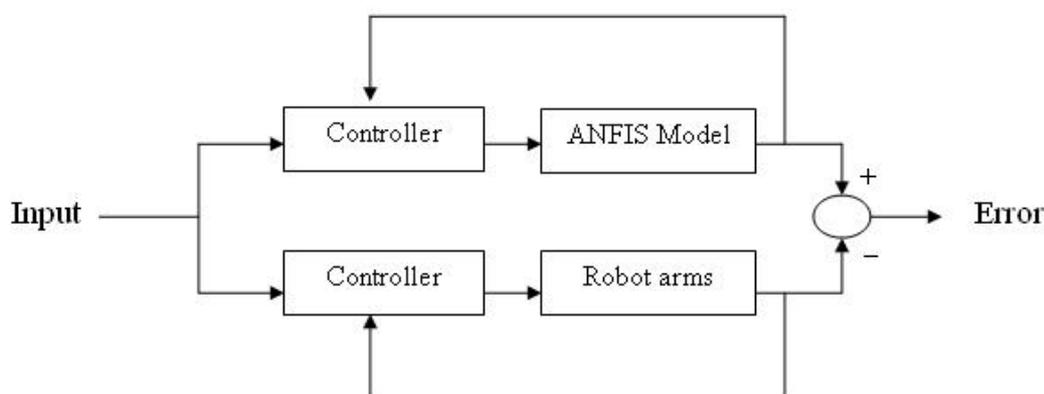


4. การทดลองการตรวจสอบและคัดเลือกแบบจำลอง ANFIS ด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิด

หลังจากนำแบบจำลอง ANFIS แบบต่าง ๆ มาผ่านการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงเปิดแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำเอาแบบจำลอง ANFIS ที่ผ่านการตรวจสอบในส่วนของ การตรวจสอบแบบวงเปิดมาทำการตรวจสอบต่อไปว่าจะใช้แบบจำลองตัวใดมาเป็นแบบจำลองของระบบแขนหุ่นยนต์ได้บ้าง

ในส่วนการทดลองนี้จะนำเอาแบบจำลองที่ผ่านการตรวจสอบจากการตรวจสอบแบบวงเปิดได้แก่ แบบจำลอง openSID5, closedSID3, closedSID4 และ closedSID5_Exp2 มาทำการควบคุมแบบวงปิด แล้วนำผลตอบสนองที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์ วิธีการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 83

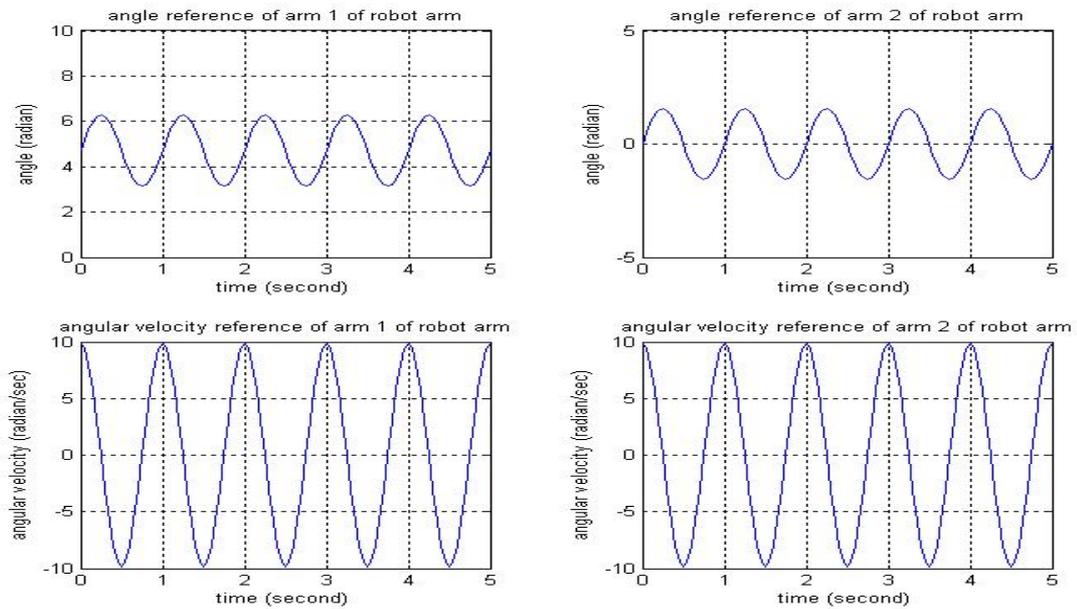


ภาพที่ 83 การตรวจสอบแบบจำลอง ANFIS ด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิด

4.1 การตรวจสอบและคัดเลือกแบบจำลอง ANFIS ด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ Feedback Linearization

การทดลองในส่วนนี้จะกำหนดให้ใช้ตัวควบคุมแบบ feedback linearization เป็นตัวเดียวกันทั้งสำหรับการควบคุมระบบแขนหุ่นยนต์และการควบคุมแบบจำลอง ANFIS

4.1.1 กำหนดสัญญาณอินพุตอ้างอิงเป็นสัญญาณที่มีลักษณะดังภาพที่ 84 ดังนี้



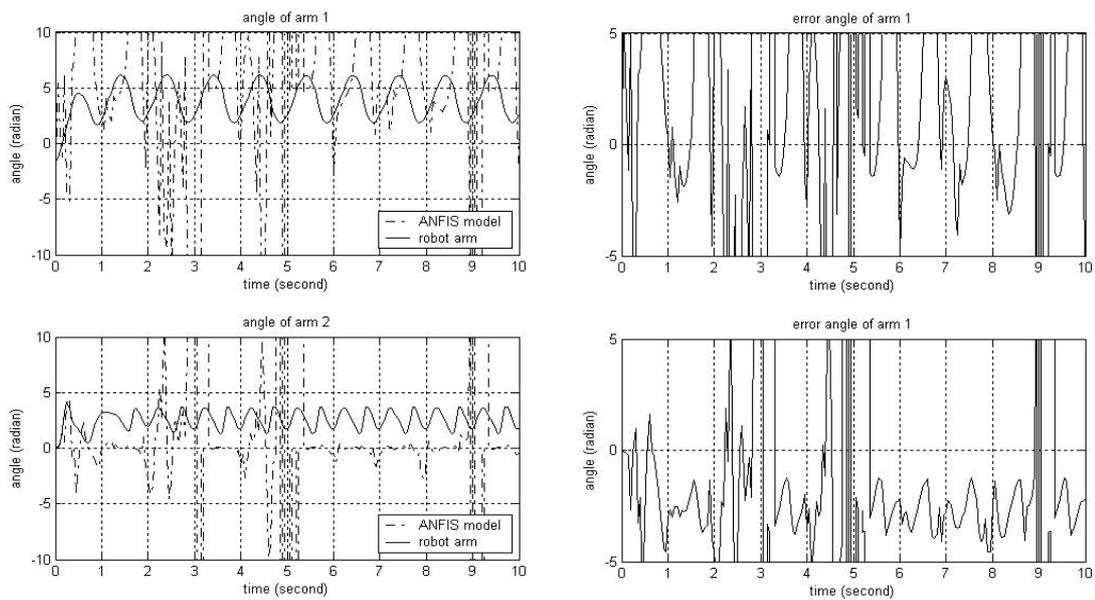
ภาพที่ 84 สัญญาณอินพุตอ้างอิงของระบบควบคุมแบบวงปิดที่ใช้ในการทดลองหัวข้อที่ 4.1.1

