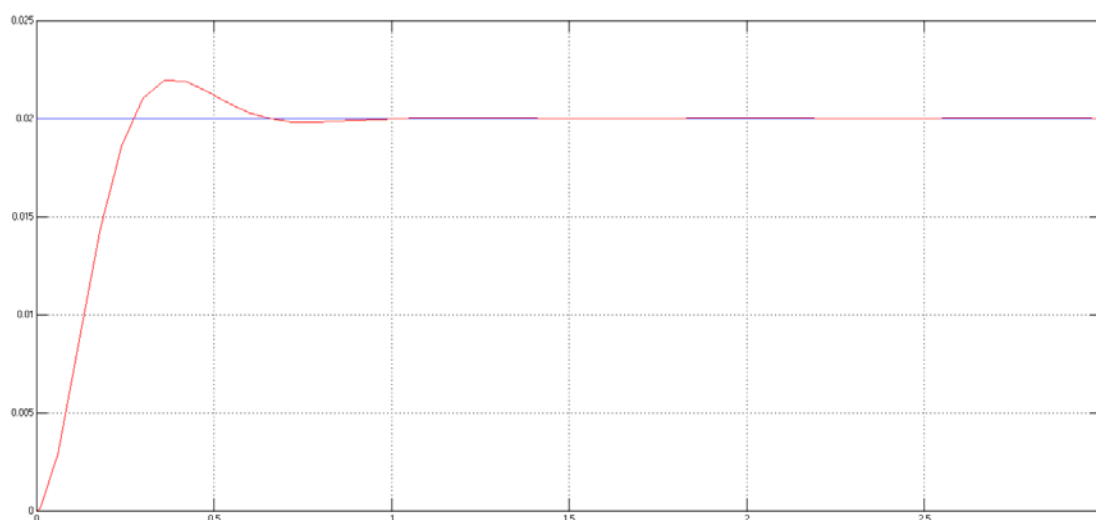
ภาพที่ 4-34 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าความเร็ว ที่ 0.02 เมตรต่อวินาที

จากภาพที่ 4-34 เป็นกราฟแสดงผลการทดลอง การควบคุมความเร็วของก้านสูบแบบขั้นตรง ที่ความเร็ว 0.02 เมตรต่อวินาที โดยใช้การควบคุมแบบพี โดยที่ค่าเวลาขึ้นจะอยู่ที่ 2.6 วินาที และเวลาเข้าสู่ตำแหน่งอยู่ที่ 9.06 วินาที โดยเปอร์เซ็นต์ฟุ้งเกิน อยู่ที่ 10 เปอร์เซ็นต์



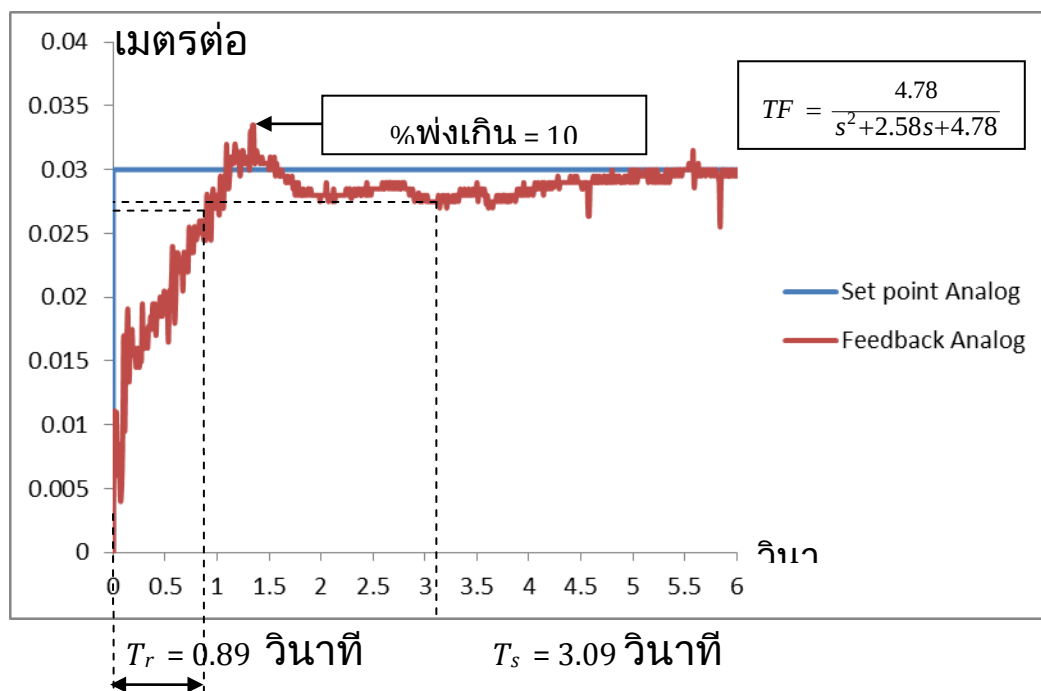
ภาพที่ 4-35 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-35 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอนเพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



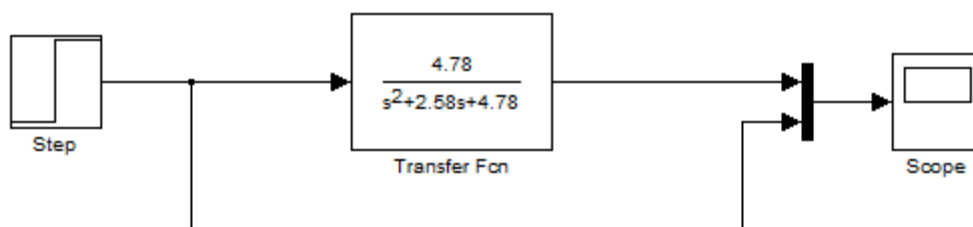
ภาพที่ 4-36 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

จากภาพที่ 4-36 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชัน
ถ่ายโอน จากโปรแกรม
แมทแล็บ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่าง สมการ
ฟังก์ชันถ่ายโอน กับ กราฟที่ได้จากผลการทดลองการควบคุม
ความเร็ว ที่ความเร็ว 0.02 เมตรต่อวินาที



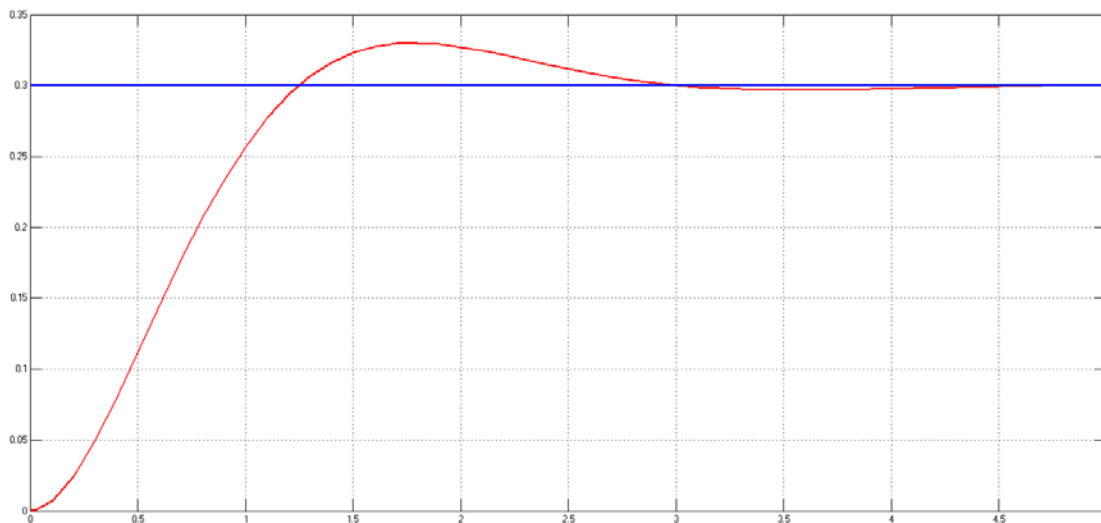
ภาพที่ 4-37 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าความเร็ว ที่ 0.03 เมตรต่อวินาที

จากภาพที่ 4-37 กราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมความเร็วของก้านสูบ แบบขั้นตรง ที่ความเร็ว 0.03 เมตรต่อวินาที โดยใช้การควบคุมแบบพี โดยมีค่าเวลาขึ้นอยู่ที่ 0.89 วินาที และเวลาเข้าสู่ตำแหน่ง อยู่ที่ 3.09 วินาที โดยเปอร์เซ็นต์ฟุ้งเกินอยู่ที่ 10 เปอร์เซ็นต์



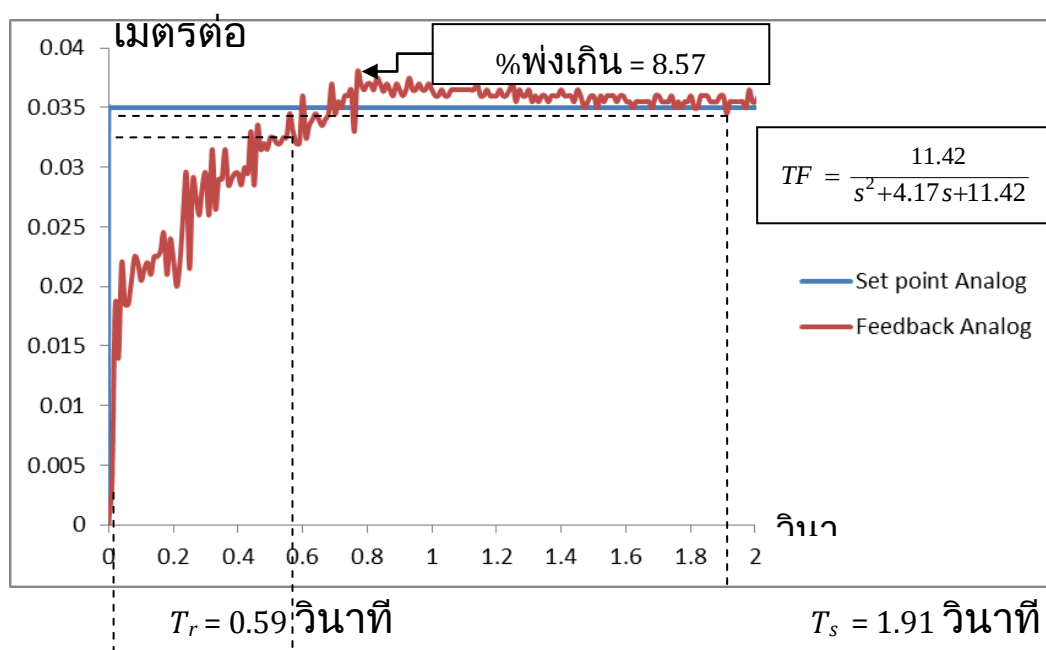
ภาพที่ 4-38 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-38 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอนเพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



ภาพที่ 4-39 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

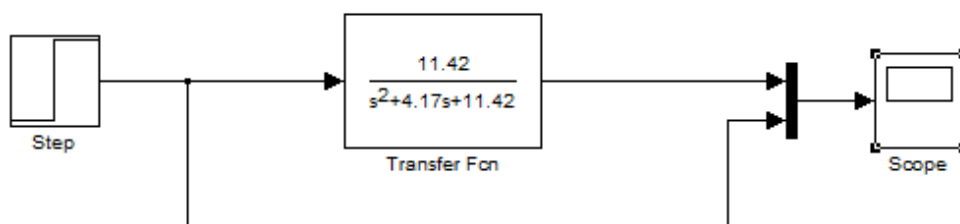
จากภาพที่ 4-39 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชัน
ถ่ายโอน จากโปรแกรม
แมทแล็บ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่าง สมการ
ฟังก์ชันถ่ายโอน กับ กราฟที่ได้จากผลการทดลองการควบคุม
ความเร็ว ที่ความเร็ว 0.03 เมตรต่อวินาที





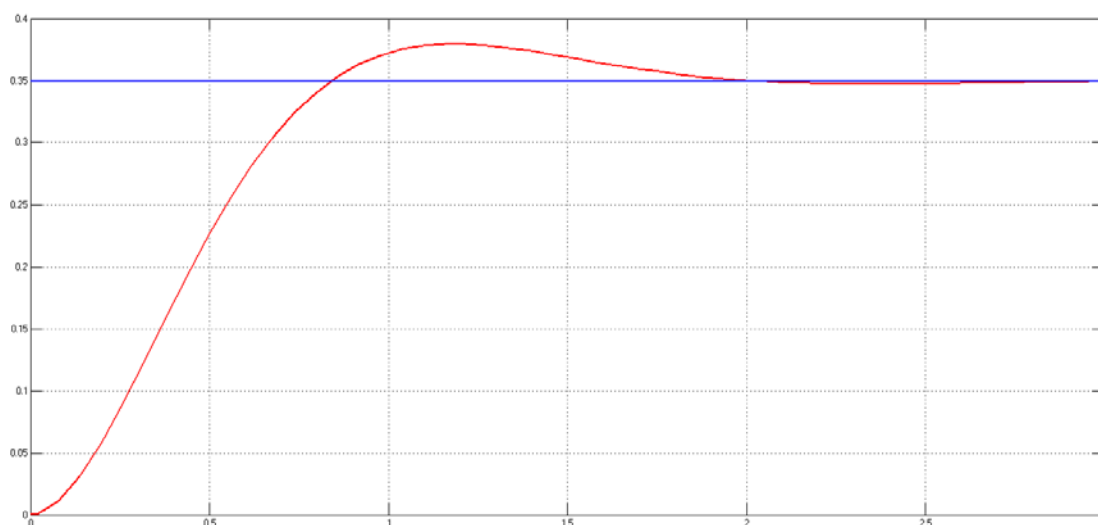
ภาพที่ 4-40 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าความเร็ว
ที่ 0.035 เมตรต่อวินาที

จากภาพที่ 4-40 กราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมความเร็วของก้านสูบ แบบขั้นตรง ที่ความเร็ว 0.035 เมตรต่อวินาที โดยการใช้การควบคุมแบบพี โดยมีค่าเวลาขึ้นอยู่ที่ 0.59 วินาที และเวลาเข้าสู่ตำแหน่งอยู่ที่ 1.91 วินาที โดยเปอร์เซ็นต์ฟุ้งเกิน อยู่ที่ 8.57 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 4-41 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-41 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอน เพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