จากนั้นเราจะทำการป้อนสัญญาณอ้างอิงดังกล่าวให้กับระบบควบคุมแบบวงปิดที่ใช้ตัวควบคุมแบบ feedback linearization โดยป้อนให้กับทั้งระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS ทั้ง 4 แบบคือ openSID5, closedSID3, closedSID4 และ closedSID5_Exp2 แล้วเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS โดยแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS ในรูปแบบค่า RMSE ด้วยตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ feedback linearization และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 84

แบบจำลอง ANFIS	ค่า RMSE	
	แขนหุ่นยนต์ที่ 1	แขนหุ่นยนต์ที่ 2
openSID5	55.884×10^{31}	3.493×10^{31}
closedSID3	9.595×10^{23}	1.721×10^{23}
closedSID4	2.773×10^{32}	3.594×10^{32}
closedSID5_Exp2	2.911×10^{36}	1.543×10^{36}

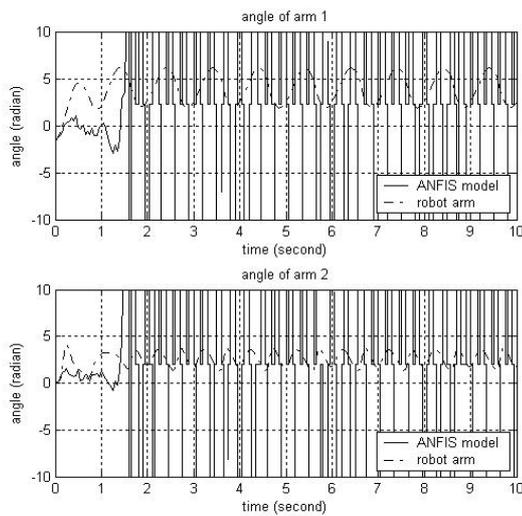
และสามารถแสดงผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และผลตอบสนองของแบบจำลอง ANFIS รวมถึงกราฟแสดงความแตกต่างของผลตอบสนองได้ดังนี้ สำหรับแบบจำลอง openSID5 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 85 สำหรับแบบจำลอง closedSID3 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 86 สำหรับแบบจำลอง closedSID4 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 87 และสำหรับแบบจำลอง closedSID5_Exp2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 88



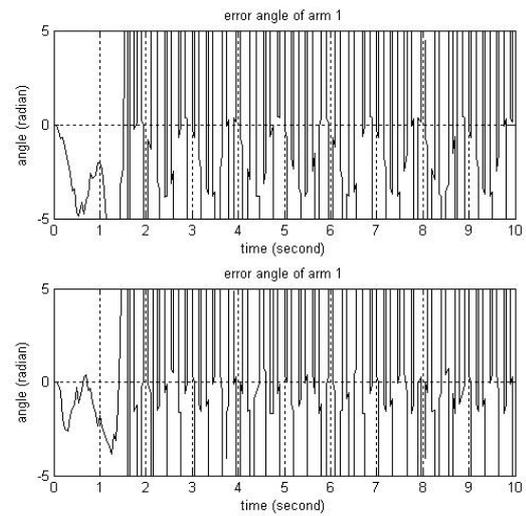
(1) เอ้าท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 85 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง openSID5 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ feedback linearization และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 84

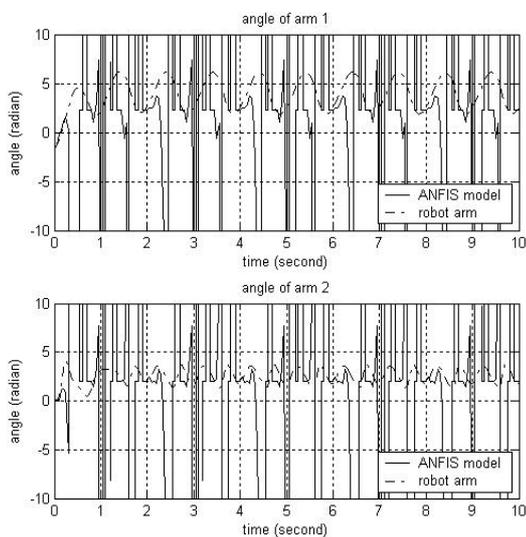


(1) เอ้าท์พุต

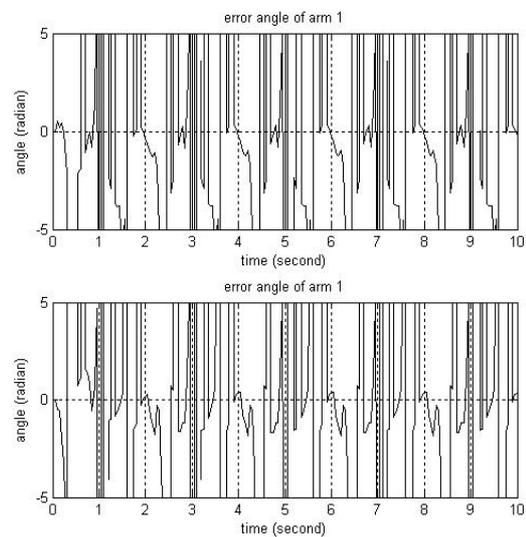


(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 86 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง closedSID3 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ feedback linearization และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 84

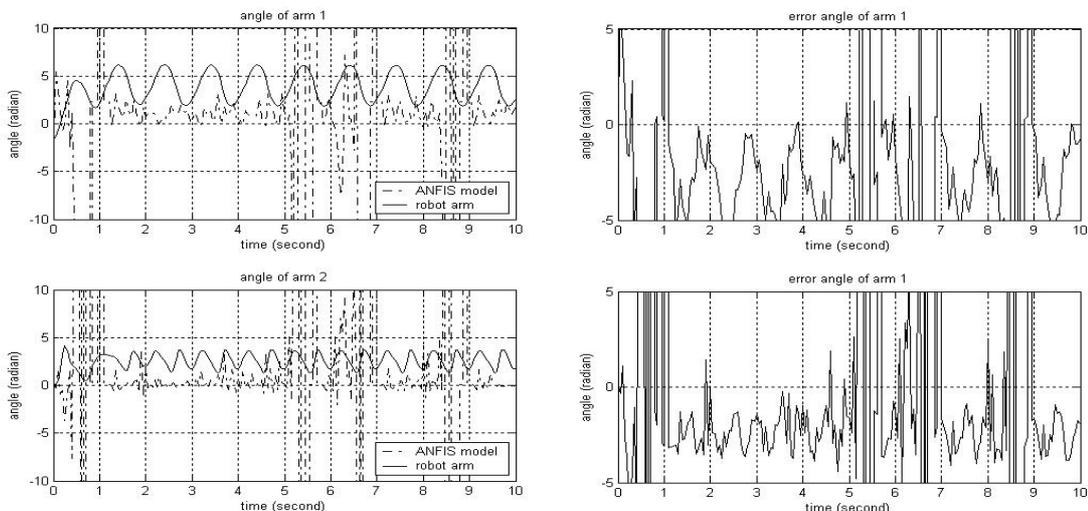


(1) เอ้าท์พุต



(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 87 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง closedSID4 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ feedback linearization และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 84