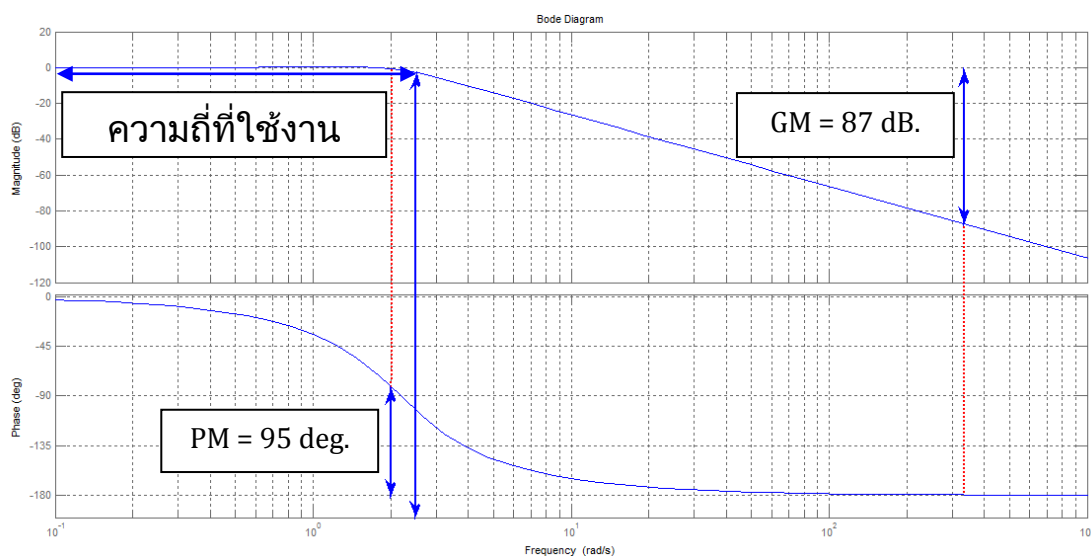
ภาพที่ 4-42 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

จากภาพที่ 4-42 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชัน
ถ่ายโอน จากโปรแกรม
แมทแลบ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่าง สมการ
ฟังก์ชันถ่ายโอน กับ กราฟที่ได้จากผลการทดลองการควบคุม
ความเร็ว ที่ความเร็ว 0.035 เมตรต่อวินาที

ตารางที่ 4-4 การเปรียบเทียบผลทดลองการควบคุมความเร็วทั้งหมด ที่ความเร็ว 0.02 เมตรต่อวินาที 0.03 เมตรต่อวินาที และ 0.035 เมตรต่อวินาที

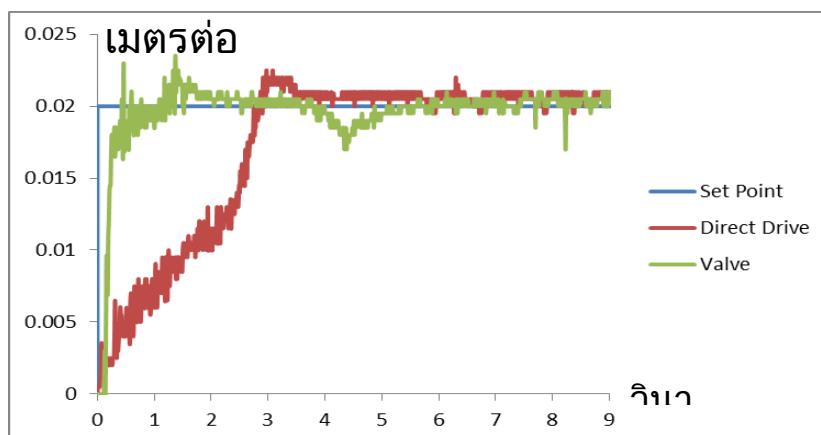
ระบบควบคุม	ความเร็ว (เมตรต่อวินาที)	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	% ฟุ่งเกิน	% ความผิดพลาด
แบบใช้วาล์ว	0.02	2.6	9.06	10	2.5
	0.03	0.12	0.47	13.33	1.66
	0.035	0.15	0.80	25.71	1.42
แบบขับตรง	0.02	0.19	0.6	10	2.5
	0.03	0.89	3.09	10	1.66
	0.035	0.59	1.91	8.57	1.42

จากตารางที่ 4-4 การเปรียบเทียบผลการทดลองการควบคุมความเร็วของก้านสูบไฮดรอลิกส์ ของทั้งสองระบบ จะเห็นได้ว่าระบบขับตรง มีเปอร์เซ็นต์การฟุ่งเกิน น้อยกว่า ระบบที่ใช้วาล์ว แต่จะใช้เวลาในการเข้าสู่ตำแหน่ง มากกว่า ระบบที่ใช้วาล์ว

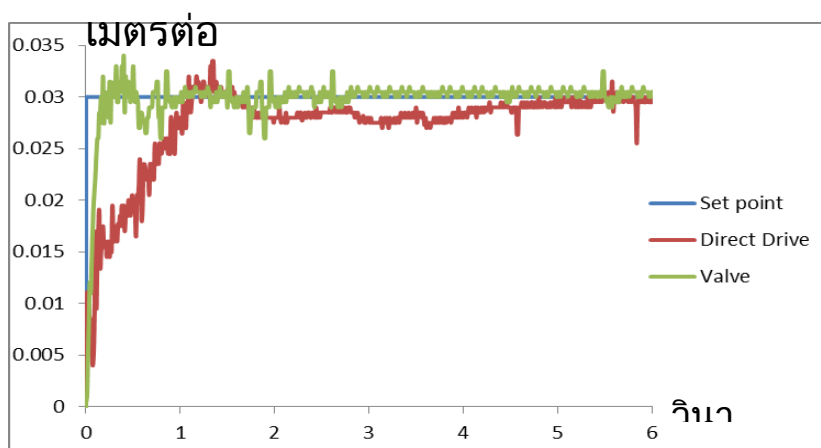


ภาพที่ 4-43 การหาโบเดพื๊อท จากโปรแกรมเมทแลบ

จากภาพที่ 4-43 การนำเสนอการฟังก์ชันถ่ายโอนที่หาได้จาก ระบบ มาหาประสิทธิภาพทางความถี่ โดยการดูจากค่า ส่วนเฟื่อเฟส และส่วนเฟื่ออัตราขยาย ถ้าค่า ส่วนเฟื่อเฟส และ ส่วนเฟื่ออัตราขยาย มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มาก ก็จะทำให้ระบบ เกิดความไม่เสถียร ซึ่งจากกราฟ จะเห็นได้ว่า ค่าส่วนเฟื่อ เฟสมีค่าเท่ากับ 95 องศา และส่วนเฟื่ออัตราขยาย มีค่าเท่ากับ 87 เดซิเบล ของระบบที่ไม่ใช้วาล์วในการควบคุมความเร็ว ห่างจากค่าศูนย์มาก ทำให้ระบบ ไม่เกิดความไม่เสถียร และค่า ความกว้างที่ใช้งานได้ของระบบ มีค่าเท่ากับ 2.5 เฮิรซ์