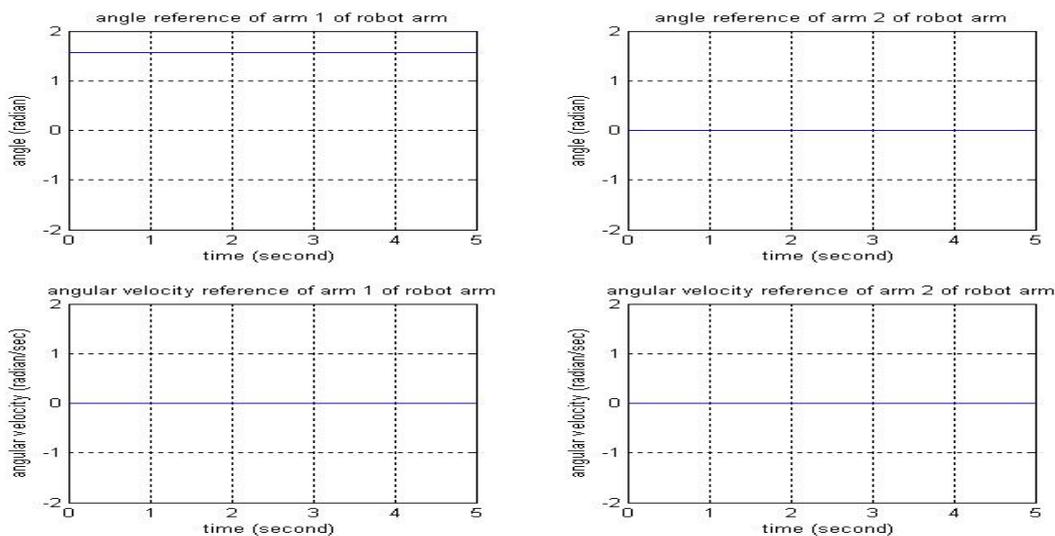


(1) เอาท์พุต

(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 88 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง closedSID5_Exp2 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม feedback linearization และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 84

4.1.2 กำหนดสัญญาณอินพุตอ้างอิงเป็นสัญญาณที่ลักษณะดังภาพที่ 89 กล่าวคือจะทำการควบคุมให้แขนหุ่นยนต์ทั้งสองแขนวางตัวหยุดนิ่งเป็นแนวเส้นตรงในตำแหน่งชี้ไปทางด้านบน ($\theta_1 = \pi/2, \theta_2 = 0, \theta_3 = 0, \theta_4 = 0$)



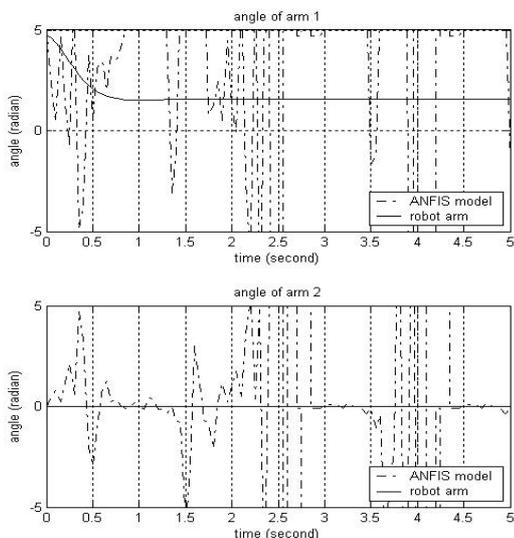
ภาพที่ 89 สัญญาณอินพุตอ้างอิง ($\theta_1 = \pi/2, \theta_2 = 0, \theta_3 = 0, \theta_4 = 0$)

จากนั้นเราจะทำการป้อนสัญญาณอ้างอิงดังกล่าวให้กับระบบควบคุมแบบวงปิดที่ใช้ตัวควบคุมแบบ feedback linearization โดยป้อนให้กับทั้งระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS ทั้ง 4 แบบคือ openSID5, closedSID3, closedSID4 และ closedSID5_Exp2 แล้วเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS โดยแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS ในรูปแบบค่า RMSE ด้วยตารางที่ 12

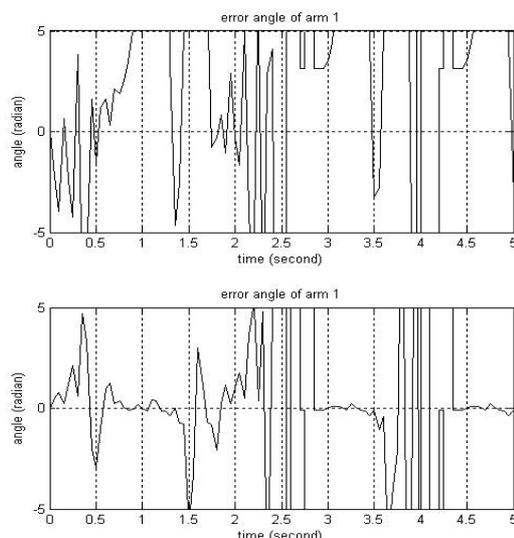
ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ feedback linearization และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 89

แบบจำลอง ANFIS	ค่า RMSE	
	แขนหุ่นยนต์ที่ 1	แขนหุ่นยนต์ที่ 2
openSID5	0.1587×10^{19}	1.045×10^{19}
closedSID3	4.643×10^{22}	1.094×10^{22}
closedSID4	1.706×10^{24}	2.099×10^{24}
closedSID5_Exp2	17.554×10^{20}	9.998×10^{20}

และสามารถแสดงผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และผลตอบสนองของแบบจำลอง ANFIS รวมถึงกราฟแสดงความแตกต่างของผลตอบสนองได้ดังนี้ สำหรับแบบจำลอง openSID5 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 90 สำหรับแบบจำลอง closedSID3 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 91 สำหรับแบบจำลอง closedSID4 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 92 และสำหรับแบบจำลอง closedSID5_Exp2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 93