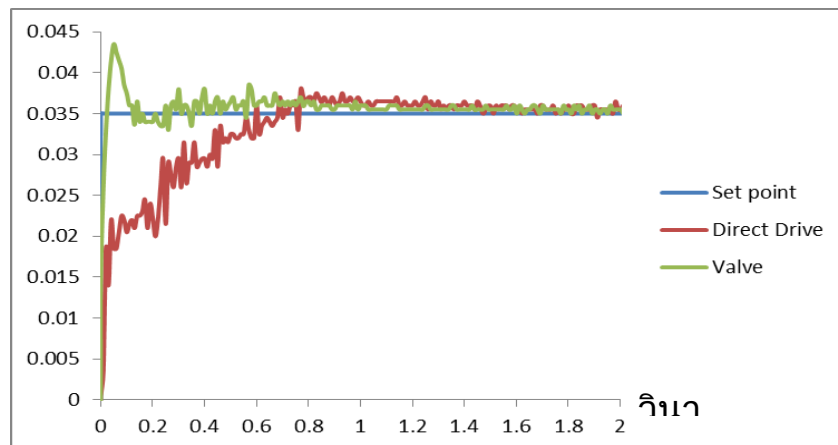


ภาพที่ 4-44 การเปรียบเทียบ การเข้าสู่ตำแหน่ง ที่ความเร็ว 0.02 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 4-45 การเปรียบเทียบ การเข้าสู่ตำแหน่ง ที่ความเร็ว 0.03 เมตรต่อวินาที

เมตรต่อ

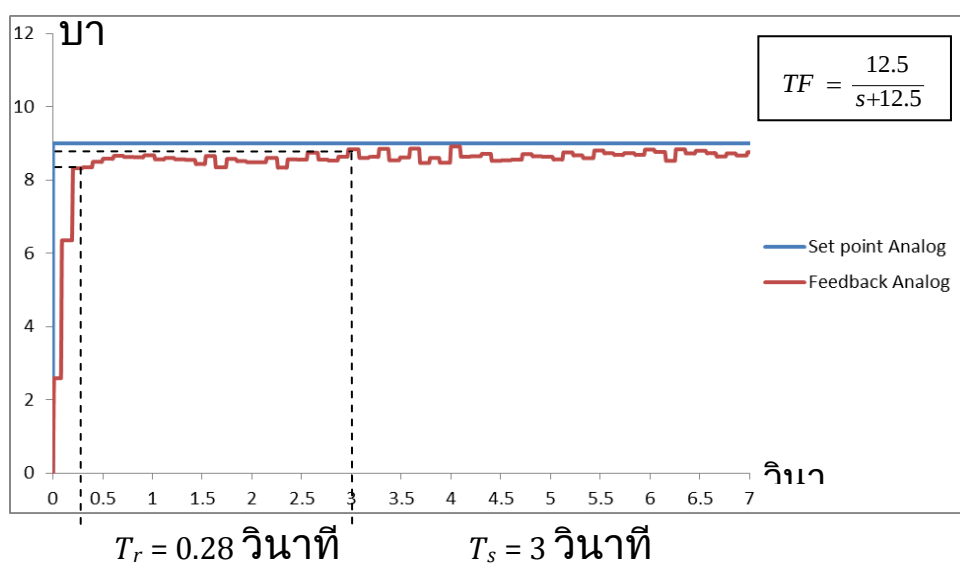


ภาพที่ 4-46 การเปรียบเทียบ การเข้าสู่ตำแหน่ง ที่ความเร็ว 0.035 เมตรต่อวินาที

จากภาพที่ 4-44 ภาพที่ 4-45 และภาพที่ 4-46 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบการเข้าสู่ตำแหน่งของทั้งสองระบบ จะเห็นได้ว่า ในการเข้าสู่ตำแหน่งของระบบขับตรง จะใช้เวลาในการเข้าสู่ตำแหน่งได้มากกว่าระบบที่ใช้วาล์ว

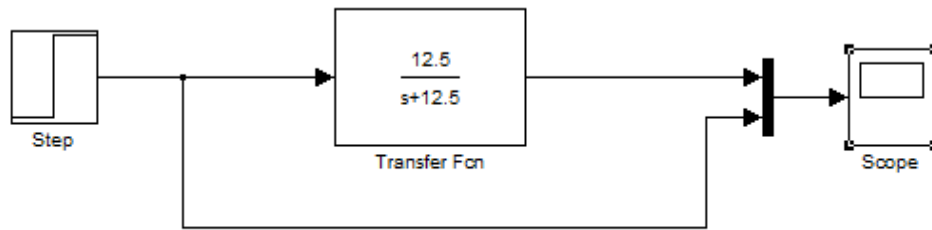
4.3 ผลการทดลองการควบคุมความดัน โดยการควบคุมแบบพี

4.3.1 ผลการทดลองการควบคุมความเร็วของก้านสูบ แบบใช้วาล์วควบคุมทิศทาง โดยการควบคุมแบบพี ที่ความความดัน 9 บาร์



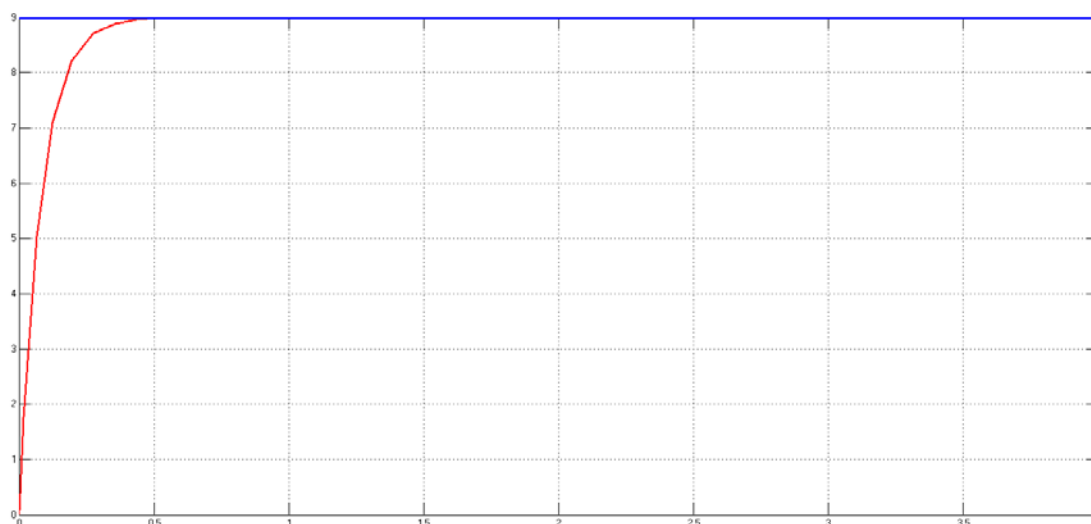
ภาพที่ 4-47 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าความดันที่ 9 บาร์

จากภาพที่ 4-47 กราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมความดัน โดยใช้วาล์วควบคุมทิศทาง ที่ความดัน 9 บาร์ โดยการใช้การควบคุมแบบพี โดยค่าเวลาหน่วงจะอยู่ที่ 0.1 วินาที ค่าเวลาขึ้นจะอยู่ที่ 0.28 วินาที และเวลาในการเข้าสู่ตำแหน่ง อยู่ที่ 3 วินาที



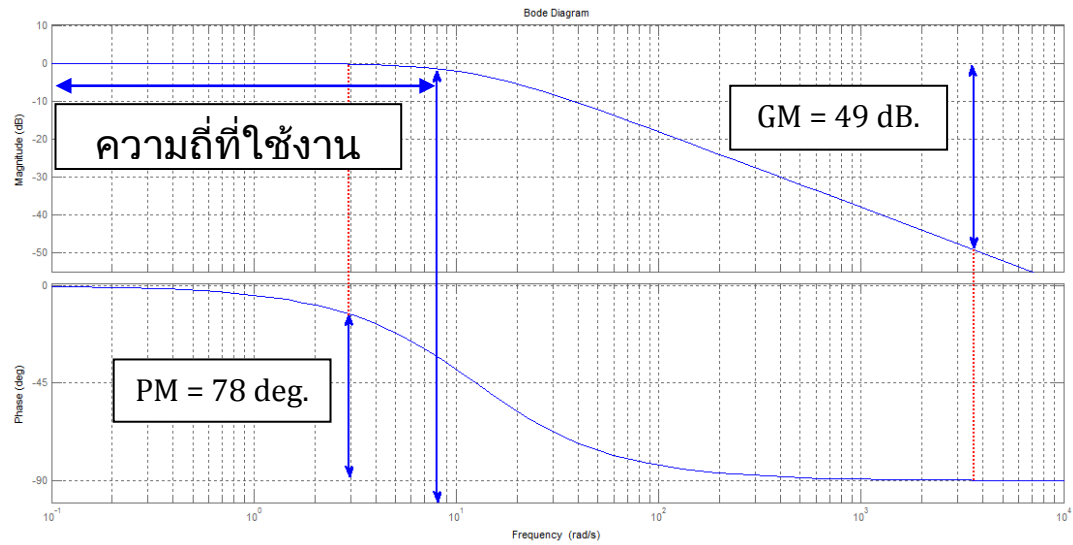
ภาพที่ 4-48 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-48 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอน เพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



ภาพที่ 4-49 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

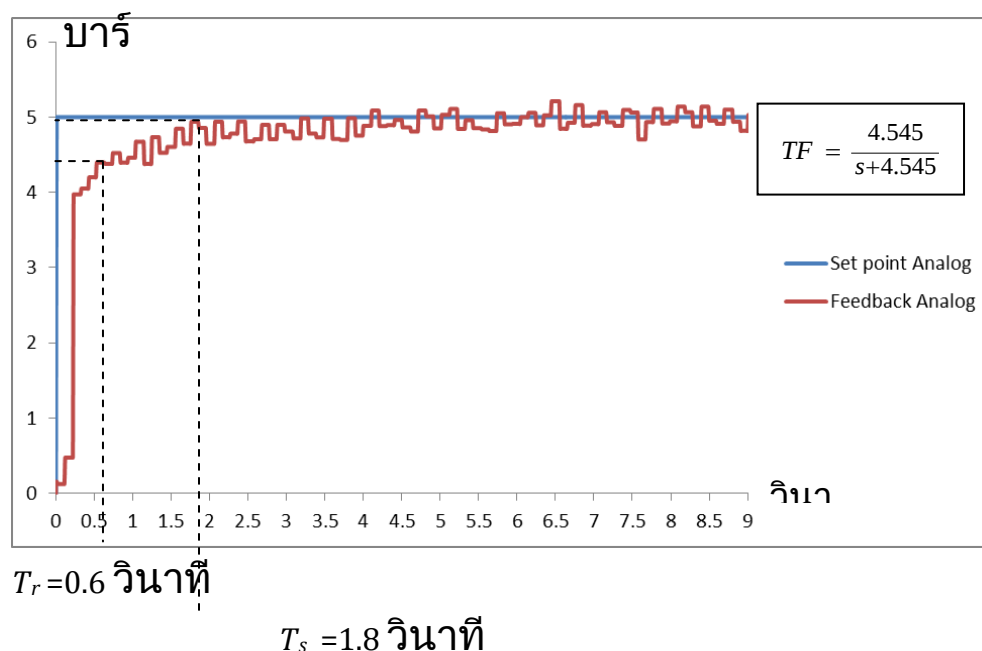
จากภาพที่ 4-49 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชันถ่ายโอน จากโปรแกรมแมทแล็บ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่าง สมการฟังก์ชันถ่ายโอนกับ กราฟที่ได้จากผลการทดลองการควบคุมความดัน ที่ความดัน 9 บาร์



ภาพที่ 4-50 การหาโบเดพื๊อท จากโปรแกรมแมทแลบ

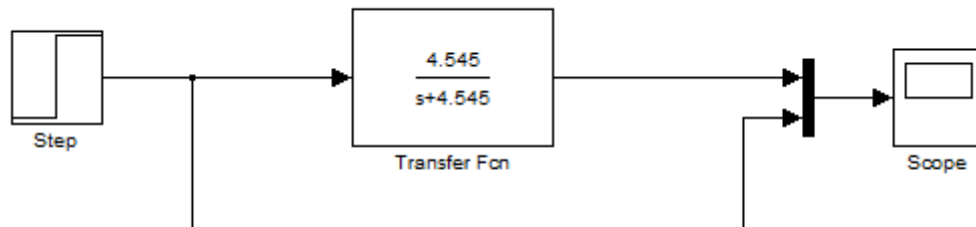
จากภาพที่ 4-50 เป็นการนำเสนอผลการของ ฟังก์ชันถ่ายโอนที่หาได้ มาหาประสิทธิภาพทางความถี่ โดยการดูจากค่า ส่วนเฟื่อเฟส และส่วนเฟื่ออัตราขยาย ถ้าค่าส่วนเฟื่อเฟส และส่วนเฟื่ออัตราขยาย มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มาก ก็จะทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียร ซึ่งจากกราฟ จะเห็นได้ว่า ค่าส่วนเฟื่อเฟส มีค่าเท่ากับ 78 องศา และส่วนเฟื่ออัตราขยาย มีค่าเท่ากับ 49 เดซิเบล ของระบบที่ใช้วาล์วในการควบคุมความดัน ห่างจากค่าศูนย์มาก ทำให้ระบบไม่เกิด ความไม่เสถียร และค่าความกว้างที่ใช้งานได้ของระบบ มีค่าเท่ากับ 7 เฮิรซ์

4.3.2 ผลการทดลองควบคุมความดันของก้านสูบไฮดรอลิกส์แบบแบบขั้นตรง โดยการควบคุมแบบพี ที่ความดันที่ 5 บาร์ , 8 บาร์ และ 10 บาร์