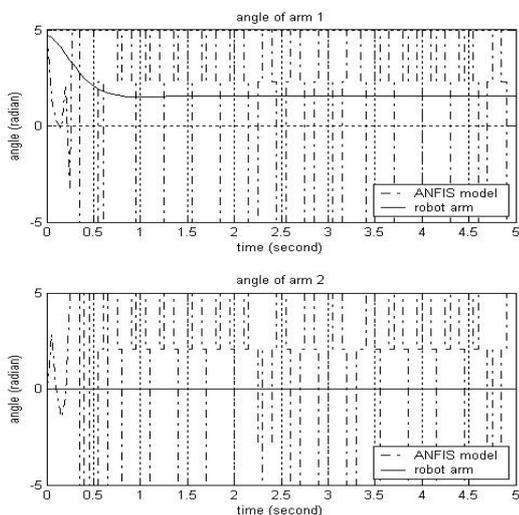


(1) เอาท์พุท

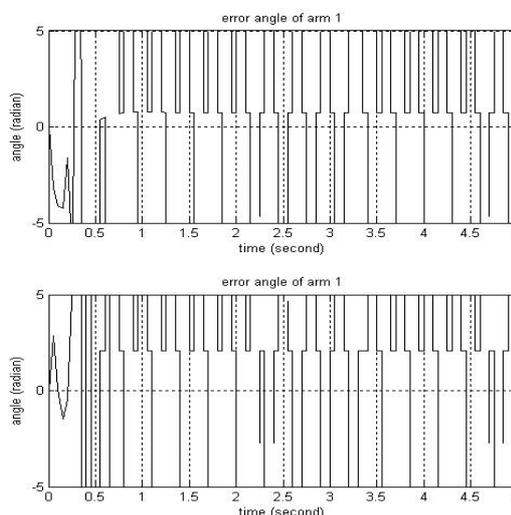


(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 90 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง openSID5 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม feedback linearization และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 89

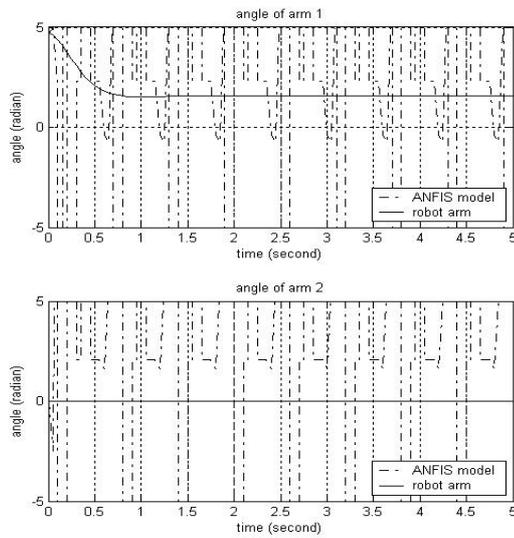


(1) เอาท์พุท

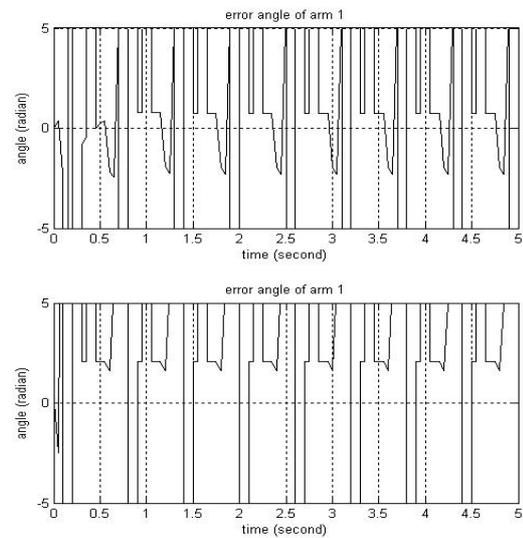


(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 91 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง closedSID3 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม feedback linearization และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 89

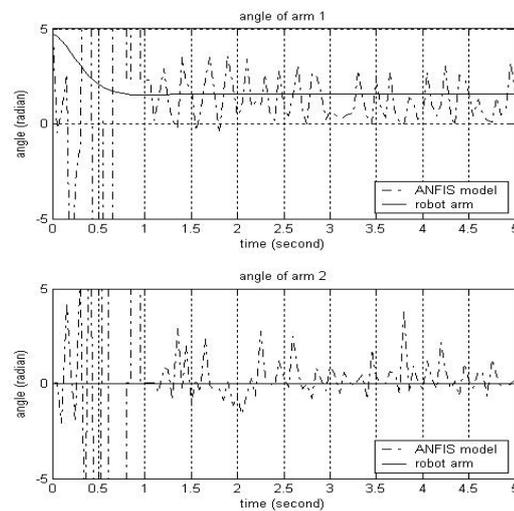


(1) เอ้าท์พุต

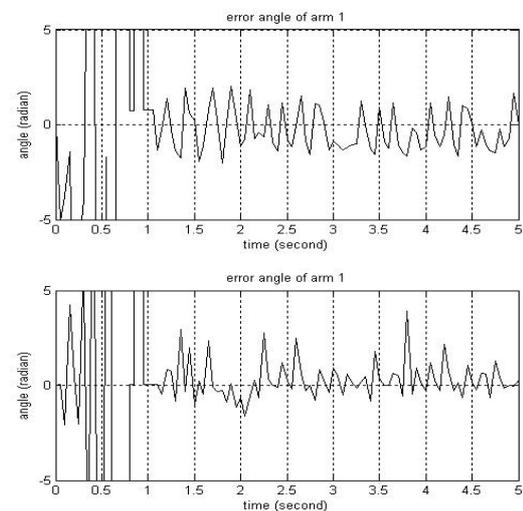


(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 92 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง closedSID4 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม feedback linearization และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 89



(1) เอ้าท์พุต



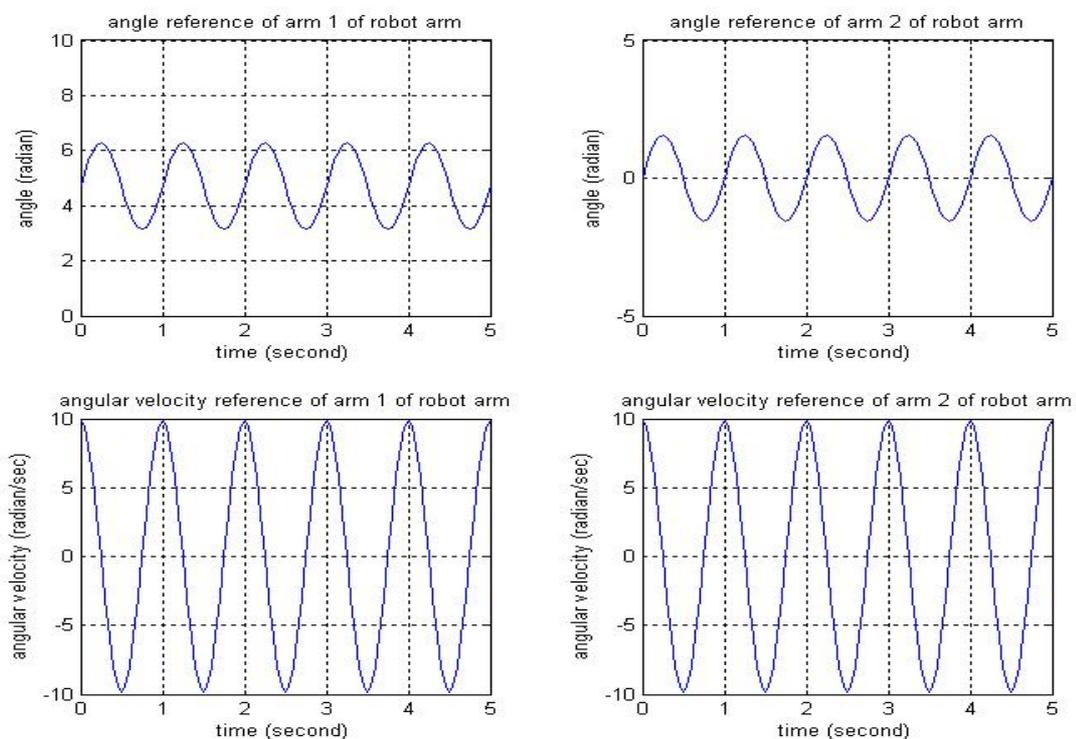
(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 93 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง closedSID5_Exp2 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม feedback linearization และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 89