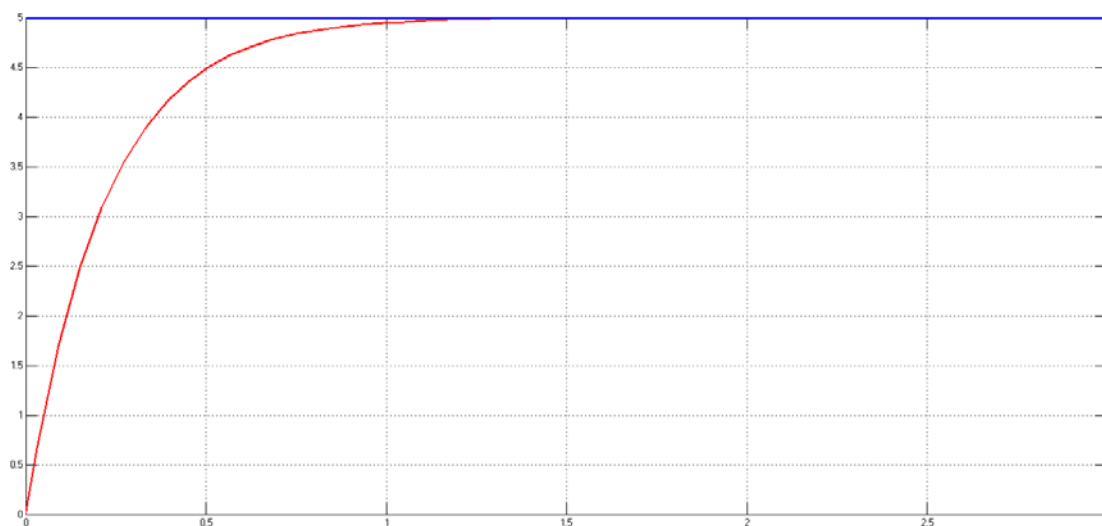
ภาพที่ 4-51 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าความดันที่ 5 บาร์

จากภาพที่ 4-51 กราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมความดัน แบบขั้นตรง ที่ความดัน 5 บาร์ โดยการควบคุมแบบพี ค่าเวลาขึ้นอยู่ที่ 0.6 วินาที และเวลาเข้าสู่ตำแหน่งอยู่ที่ 1.8 วินาที



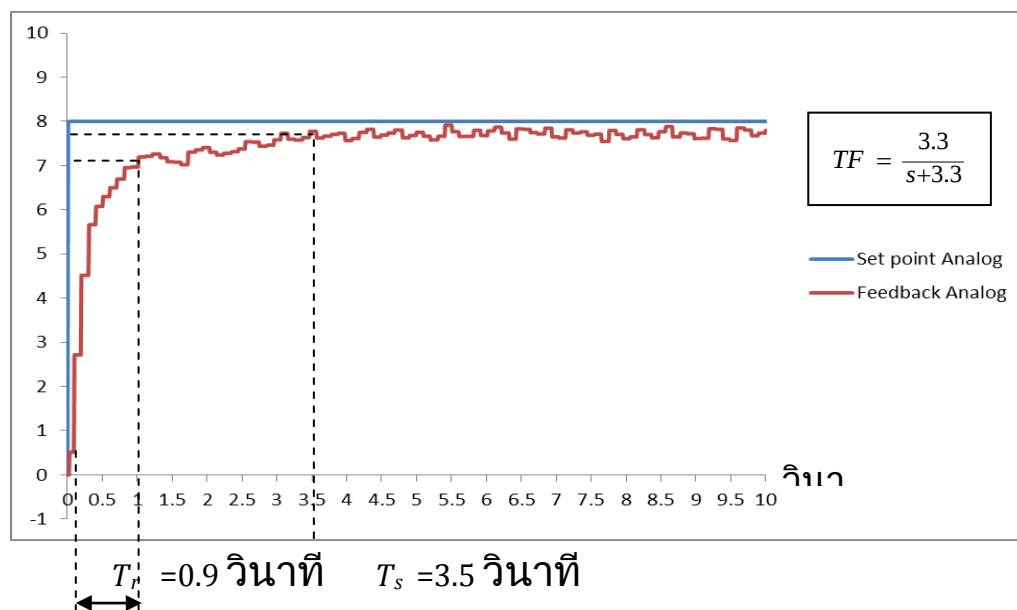
ภาพที่ 4-52 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-52 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอนเพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



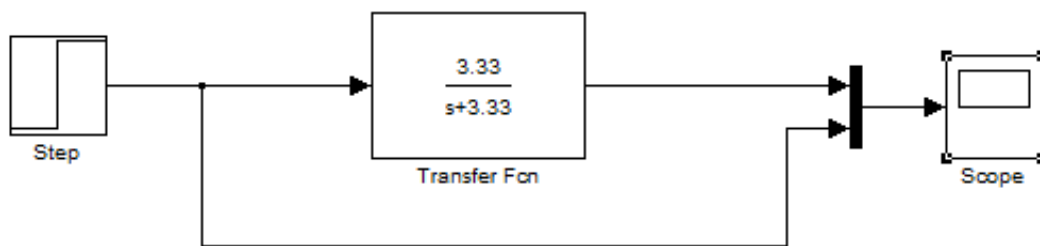
ภาพที่ 4-53 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

จากภาพที่ 4-53 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชันถ่ายโอน จากโปรแกรม แมทแล็บ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่างสมการฟังก์ชันถ่ายโอนกับ กราฟที่ได้จากผลการทดลองการควบคุมความดัน ที่ความดัน 5 บาร์



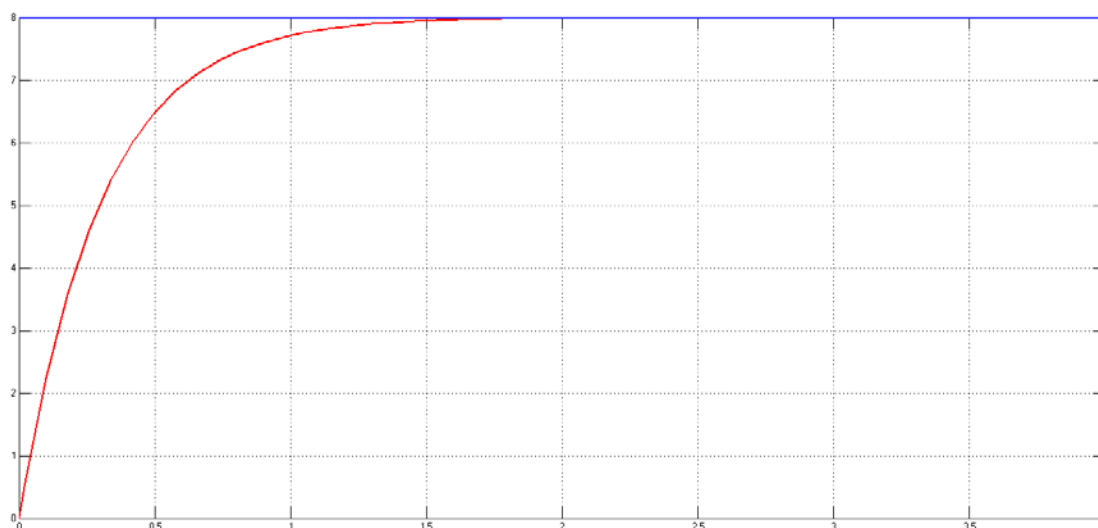
ภาพที่ 4-54 กราฟที่ได้จากแลบวิวโดยการปรับค่าความดันที่ 8 บาร์

จากภาพที่ 4-54 กราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมความดันแบบขั้นตรง ที่ความดัน 8 บาร์ โดยการควบคุมแบบพี โดยที่ค่าเวลาขึ้นจะอยู่ที่ 0.9 วินาที และเวลาเข้าสู่ตำแหน่งอยู่ที่ 3.5 วินาที



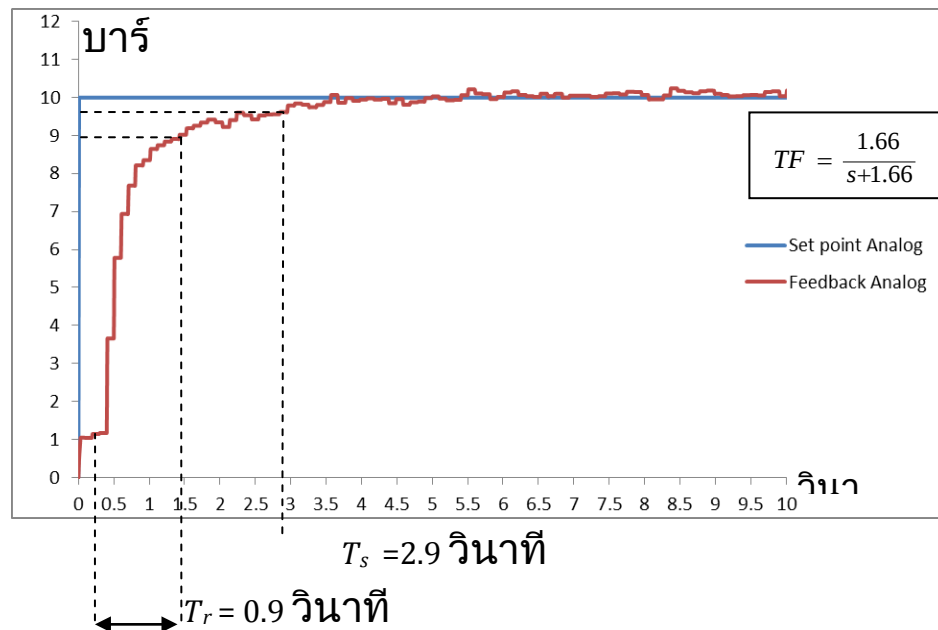
ภาพที่ 4-55 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-55 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอนเพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



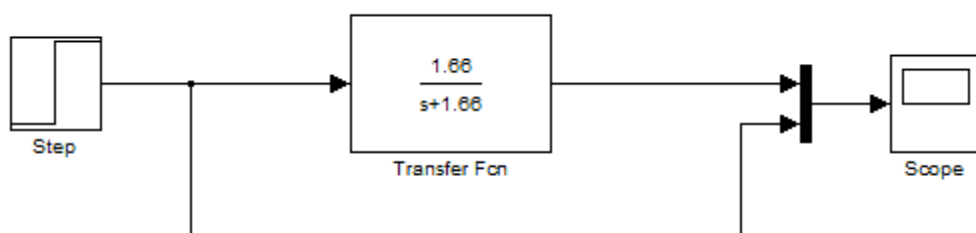
ภาพที่ 4-56 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

จากภาพที่ 4-56 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการฟังก์ชัน
ถ่ายโอน จากโปรแกรม
แมทแลบ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่าง สมการ
ฟังก์ชันถ่ายโอน กับ กราฟที่ได้จากผลการทดลองการควบคุม
ความดัน ที่ความดัน 8 บาร์



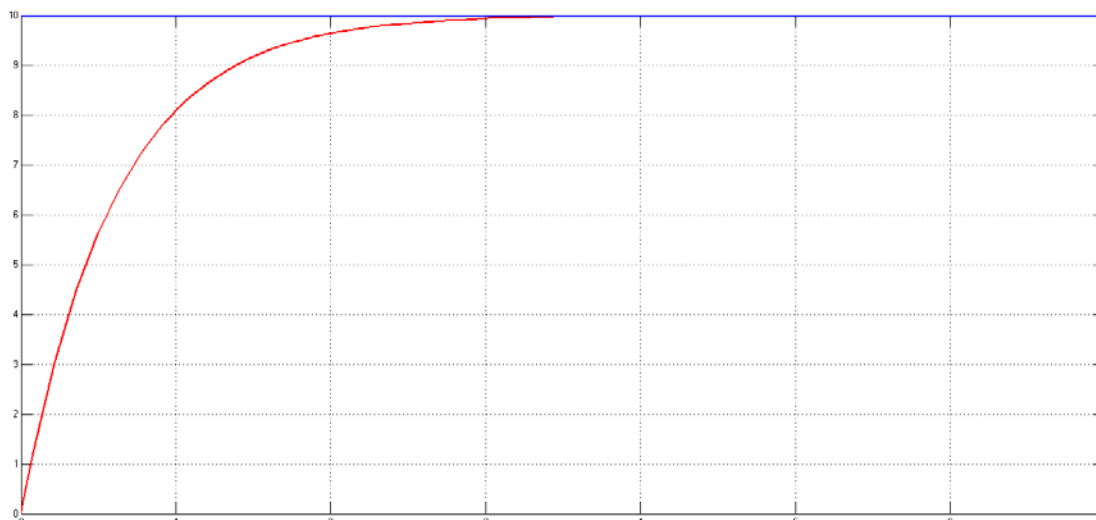
ภาพที่ 4-57 กราฟที่ได้จากแลบVIEW โดยการปรับค่าความดันที่ 10 บาร์

จากภาพที่ 4-57 กราฟแสดงผลการทดลองการควบคุมความดันแบบขั้นตรง ที่ความดัน 10 บาร์ โดยการควบคุมแบบพี โดยที่ค่าเวลาขึ้นจะอยู่ที่ 0.9 วินาที และเวลาเข้าสู่ตำแหน่งอยู่ที่ 2.9 วินาที



ภาพที่ 4-58 บล็อกฟังก์ชันถ่ายโอน

จากภาพที่ 4-58 เป็นการแสดงการทำงานของฟังก์ชันถ่ายโอน
ของระบบ โดยการจ่ายสัญญาณขั้น เข้าที่ฟังก์ชันถ่ายโอน
เพื่อดูการตอบสนอง ของระบบ