4.2 การตรวจสอบและคัดเลือกแบบจำลอง ANFIS ด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PD

การทดลองในส่วนนี้จะกำหนดให้ใช้ตัวควบคุมแบบ PD เป็นตัวเดียวกันทั้งสำหรับการควบคุมระบบแขนหุ่นยนต์และการควบคุมแบบจำลอง ANFIS

4.2.1 กำหนดสัญญาณอินพุตอ้างอิงเป็นสัญญาณที่ลักษณะดังภาพที่ 94 ดังนี้



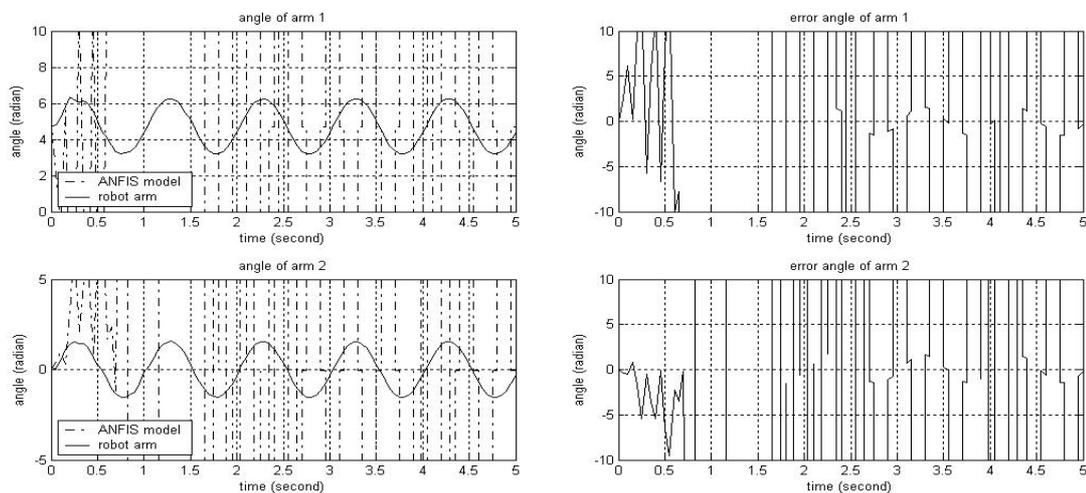
ภาพที่ 94 สัญญาณอินพุตอ้างอิงของระบบควบคุมแบบวงปิดที่ใช้ในการทดลองหัวข้อที่ 4.2.1

โดยเราจะทำการป้อนสัญญาณอ้างอิงดังกล่าวให้กับระบบควบคุมแบบวงปิดที่ใช้ตัวควบคุมแบบ PD โดยป้อนให้กับทั้งระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS ทั้ง 4 แบบคือ openSID5, closedSID3, closedSID4 และ closedSID5_Exp2 แล้วเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS โดยแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS ในรูปแบบค่า RMSE ด้วยตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PD และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 94

แบบจำลอง ANFIS	ค่า RMSE	
	แขนหุ่นยนต์ที่ 1	แขนหุ่นยนต์ที่ 2
openSID5	6.571×10^{11}	1.922×10^{11}
closedSID3	6.392×10^{15}	2.716×10^{15}
closedSID4	4.851×10^{35}	13.979×10^{35}
closedSID5_Exp2	2.768×10^{10}	4.080×10^{10}

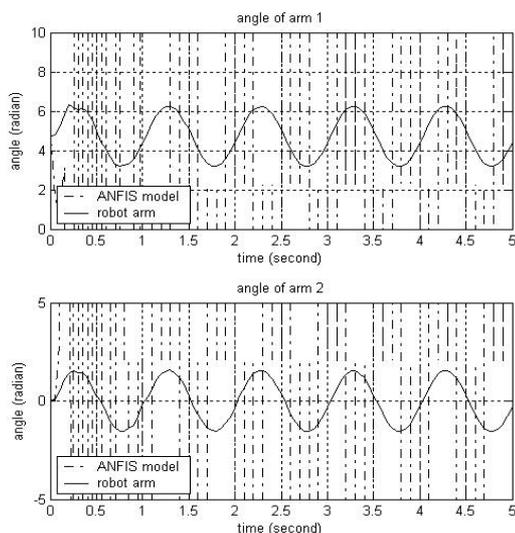
และสามารถแสดงผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และผลตอบสนองของแบบจำลอง ANFIS รวมถึงกราฟแสดงความแตกต่างของผลตอบสนองได้ดังนี้ สำหรับแบบจำลอง openSID5 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 95 สำหรับแบบจำลอง closedSID3 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 96 สำหรับแบบจำลอง closedSID4 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 97 และสำหรับแบบจำลอง closedSID5_Exp2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 98



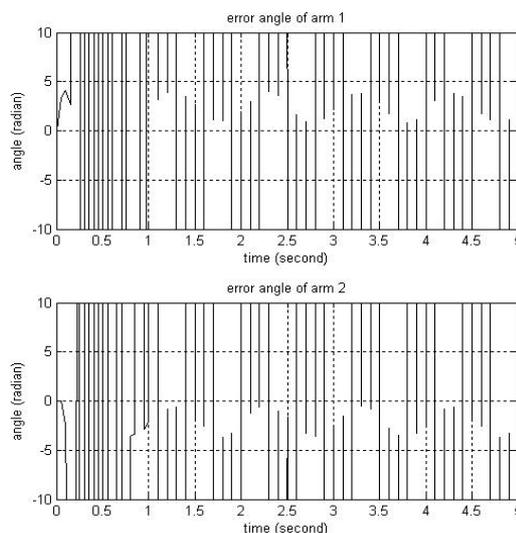
(1) เอ้าท์พุท

(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 95 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง openSID5 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม PD และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 94

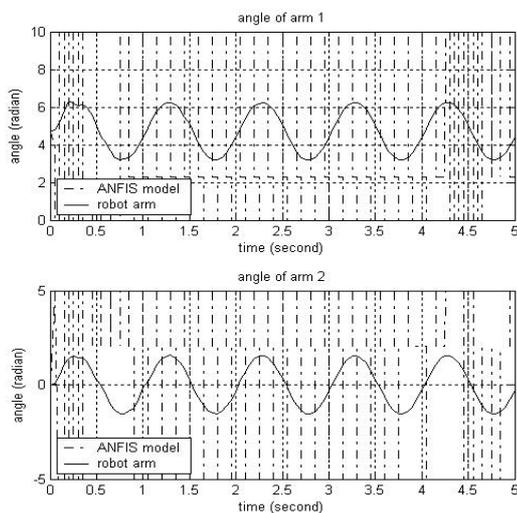


(1) เอาท์พุต

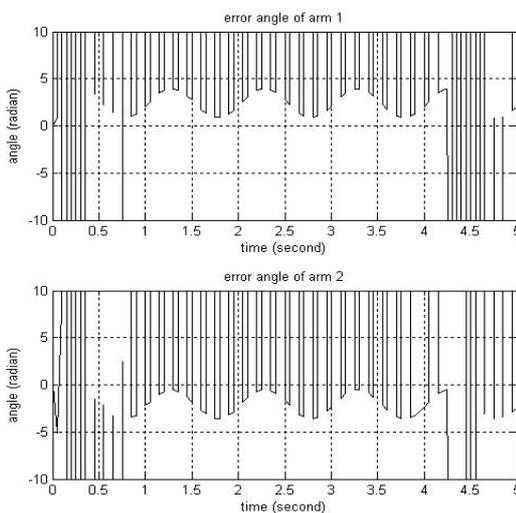


(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 96 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง closedSID3 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม PD และ กำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 94

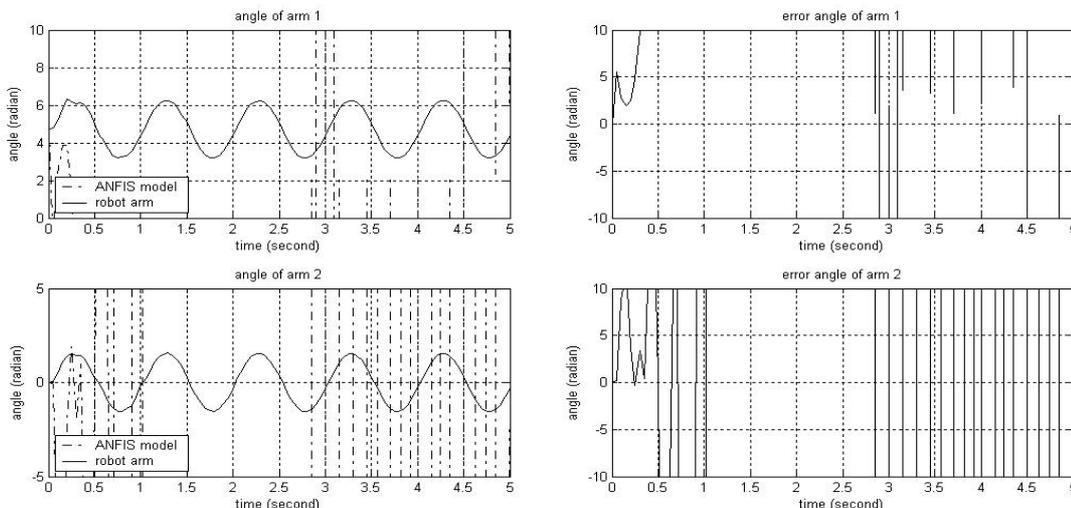


(1) เอาท์พุต



(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 97 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง closedSID4 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม PD และ กำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 94



(1) เอาท์พุต

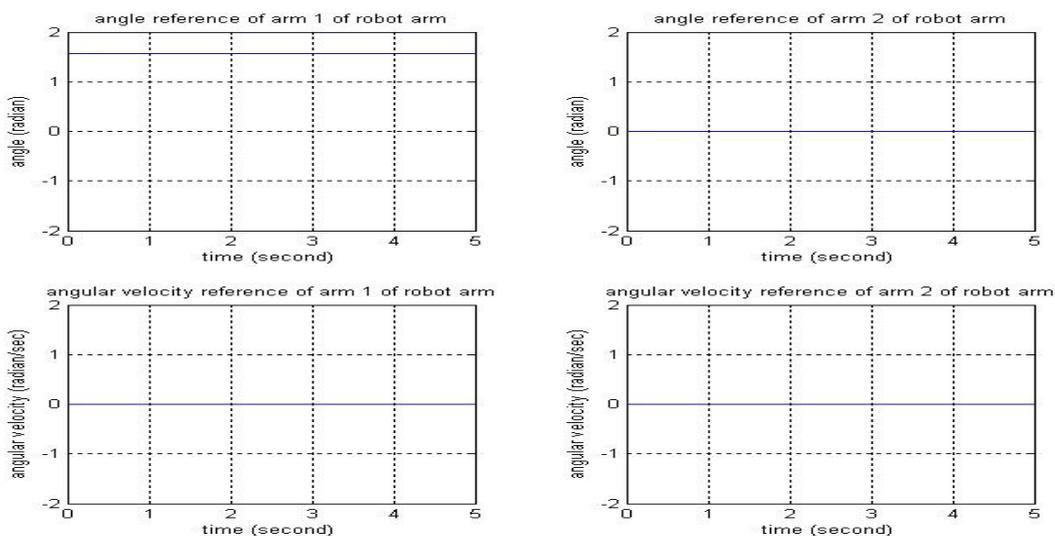
(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 98 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง

closedSID5_Exp2 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม PD และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 94

4.2.2 กำหนดสัญญาณอินพุตอ้างอิงเป็นสัญญาณที่ลักษณะดังภาพที่ 99 กล่าวคือจะทำการควบคุมให้แขนหุ่นยนต์ทั้งสองแขนวางตัวหยุดนิ่งเป็นแนวเส้นตรงในตำแหน่งซึ่งไปทางด้านบน

$$(\theta_1 = \pi/2, \theta_2 = 0, \theta_3 = 0, \theta_4 = 0)$$



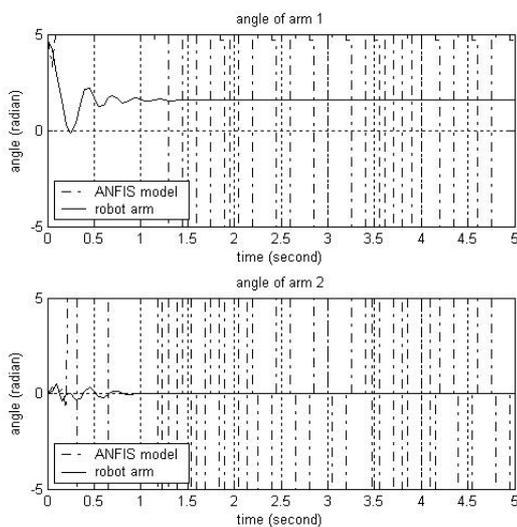
ภาพที่ 99 สัญญาณอินพุตอ้างอิง $(\theta_1 = \pi/2, \theta_2 = 0, \theta_3 = 0, \theta_4 = 0)$

โดยเราจะทำการป้อนสัญญาณอ้างอิงดังกล่าวให้กับระบบควบคุมแบบวงปิดที่ใช้ตัวควบคุมแบบ PD โดยป้อนให้กับทั้งระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS ทั้ง 4 แบบคือ openSID5, closedSID3, closedSID4 และ closedSID5_Exp2 แล้วเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS โดยแสดงผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS ในรูปแบบค่า RMSE ด้วยตารางที่ 14