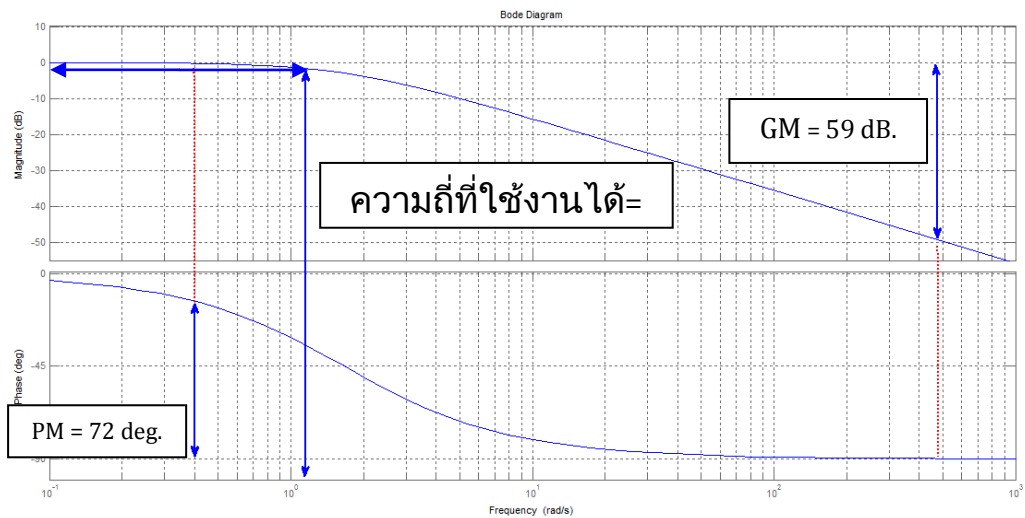
ภาพที่ 4-59 กราฟที่ได้จากการจำลองการทำงาน

จากภาพที่ 4-59 เป็นกราฟที่ได้จากการทดลองสมการ ฟังก์ชันถ่ายโอน จากโปรแกรม แมทแล็บ เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนอง ระหว่าง สมการ ฟังก์ชันถ่ายโอนกับกราฟที่ได้จากผลการทดลองการควบคุมความดัน ที่ความดัน 10 บาร์

ตารางที่ 4-5 การเปรียบเทียบผลการทดลอง การควบคุมความดันทั้งหมด

ระบบควบคุม	ความดัน (บาร์)	T_r (วินาที)	T_s (วินาที)	% ฟุ่งเกิน	% ความผิดพลาด
แบบใช้วาล์ว	9	0.28	3	0	1.24
แบบขับตรง	5	0.6	1.8	0	0.58
	8	0.9	3.5	0	1.75
	10	0.9	2.9	0	0.43

จากตารางที่ 4-5 เป็นตารางเปรียบเทียบผลการทดลองควบคุมความดันทั้งหมด เนื่องจากในการควบคุมความดันของระบบเก่าหรือระบบที่ใช้วาล์วควบคุมทิศทาง จะสามารถควบคุมความดันได้แค่ค่าเดียว คือ 9 บาร์



ภาพที่ 4-60 การหาโบเดพื๊อท จากโปรแกรมแมทแลบ

จากภาพที่ 4-60 เป็นการนำเอาสมการฟังก์ชันถ่ายโอนที่หาได้ มาหาประสิทธิภาพทางความถี่ โดยการดูจากค่าส่วนเฟื่อเฟส และส่วนเฟื่ออัตราขยาย ถ้าค่าส่วนเฟื่อเฟส และส่วนเฟื่ออัตราขยาย มีค่าเข้าใกล้ศูนย์มาก ก็จะทำให้ระบบเกิดความไม่เสถียร ซึ่งจากกราฟ จะเห็นได้ว่า ค่าส่วนเฟื่อเฟส มีค่าเท่ากับ 72 องศา และส่วนเฟื่ออัตราขยาย มีค่าเท่ากับ 89 เดซิเบล ของระบบที่ไม่ใช้วาล์วในการควบคุมความดัน ห่างจากค่าศูนย์มาก ทำให้ระบบ ไม่เกิดความไม่เสถียร และค่าความกว้างที่ใช้งานได้ของระบบ มีค่าเท่ากับ 1.15 เฮิรซ์

ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบระหว่าง โดเมนของเวลา (Time Domain) กับ โดเมนของความถี่ (Frequency Domain)

การควบคุม	การตอบสนองแบบขั้น (Step Response)				โบเดพื๊อท		
	โดเมนของเวลา				โดเมนของความถี่		
แบบ	การควบคุม	T_r	T_s	T_d	PM(deg.)	GM(dB.)	BW(Hz)
ขั้นตรง	ตำแหน่ง	1.2	4.2	0.25	157	109	0.6
	ความเร็ว	0.12	3.09	-	95	87	2.5

	ความดัน	0.9	2.9	-	72	59	1.15
แบบ ใช้ วาล์ว	ตำแหน่ง	3.1	5.5	0	150	87	0.4
	ความเร็ว	0.89	0.47	-	90	67	13
	ความดัน	0.28	3	-	78	49	7

จากตารางที่ 4-6 เป็นการเปรียบเทียบระหว่าง โดเมนของเวลา กับ โดเมนของความถี่
จะเห็นได้ว่าถ้าระบบไหนมีค่าความกว้างที่ใช้งานได้ของระบบมาก
ก็จะสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนตำแหน่งได้ดี

4.4 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองการควบคุมตำแหน่งพบว่า การควบคุม ก้านสูบไฮดรอลิกส์ แบบขั้นตรง จะมี ค่าเวลาหน่วง มากกว่า ระบบที่ใช้วาล์ว เนื่องจากมอเตอร์ไม่ได้หมุนจ่ายน้ำมัน ตลอดเวลา ทำให้ในจังหวะเริ่มทำงานมอเตอร์จึงจะเริ่มหมุน จึงส่งผลทำให้เกิดเวลาหน่วง แต่ระบบที่ใช้วาล์วควบคุมทิศทาง จะมีการหมุนจ่ายน้ำมันอยู่ตลอดเวลา และในจังหวะเริ่มทำงาน เพียงแค่เลื่อน

ลิ้นวาล์วน้ำมันก็จะไหลเข้ากระบอกสูบได้ทันที แต่ระบบขั้นตรง จะใช้เวลาในการเข้าสู่ตำแหน่ง ที่กำหนดได้เร็วกว่าระบบที่ใช้วาล์ว ในส่วนของการควบคุม ความเร็ว จะพบว่าระบบใหม่หรือระบบขั้นตรง จะมีเปอร์เซ็นต์ การพุ่งเกิน น้อยกว่า ระบบที่ใช้วาล์ว แต่ค่าในการเข้าสู่ ตำแหน่งของระบบขั้นตรงนั้น จะใช้เวลาในการเข้าสู่ตำแหน่ง ได้มากกว่าระบบวาล์วในส่วนของการการควบคุมความดันของ ระบบ จะพบว่าในระบบเก่า หรือ ระบบที่ใช้วาล์วจะสามารถ ควบคุมความดันได้แค่ค่าเดียว คือ 9 บาร์ แต่สำหรับระบบขั้นตรง จะสามารถควบคุมความดันได้ ทั้ง 5 บาร์ 8 บาร์ และ 10 บาร์

สรุปได้ว่า จากผลการทดลอง การควบคุมตำแหน่ง ความเร็ว และ ความดัน ของก้านสูบ ไฮดรอลิกส์ แบบขั้นตรง สามารถควบคุมตำแหน่ง ความเร็ว และความดันได้ ไม่ต่างกับระบบที่ใช้วาล์วควบคุมทิศทาง และ ใช้เวลาในการเข้าสู่เซ็ทพอยต์ได้เร็วกว่าระบบที่ใช้วาล์วควบคุม ทิศทางอีกด้วย