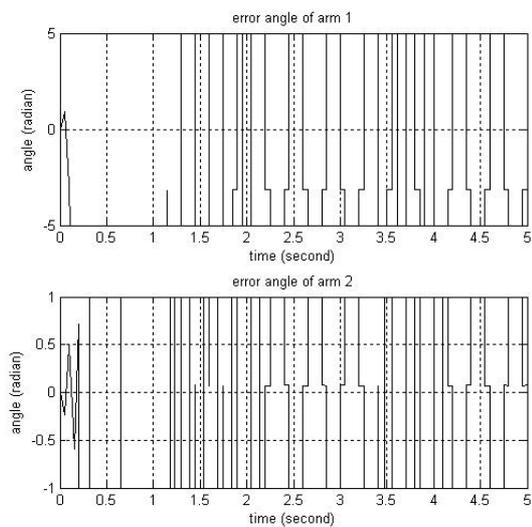
ตารางที่ 14 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และแบบจำลอง ANFIS สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PD และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 99

แบบจำลอง ANFIS	ค่า RMSE	
	แขนหุ่นยนต์ที่ 1	แขนหุ่นยนต์ที่ 2
openSID5	6.855×10^{11}	2.330×10^{11}
closedSID3	3.272×10^{13}	2.638×10^{13}
closedSID4	2.914×10^{35}	14.008×10^{35}
closedSID5_Exp2	0.000566	0.001565

และสามารถแสดงผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และผลตอบสนองของแบบจำลอง ANFIS รวมถึงกราฟแสดงความแตกต่างของผลตอบสนองได้ดังนี้ สำหรับแบบจำลอง openSID5 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 100 สำหรับแบบจำลอง closedSID3 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 101 สำหรับแบบจำลอง closedSID4 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 102 และสำหรับแบบจำลอง closedSID5_Exp2 สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 103

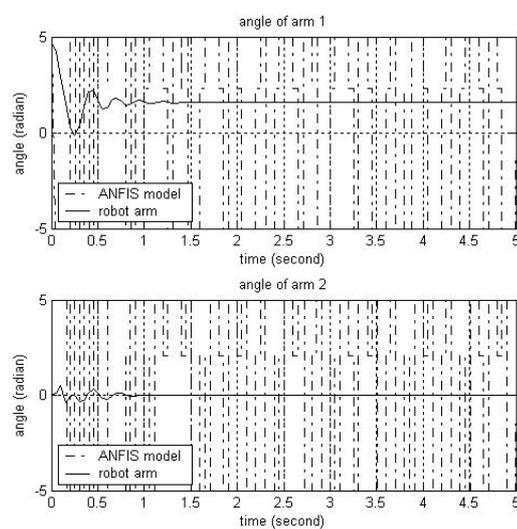


(1) เอาท์พุต

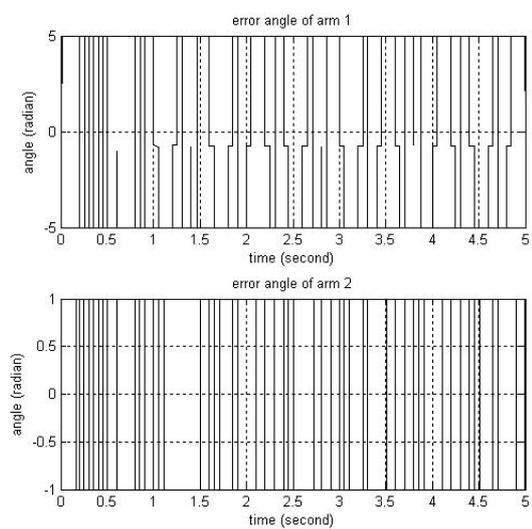


(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 100 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง openSID5 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม PD และ กำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 99

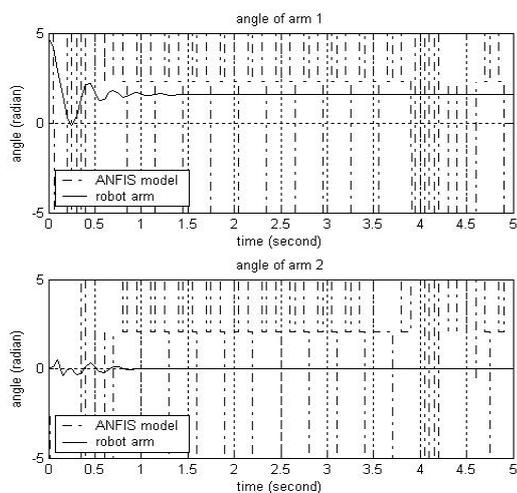


(1) เอาท์พุต

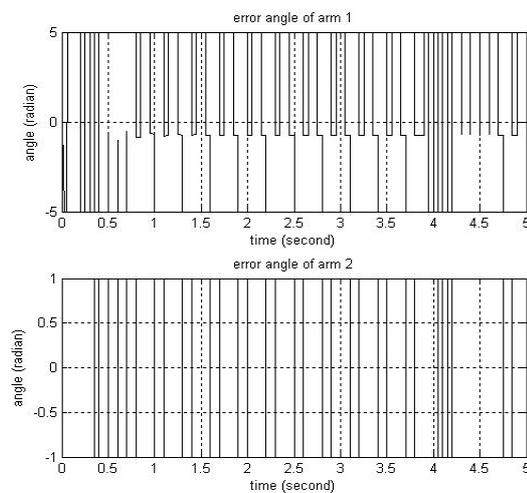


(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 101 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง closedSID3 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม PD และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 99

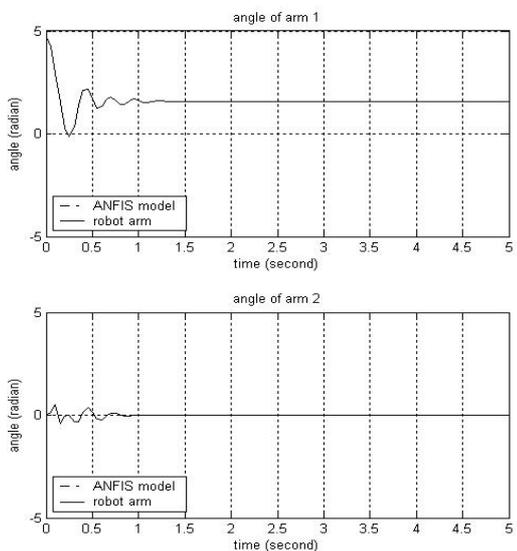


(1) เอ้าท์พุท

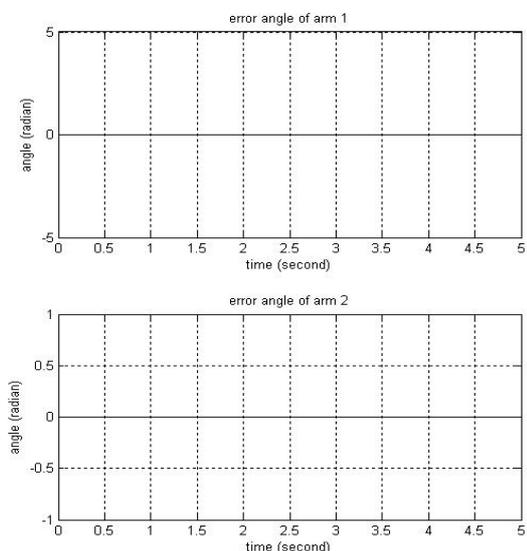


(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 102 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง closedSID4 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม PD และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 99



(1) เอ้าท์พุท



(2) ค่าความแตกต่าง

ภาพที่ 103 ผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และของแบบจำลอง closedSID5_Exp2 สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุม PD และกำหนดสัญญาณอ้างอิงเป็นสัญญาณดังภาพที่ 99

4.3 วิจารณ์ผลการทดลองการตรวจสอบและคัดเลือกแบบจำลอง ANFIS ด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิด

จากผลการทดลองการตรวจสอบและคัดเลือกแบบจำลอง ANFIS ด้วยวิธีการตรวจสอบแบบวงปิดตามตารางที่ 11 จนถึงตารางที่ 14 และจากการสังเกตกราฟแสดงผลการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และผลตอบสนองของแบบจำลอง ANFIS ตั้งแต่ภาพที่ 84 จนถึงภาพที่ 103 สามารถพิจารณาผลการทดลองได้ดังนี้

สำหรับผลการตรวจสอบแบบจำลอง ANFIS แบบ openSID5 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ได้มาจากกระบวนการเรียนรู้จากการเก็บข้อมูลแบบ open-loop system identification จะพบว่าไม่มีการทดลองใดที่ให้ผลตอบสนองของแบบจำลอง openSID5 ได้ใกล้เคียงกับผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์ เนื่องจากสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้กับระบบแขนหุ่นยนต์เพื่อทำการเก็บข้อมูลสำหรับการเรียนรู้จะใช้เป็นสัญญาณ PRBS ซึ่งมีระดับสัญญาณเพียงแค่ 2 ระดับ ทำให้แบบจำลอง ANFIS ที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้จะรองรับสัญญาณอินพุตได้แค่ในช่วงแอมพลิจูดมากสุดและน้อยสุดของสัญญาณ PRBS เท่านั้น แต่ในการนำแบบจำลอง ANFIS มาประยุกต์ใช้ในระบบควบคุม สัญญาณที่ป้อนให้กับแบบจำลอง ANFIS อาจมีค่าอยู่นอกขอบเขตที่จะรองรับได้ เป็นผลให้ผลตอบสนองมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ดังนั้นเราจะไม่ใช้แบบจำลองที่ได้มาจากกระบวนการเรียนรู้จากการเก็บข้อมูลแบบ open-loop system identification มาใช้เป็นแบบจำลองของระบบแขนหุ่นยนต์

สำหรับผลการทดลองการตรวจสอบแบบจำลอง ANFIS ที่ใช้ระบบควบคุมแบบวงปิดในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการเรียนรู้แบบ closed-loop system identification เป็นคนละระบบกับที่ใช้ในการตรวจสอบแบบจำลอง ANFIS ดังเช่นผลการทดลองดังภาพที่ 88, 93, 96, 97, 101 และ 102 จะพบว่าในการทดลองการตรวจสอบแบบจำลองจะเห็นได้ว่าผลตอบสนองของแบบจำลองและผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์จะมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก

สำหรับผลการทดลองการตรวจสอบแบบจำลอง ANFIS ที่ใช้ระบบควบคุมแบบวงปิดในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการเรียนรู้แบบ closed-loop system identification เป็นระบบเดียวกันกับที่ใช้ในการตรวจสอบแบบจำลอง ANFIS แต่ใช้สัญญาณอินพุตอ้างอิงเป็นคนละสัญญาณกัน ดังเช่นผลการทดลองดังภาพที่ 91, 92, 98 จะพบว่าในการทดลองการตรวจสอบแบบจำลองจะเห็นได้ว่าผลตอบสนองของแบบจำลองและผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์จะมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก

สำหรับผลการทดลองการตรวจสอบแบบจำลอง ANFIS ที่ใช้ระบบควบคุมแบบวงปิดในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการเรียนรู้แบบ closed-loop system identification เป็นระบบเดียวกันกับที่ใช้ในการตรวจสอบแบบจำลอง ANFIS และใช้สัญญาณอินพุตอ้างอิงเป็นสัญญาณเดียวกัน โดยแยกพิจารณาเป็นผลการทดลองดังภาพที่ 86 และ 87 ซึ่งเป็นผลการทดลองของแบบจำลอง closedSID3 และ closedSID4 ที่ได้จากการเรียนรู้แบบ closed-loop system identification ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ feedback linearization จะพบว่าการทดลองการตรวจสอบแบบจำลองจะเห็นได้ว่าผลตอบสนองของแบบจำลองและผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์จะมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก เนื่องมาจากในส่วนของ การนำสัญญาณความเร็วเชิงมุมของการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์มาป้อนกลับให้ตัวควบคุมแบบ feedback linearization เป็นสัญญาณคนละสัญญาณกัน สำหรับแบบจำลอง ANFIS สัญญาณความเร็วเชิงมุมมาจากการนำสัญญาณตำแหน่งของเวลาปัจจุบันลบด้วยสัญญาณตำแหน่งที่เวลาในอดีตแล้วหารด้วยระยะห่างของเวลาปัจจุบันและอดีต แต่สำหรับระบบแขนหุ่นยนต์สัญญาณความเร็วเชิงมุมหาได้โดยตรงจากสมการ state-space ของสมการการเคลื่อนที่ของระบบแขนหุ่นยนต์ เป็นผลให้ผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์และผลตอบสนองของแบบจำลอง ANFIS มีความแตกต่างกัน และสำหรับผลการทดลองดังภาพที่ 103 ซึ่งเป็นผลการทดลองของแบบจำลอง closedSID5_Exp2 ที่ได้จากการเรียนรู้แบบ closed-loop system identification ที่ใช้ตัวควบคุมแบบ PD จะพบว่าการทดลองการตรวจสอบแบบจำลองจะเห็นว่าผลตอบสนองของแบบจำลองและผลตอบสนองของระบบแขนหุ่นยนต์จะมีความใกล้เคียงกันมาก

ดังนั้นแบบจำลอง ANFIS ที่เราจะใช้เป็นแบบจำลองของระบบแขนหุ่นยนต์ในงานวิทยานิพนธ์นี้ จะใช้เป็นแบบจำลอง closedSID5_Exp2 ซึ่งใช้สัญญาณอินพุตที่จะป้อนให้กับแบบจำลองเป็น $\tau_1(k-1), \tau_1(k), \tau_2(k-1), \tau_2(k), \theta_1(k-1), \theta_1(k), \theta_2(k-1), \theta_2(k)$ โดยใช้ได้ดีภายใต้เงื่อนไขการนำมาเป็นแบบจำลองของระบบแขนหุ่นยนต์ที่ถูกควบคุมแบบวงปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบ PD และใช้สัญญาณอ้างอิงควบคุมเป็นสัญญาณดังภาพที่ 99